

PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA  
METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN  
FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA

Realizado por:

Ing. Maria Victoria Flórez Domínguez  
Ing. Claudia Lucía García Murillo

Trabajo de grado para optar por el título de  
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

Dirigido por:

I.C, Msc PhD Vivian Andrea Ulloa Mayorga  
I.C, Arq, Msc Arq. Natalia Elizabeth Lozano Ramírez

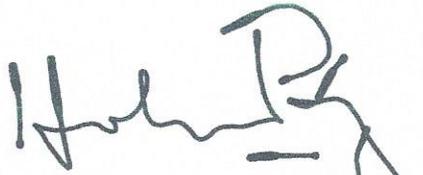


PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Maestría en ingeniería civil  
Énfasis en gestión de proyectos y construcción

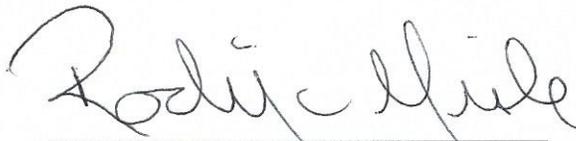
Bogotá D.C.  
29 de junio del 2018

## CARTA DE APROBACIÓN DE EVALUADORES

El proyecto de grado titulado: PROPUESTA DE UN ESTANDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA” presentado por Maria Victoria Flórez y Claudia Lucía García, en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar el título de Magíster en ingeniería civil, fue aprobado el día 29 de junio de 2018 por:



I.C, MSc. PhD. Holmes Julián Páez Martínez  
EVALUADOR No 1  
Profesor de planta Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana



I.C, MSc. Rodrigo Misle Rodríguez  
EVALUADOR No 2  
Profesor de cátedra Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, 29 de junio de 2018

## CARTA DE APROBACIÓN DE DIRECTORAS

El proyecto de grado titulado: PROPUESTA DE UN ESTANDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA” presentado por Maria Victoria Flórez y Claudia Lucía García, en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar el título de Magíster en ingeniería civil, fue aprobado el día 29 de junio de 2018 por:



I.C, MSc. PhD. Vivian Andrea Ulloa Mayorga  
DIRECTORA  
Profesora de Planta Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana



I.C, Arq. MS. Arq. Natalia Elizabeth Lozano Ramirez  
CO-DIRECTORA  
Profesora de cátedra Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, 29 de junio de 2018

**REGLAMENTO DE LA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
JAVERIANA.**

Artículo 23. "La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia".

Resolución No. 13 de Julio de 1946

## PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA

### BIM METHODOLOGY IMPLEMENTATION STANDARD PROPOSAL FOR BUILDING CONSTRUCTION WITH PUBLIC RESOURCES FINANCING IN COLOMBIA

**Resumen:** En Colombia, las construcciones financiadas con recursos públicos son cuestionadas debido a los mayores costos, tiempos y mala calidad del producto generados por la escasa utilización de herramientas avanzadas de gestión y el uso de metodologías tradicionales. En el contexto mundial, la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) de forma regulatoria liderada por entidades del Gobierno, ha demostrado mayor control de las obras públicas, obteniendo ventajas como la identificación temprana de interferencias o ahorro en costos y tiempos de ejecución de la obra. Este estudio pretende generar una propuesta de estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia mediante la identificación de los requerimientos para la implementación de la metodología en la industria de la construcción pública en el ámbito internacional, y del reconocimiento y análisis del contexto nacional realizado a través de revisión bibliográfica y de encuestas dirigidas a profesionales del sector público. Los resultados obtenidos sirvieron como base para generar un estándar aplicable a la construcción de edificaciones públicas en Colombia, y validados por profesionales del sector.

**Abstract:** Projects with public resources financing in Colombia are always expected to have larger costs, longer times of execution and poor quality, all of this as the result of rare use of advanced tools in management and common practices with traditional methodologies. In a worldwide context, the use of Building Information Modeling (BIM) methodology by government agencies has demonstrated better control in public works, allowing early detection of clashes and savings in costs and execution times. This report pretends to generate a first proposal to standardize BIM methodology in projects with public resources financing by identifying worldwide requirements to implement this methodology in the public construction industry and analyzing Colombian aspects through bibliographic search of the national and international context and inquiries to professionals within the public sector. Results of this investigation were used as a basis to generate a standard applicable to the construction of public buildings in Colombia, and validated by professionals of the sector.

**Palabras Claves:** Recursos públicos, Building Information Modeling, contratación pública en Colombia, tecnología en la construcción, gestión de proyectos de construcción.

**Key Words:** Public resources, Building Information Modeling, public procurement in Colombia, technology in construction, construction project management.

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 12 |
| 1.1 Planteamiento del problema .....                               | 13 |
| 1.2 Justificación.....   | 14 |
| 1.3 Objetivos.....   | 17 |
| 2. MARCOS DE REFERENCIA .....                                      | 18 |
| 2.1 Marco de antecedentes .....                                    | 18 |
| 2.2 Marco teórico.....   | 19 |
| 2.2.1 Procesos tradicionales vs procesos colaborativos.....        | 19 |
| 2.3 Marco conceptual .....   | 22 |
| 2.3.1 BIM.....   | 22 |
| 2.3.2 Características de la metodología BIM .....                  | 23 |
| 2.3.3 Ciclo de vida del proyecto .....                             | 24 |
| 2.3.4 Desarrollo de proyectos integrados (IPD) .....               | 25 |
| 2.3.5 Beneficios de implementar BIM.....                           | 26 |
| 2.3.6 Dimensiones de BIM .....                                     | 27 |
| 2.4 Estado del arte .....  | 29 |
| 3. CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PÚBLICAS EN COLOMBIA .....        | 31 |
| 4. MATERIALES Y/O MÉTODOS .....                                    | 33 |
| 4.1 Metodología para el desarrollo de la investigación.....        | 33 |
| 4.2 Metodología para la definición de capítulos del estándar ..... | 36 |
| 4.3 Metodología para la realización de encuestas .....             | 40 |
| 4.4. Metodología para la elaboración del estándar preliminar ..... | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 4.5 Metodología para validación de estándar .....                                   | 43 |
| 4.6 Metodología para revalidación de la propuesta final de estándar.....            | 44 |
| 5. RESULTADOS .....   | 45 |
| 5.1 Resultados investigación de BIM en el contexto mundial .....                    | 45 |
| 5.1.1 Estados Unidos .....  | 46 |
| 5.1.2 Reino Unido .....   | 49 |
| 5.1.3 Finlandia.....  | 50 |
| 5.1.4 Hong Kong.....  | 52 |
| 5.1.5 Chile.....  | 52 |
| 5.1.6 México.....   | 55 |
| 5.2 Resultados investigación sobre seguimiento y control proyectos en Colombia..... | 56 |
| 5.2.1 Regulación Colombiana contratación pública:.....                              | 56 |
| 5.2.2 Papel de curaduría urbana:.....   | 57 |
| 5.2.3 Metodología MGA: .....  | 57 |
| 5.2.4 Guía procesos de contratación de obra pública (G-GPCOP-01): .....             | 58 |
| 5.2.5 Guía supervisores e interventores (G-EFSICE-02):.....                         | 59 |
| 5.2.6 Manuales para la presentación de proyectos:.....                              | 59 |
| 5.3 Resultados encuesta .....   | 61 |
| 5.3.1 Caracterización del encuestado: .....   | 61 |
| 5.3.2 Prácticas y procesos sobre la gestión de proyectos: .....                     | 62 |
| 5.3.3 Software utilizado .....  | 65 |
| 5.3.4 ¿Cuánto sabe de BIM? .....  | 67 |
| 5.3.5 Uso de BIM.....   | 68 |

---

|  |    |
|--|----|
| 5.3.6 Percepción de BIM .....                        | 70 |
| 5.4 Resultados validación del estándar.....          | 72 |
| 5.5 Resultados de la revalidación del estándar ..... | 74 |
| 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....           | 76 |
| 6.1 Discusión resultados de la encuesta .....        | 77 |
| 6.2 Discusión resultados del estándar .....          | 79 |
| 7. CONCLUSIONES .....                                | 82 |
| 8. RECOMENDACIONES .....                             | 84 |
| 9. REFERENCIAS.....                                  | 85 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de esfuerzo/efecto a través del tiempo. Modificada de (Holzer, 2011).....      | 20 |
| Figura 2. Diagrama progreso medido en horas. Modificada de (Holzer, 2011) .....                   | 21 |
| Figura 3.Ciclo de vida de una construcción (DCV Consultores, 2017) .....                          | 25 |
| Figura 4.Dimensiones de BIM (Solano, 2016).....   | 28 |
| Figura 5. Relación entre los objetivos específicos y las fases de desarrollo .....                | 33 |
| Figura 6 Implementación de BIM alrededor del mundo (fuente: propia) .....                         | 47 |
| Figura 7. Ciudad de residencia: Selección .....   | 61 |
| Figura 8. Rango de edad: Selección única.....   | 61 |
| Figura 9. Profesión: Selección única .....  | 62 |
| Figura 10. Experiencia profesional: Selección múltiple .....                                      | 62 |
| Figura 11. Prácticas en presentación de proyectos: Pregunta abierta.....                          | 63 |
| Figura 12. Es suficiente presentar proyectos en planos 2D .....                                   | 63 |
| Figura 13. Formatos en que le exigen presentar los proyectos: Pregunta abierta .....              | 63 |
| Figura 14. Formatos en que maneja para presentar los proyectos: Pregunta abierta .....            | 63 |
| Figura 15. Cómo relaciona su trabajo con otras especialidades: Selección múltiple.....            | 64 |
| Figura 16. En qué porcentaje de proyectos colabora con otras especialidades: Selección única..... | 64 |
| Figura 17. Nivel de estandarización de la empresa: Selección única.....                           | 64 |
| Figura 18. Nivel de compromiso con nuevas tecnologías: Selección única.....                       | 64 |
| Figura 19. Nivel de definición de roles: Selección única.....                                     | 64 |
| Figura 20. Software utilizado en diseño: Pregunta abierta.....                                    | 65 |
| Figura 21. Software utilizado en programación y presupuesto: Pregunta abierta .....               | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 22. Software utilizado en construcción: Pregunta abierta .....                  | 65 |
| Figura 23. Uso de software BIM: Selección múltiple .....                               | 66 |
| Figura 24. Finalidad del software especializado: Pregunta abierta.....                 | 66 |
| Figura 25. Ha oído hablar de BIM: Selección única .....                                | 67 |
| Figura 26. Conocimiento de BIM: Selección única .....                                  | 67 |
| Figura 27. Porqué es usuario de BIM: Selección única.....                              | 67 |
| Figura 28. Especialidades en las que usa BIM: Selección múltiple.....                  | 68 |
| Figura 29. En qué etapas utiliza BIM: Selección múltiple.....                          | 68 |
| Figura 30. Ventajas identificadas de BIM: Selección múltiple.....                      | 69 |
| Figura 31. Barreras identificadas respecto a BIM: Selección múltiple .....             | 69 |
| Figura 32. Ha obtenido beneficios con BIM: Pregunta abierta.....                       | 70 |
| Figura 33. Magnitud de los proyectos en los que ha usado BIM: Selección múltiple ..... | 70 |
| Figura 34. Percepción de BIM: Selección múltiple .....                                 | 71 |
| Figura 35. Costos asociados al cambio de tecnología: Pregunta abierta .....            | 71 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Resumen: entes reguladores y documentos guía (fuente: propia).....   | 38 |
| Tabla 2. Grupos de contenido para la propuesta de estándar (fuente: propia).....  | 39 |
| Tabla 3. Capítulos del estándar en donde fueron incluidas las observaciones de la fase de validación<br>(fuente propia) ..... | 79 |

## LISTA DE ANEXOS

|   |         |
|---|---------|
| Listado de preguntas de encuesta virtual.....   | Anexo 1 |
| Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia..... | Anexo 2 |
| Acta de reunión – Focus Group.....  | Anexo 3 |

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción actualmente, se presentan múltiples inconsistencias relacionadas con la escasa utilización de herramientas avanzadas de gestión, que permitan la coordinación y verificación de la información planteada por las diversas disciplinas involucradas en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos (Perez, 2015). En el caso de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, comúnmente se observa que en la etapa de construcción de un proyecto, se presentan una serie de imprevistos que afectan los procesos constructivos y de mantenimiento de las construcciones; lo anterior, debido a falencias en la calidad de los procesos de coordinación y los métodos utilizados para la planeación de estas infraestructuras (Ruiz, 2017). En consecuencia, los inconvenientes presentados durante el ciclo de vida de los proyectos, repercuten tanto en los tiempos y costos de ejecución de los mismos, como en la calidad del producto entregado.

Como método avanzado de gestión en los proyectos, surge en 1975 el término (Building Information Modeling) BIM. De acuerdo a la asociación Building Smart Spanish Chapter, BIM es definida como “una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos su agentes” (Building Smart Spanish Chapter, 2017).

Teniendo como punto de partida los grandes beneficios que ha generado la implementación de la metodología BIM en otros países al ser adoptada durante el ciclo de vida completo de una obra, y basados en los resultados obtenidos por medio de la encuesta realizada para el desarrollo de la presente investigación, se logró identificar que en el sector de la construcción pública en Colombia, el término BIM es un concepto cada vez más relevante, pero a pesar de los grandes beneficios que genera, es alto el desconocimiento sobre software avanzados de gestión, y es baja la tasa de utilización de los mismos.

En relación con lo anterior, y con base en la urgencia identificada con respecto a la incorporación de nuevas técnicas y metodologías que permitan optimizar los recursos que se encuentran implicados durante el desarrollo de los proyectos financiados con recursos públicos, el objetivo del documento es presentar una propuesta de estándar respecto a la implementación de BIM en el sector público en Colombia, con el fin de determinar los aspectos que debe tener en cuenta el Estado para iniciar el proceso de implementación obligatoria en un futuro.

### 1.1 Planteamiento del problema

Aunque el término Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción se ha vuelto popular, en Colombia, se tiene poca claridad al respecto. Entre los principales factores que inciden notablemente en la toma de decisión frente a la implementación de BIM en el país se encuentran: el tiempo, los niveles de experiencia, el costo, la escasez de personas con competencias BIM y la resistencia al cambio; dado que todavía existe una falta de claridad en la industria, y muchos son escépticos con respecto a las beneficios que presta la implementación de BIM en proyectos de construcción (Ocampo Hurtado, 2015).

Los proyectos de construcción en el medio colombiano comúnmente se encuentran sujetos a múltiples errores, incompatibilidades e incongruencias en las fases de diseño (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012). Los métodos tradicionales de entrega de proyectos en la actualidad están basados en planos 2D, programaciones de obra y presupuestos poco detallados y alejados de la realidad. La baja adopción de métodos avanzados de gestión (tecnologías y metodologías) y las deficiencias en el rol de supervisión (procesos manuales de revisión de proyectos) hacen que sean herramientas poco confiables para la planificación de los proyectos. Por lo anterior, se presentan problemas constructivos, aumento de los costos, retraso en los cronogramas (baja predictibilidad) y mala calidad en la construcción; los problemas del proyecto se detectan sobre la marcha: la baja eficiencia en la fase de operación/mantenimiento, tiempos excesivos para los permisos de construcción y la demanda desagregada de componentes, son factores que conjuntamente generan baja productividad haciendo de la construcción una industria poco competitiva respecto a países más desarrollados en el tema (Soto, Carolina, 2016).

Las empresas del sector de la construcción tienen a cargo un volumen importante de información, el cual puede aumentar conforme al tamaño del proyecto. Por lo tanto, el manejo adecuado de información es significativamente importante porque representa la base para la comunicación. Debido a la necesidad cada vez más creciente de digitalizar el flujo de trabajo en el proceso constructivo, se hace indispensable apoyarse en herramientas tecnológicas que puedan ayudar a procesar toda esa información (Prieto Muriel & Reyez Rodríguez, 2015). Colombia es un país en vía de desarrollo y actualmente avanza hacia la modernización de su infraestructura; la construcción de infraestructura más que un fin, se constituye como un medio a través del cual las demás actividades económicas crecen y se desarrollan. En

Colombia, la infraestructura disponible es inferior, no solo frente a los países en desarrollo del resto del mundo, sino también frente al promedio de otros países de Latinoamérica (Clavijo García, Alzate Ospina, & Mantilla Meza, 2014 -2015). Según cifras del DNP, los recursos proyectados para inversión hasta el año 2020 llegarían a los \$112 billones. Esta cifra estaría dividida en los sectores de vivienda, ciudad y desarrollo territorial (\$16.6 billones, 15% del total), inversión en tecnologías de información y comunicación (TICs, \$9.9 billones, 9%), transporte urbano (\$8.4 billones, 8%), minas y energía (\$13.7 billones, 12%) y transporte (\$63.7 billones, 57%). El sector de vivienda, ciudad y desarrollo territorial incluye recursos para inversión en vivienda por casi \$13.5 billones (0.2% del PIB de 2012-2020) (Clavijo, Vera, & Vera, 2013).

Uno de los factores que afectan directamente la viabilidad de un proyecto de construcción de infraestructura es el recurso financiero disponible. De acuerdo a lo anterior, la búsqueda a tiempo de mejorar la eficiencia en el gasto público podría reducir la incertidumbre en los presupuestos gracias a la gerencia tecnológica informática. Pero ello, se debe realizar inversión en hardware, en software y en preparación del equipo humano para asumir el reto (Ocampo Hurtado, Juan Gabriel, 2014).

Implementar la metodología BIM en Colombia es un reto, con una curva de aprendizaje empinada que implica hacer una transición hacia el uso adecuado de estas tecnologías, lo que obliga a un cambio paulatino en la forma en que se conciben, planean y ejecutan los proyectos de construcción y así ser capaces de aprovechar las ventajas de BIM, dado a que en la actualidad no se tiene claro el camino a seguir.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación pretende dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los aspectos que deberá tener en cuenta el Estado para crear un estándar que sirva como guía para implementar de forma regulatoria BIM en el País?

## 1.2 Justificación

Estimar con cierto nivel de certeza, los costos y tiempos de construcción en el momento de la aprobación de un proyecto, es de gran importancia para justificar un proyecto en el campo económico y así buscar la mejor estrategia de financiación, que a su vez permita considerar los riesgos comerciales y económicos que surgen de la incertidumbre en estas estimaciones (Bacon, J, & Heidarian, 1996). Los costos y cronograma estimados de un proyecto, pueden diferir de los costos y tiempos reales, de ahí la importancia de identificar y tener en cuenta los factores que conducen a variaciones en la orientación de las estimaciones, por lo cual se hace necesario digitalizar el proceso constructivo, mediante herramientas tecnológicas que permitan llevar a cabo el desarrollo virtual completo del proyecto a través de nuevas metodologías de trabajo, esto permite generar documentación interactiva, en la que se puedan consultar aquellos aspectos que es necesario conocer en cada momento, dando así continuidad al flujo de información del proceso (Prieto Muriel & Reyez Rodríguez, 2015).

Una cantidad considerable de países, actualmente se encuentran trabajando en la implementación de metodologías BIM. A continuación se indican las organizaciones estatales y los enfoques que éstas les dieron para la adopción de BIM en sus respectivas industrias de construcción:

- La General Service Administration de Estados Unidos (GSA), implementó políticas BIM en busca de buenas prácticas en el ámbito de la dirección y gestión de proyectos para la planificación de espacio, alcance de proyecto, predicción de costos, ahorro de energía, seguridad de planificación, garantizar calidad mediante cumplimiento, exactitud y eficiencia. La GSA es pionera en la Adopción de BIM para el sector público de proyectos, ha desarrollado un conjunto de directrices BIM para la presentación de los principales proyectos gubernamentales. Para lo cual el uso de BIM se ha requerido de forma obligatoria en la presentación de los principales proyectos de construcción del gobierno desde el año 2006 (Council construction industry, 2014).
- La Oficina de Construcción del gobierno del Reino Unido, adoptó las políticas BIM para implementar estrategias de construcción que apunten a mejorar la eficiencia en la construcción entre 15% - 20%, estimular la innovación y el crecimiento del sector de la construcción y aumentar la capacidad de la construcción. El grupo de trabajo de la industria BIM y la junta de Construcción del gobierno, prepararon un plan de implementación de esta metodología para un plazo de 5 años, Desde el año 2016 el uso de la metodología BIM es obligatorio en el sector público. El Reino Unido ha publicado normas BIM BS1192: 2007, BS ISO (Council construction industry, 2014).
- En enero de 2014, el Parlamento Europeo propuso modernizar las normas de contratación pública, recomendando el uso de instrumentos electrónicos, tales como la modelación de información mediante BIM para los contratos de obras públicas y concursos de diseño (Martin - Dorta, GonzálezdeChaves-Assef, & Roldán-Mendez, 2014). Esta decisión fue apoyada por asociaciones profesionales como The European Construction Technology Platform (ECTP) o la BIM Alliance Sweden.
- El gobierno de Alemania, implementó la metodología BIM con el fin de establecer el uso obligatorio de BIM a partir del año 2017 en los proyectos cuya inversión sea mayor a 100 millones de euros, mejorar la gestión de riesgos, mejorar la comunicación hacia el público y las partes interesadas (Council construction industry, 2014).
- La Statsbygg y la Norwegian Defence Estates Agency de Noruega, han implementado la metodología BIM para mejorar le eficiencia y la calidad de las construcciones en el sector de la construcción privada. El gobierno Noruego a partir del éxito que se obtuvo con la adopción de la metodología en el 2010, actualmente requiere el uso de BIM para la construcción de nuevos edificios (Council construction industry, 2014).
- El Senado de Filandia, requiere el uso de la metodología BIM en los proyectos desde el año 2007 (Council construction industry, 2014).

- La organización gubernamental Rijksgedebouwen-dienst de Holanda, desde el 01 de noviembre de 2001 implementó la metodología BIM mediante la norma RGD BIMNorm, la cual fue actualizada el 01 de junio de 2012 (Council construction industry, 2014).
- La organización gubernamental Building & Construction Authority de Singapur, adoptó la metodología BIM con el objeto de implementar BIM al año 2015 y elevar la productividad en la construcción. Desde el año 2015, BIM se utiliza en proyectos de construcción de manera obligatoria en construcciones mayores a 5000 m<sup>2</sup> (Council construction industry, 2014).
- El gobierno de Korea del Sur mediante el Public Procurement Service, estableció como uso obligatorio de BIM a partir del año 2016 para todos los proyectos cuya inversión sea mayor a los US\$50 millones y para todos los proyectos del sector público (Council construction industry, 2014).
- En Australia las organizaciones gubernamentales como la Comisión Australiana de Productividad, el Foro de la industria de la construcción Australiana (ACIF), el Concejo de compras y construcción Australiana (APCC), y el Consejo de la innovación de la industria de la construcción en medio ambiente (BEICC), apoyaron la implementación de BIM con el fin mejorar la productividad del sector en la construcción en un 20% para el año 2020 (Council construction industry, 2014).
- La organización Gulf Cooperation Council y Tsinghua University del Medio Este, apoyaron la implementación de la metodología BIM para mejorar la eficiencia en toda la industria de la construcción. Para lo cual, se promueve la integración de BIM en la aplicación de tareas específicas en las áreas de ingeniería, arquitectura y el sector de la construcción (Council construction industry, 2014).
- El país de Latinoamérica que actualmente se encuentra más avanzado en la implementación de la metodología BIM es Chile, para lo cual las siguientes organizaciones mediante el acuerdo Plan BIM firmado el 26 de noviembre de 2015 se encuentran respaldando la iniciativa: MOP, MINVU, Ministerio de Economía, Ministerio de Hacienda, Corfo, Cámara de Construcción y el instituto de la construcción. El objeto del acuerdo es desarrollar un proceso colaborativo público-privado para incrementar la productividad y sostenibilidad – social, económica y ambiental – de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones, que promuevan la modernización de ésta. Con esto se busca aumentar la productividad y sostenibilidad en todo el ciclo de vida de las obras, desde su diseño hasta su operación. Se espera que al año 2020 sea una obligación que todos los proyectos públicos incluyan BIM (Soto, Carolina, 2016).

Existen beneficios generados a partir de la implementación de procesos y tecnologías BIM en la planeación, el desarrollo y el mantenimiento de un proyecto, entre los que se incluyen: mejoras en la calidad de la construcción, mejoramiento en la predictibilidad y control de plazos y costos, aumento de la productividad y competitividad de la industria de la construcción, desarrollo de la industria de materiales constructivos, mejora de la calidad de la información sobre el diseño, una menor propensión a órdenes de cambio, mejora de la

interoperabilidad conocida como la integración de las diversas áreas de diseño en la creación de un archivo digital que contenga la información del proyecto, la gestión de activos durante todo el ciclo de vida, entre otras (del Solar Serrano, Andrés Ortega, Vivas Urías, de la Peña González, & Liébana Carrasco, 2016). Acudir a la gerencia tecnológica informática como estrategia para asegurar la calidad en los proyectos de construcción significa estructurar la gestión de la información, lo cual generará ventajas competitivas que demostrarán un ahorro significativo en proyectos de inversión y esto puede evidentemente, llevar a la optimización de los modelos de gestión actuales.

Realizando un enfoque en el panorama de la construcción en Colombia, es importante acogerse a la implementación de una metodología BIM que permita replicar los beneficios recibidos en países como Suecia, Finlandia, Dinamarca, Noruega, Australia, Singapur, entre otros, donde el cumplimiento de la Normativa BIM es obligatoria (Perea Mínguez, 2014). Con la aplicación de una metodología BIM se busca una ventaja decisiva en el camino hacia una gestión eficiente que impulse al País a competir con alta calidad y eficiencia financiera dejando de lado la industria tradicional del sector de la construcción.

### 1.3 Objetivos

El objetivo general es: Generar un primer estándar a través de la identificación de los requerimientos para la implementación de la metodología BIM en la industria de la construcción pública de edificaciones, a partir de las experiencias de aplicación en el ámbito internacional y bajo el contexto nacional.

Dentro de los objetivos específicos se encuentran:

- Analizar el estado actual del proceso de implementación de la metodología BIM en construcción en el ámbito internacional a través de su regulación.
- Identificar la regulación actual respecto al seguimiento y control de proyectos financiados con recursos públicos durante el ciclo de vida de los mismos.
- Determinar a través de encuestas y mediante revisión bibliográfica el grado de implementación de la metodología BIM en empresas del sector de la construcción en Colombia.
- Realizar una propuesta de un primer estándar que permita articular la metodología BIM en la industria de la construcción pública de edificaciones en el país.

# Capítulo 2

## MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1 Marco de antecedentes

La metodología BIM ha sido implementada por diferentes países, donde cada país ha logrado desarrollar sus normas y estándares BIM, a través de organizaciones que contribuyeron con la elaboración y constante actualización de las mismas, para así adaptarlas a las necesidades de cada país (Cárdenas Menéndez, 2016). Teniendo en cuenta que no existe una guía global para la implementación de metodología BIM en el sector público, a parte de las normas establecidas por las entidades gubernamentales en diferentes países, también se han presentado estudios sobre el estado de uso de BIM en diferentes países y su proceso o brechas para poder ser implementado en el mismo.

Se puede ver el caso de Portugal, donde Paulo Santos a través de su tesis titulada “*O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação*”, luego de realizar un análisis del proceso de implementación a nivel mundial de BIM, logra identificar los factores condicionantes para poder implementar el uso de esta metodología en proyectos públicos de Portugal; de igual forma plantea cuáles deberían ser las fases para lograr implementarlo en el país. Su propuesta es validada a través de entrevistas a organizaciones relacionadas con obras públicas (Santos Taborda, 2012).

Malasia es otro país en el cual no se ha logrado implementar de forma eficiente la metodología, por lo cual en un estudio realizado en el 2013 por Zahrizan y otros, se muestra cómo a partir de los casos de implementación a nivel mundial y el estudio de la implementación en su país, lograron determinar que dentro de los factores necesarios para implementar BIM en Malasia se encontraban: 1) el apoyo y el esfuerzo del gobierno, 2) la promoción de programas de capacitación, 3) involucrar a clientes, diseñadores y constructores en el proceso (Zahrizan, Nasly, Ahmad, Marshall-Ponting, & Zuhairi, 2014).

Por otra parte encontramos el caso de un país como Rusia, el cual empezó su implementación en marzo del 2015 para terminar de forma obligatoria en Diciembre del 2017. Como se

evidencia en el estudio realizado por Irina Nechaeva, a través del análisis de 12 casos reales de estudio que han implementado BIM de acuerdo a los estándares nacionales en diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos, se logró obtener: una reducción hasta del 50% en tiempo de ejecución y en el tiempo de corrección de errores, una reducción de hasta 7% en errores presentados, y una reducción hasta el 30% en el presupuesto del proyecto. Cabe recalcar como lo indica el autor, la necesidad de que gobiernos locales se involucren en el proceso para que las normas o estándares coincidan con la implementación de BIM, al igual que la necesidad de capacitar al personal involucrado en la industria para el uso del programa (Nechaeva, 2016).

Por último teniendo en cuenta que el país de estudio de esta investigación es Colombia, es importante resaltar el caso de un país latinoamericano como lo es Chile. Carolina Soto en su presentación de implementación de BIM en Chile, realiza un análisis del contexto de la construcción en Chile, e indica las acciones realizadas y por realizar del proceso de implementación de BIM en este país, el cual se basa en la experiencia del Reino Unido. La decisión de empezar su implementación se debió a los resultados obtenidos en el Reino Unido, indicando que con la implementación de BIM en contratación pública, se logró obtener en los proyectos británicos una reducción del 33% en el costo del proyecto, reducción del 50% en el tiempo de entrega, 50% menos en emisiones de CO<sub>2</sub> y 50% de reducción en el tiempo de importación de insumos para la construcción (Soto, Carolina, 2016).

Es importante mencionar que los diferentes estudios respecto a cómo debería ser implementado BIM en diferentes países, señalan la participación de las entidades gubernamentales como necesaria para este fin, ya que empezando con la implementación obligatoria para proyectos con recursos públicos y obteniendo los beneficios esperados, la empresa privada tomaría el mismo camino.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Procesos tradicionales vs procesos colaborativos

Los problemas que se presentan al momento de ejecutar los proyectos se deben a una falta de coordinación entre las partes involucradas en el proyecto, lo cual es una de las grandes diferencias entre los procesos colaborativos y los tradicionales, esto se traduce en incoherencias en los documentos y errores de conexión entre representaciones ya que los archivos no se encuentran vinculados y los cambios que se producen en el proyecto no se sincronizan, como ocurre con los proyectos BIM (Cárdenas Menéndez, 2016).

Los métodos clásicos de diseño han sido desarrollados durante siglos y se mantuvieron similares con el paso del tiempo. En la segunda mitad del siglo pasado, los arquitectos y los

ingenieros cambiaron el dibujo tradicional y herramientas de cálculo por herramientas más precisas, rápidas, certeras, avanzadas y eficaces.

BIM es una nueva metodología de trabajo colaborativo que supone una auténtica revolución para el sector de la construcción y que en muy poco tiempo está cambiando los métodos de trabajo que se vienen utilizando tradicionalmente.

Desde las fases iniciales hasta la finalización de la obra, los procesos y la metodología de trabajo propia de BIM, ayuda al Project Manager a ejercer de modo más eficaz una labor de coordinación y control sobre cada uno de los agentes implicados, orientándoles hacia un desarrollo de sus funciones de forma más interdependiente. BIM permite al Project Manager aportar valor al cliente e incrementar la eficiencia operacional interna (Cárdenas Menéndez, 2016).

Los beneficios de BIM han sido propagados a través del análisis realizado por Patrick MacLeamy quien genera una gráfica comparando metodología BIM vs Procesos tradicionales, y el esfuerzo/efecto que ambos procesos tienen a través del tiempo durante las diferentes etapas del proyecto. En la Figura 1 se representa este análisis, en la cual se indica que mediante BIM el esfuerzo está enfocado en las etapas de diseño, donde los cambios generan un impacto económico menor. Sin embargo la cantidad de esfuerzo respecto a métodos tradicionales es el mismo, solo que se aplica en las primeras fases del ciclo de vida del proyecto para generar un menor impacto económico. Esta gráfica publicada en el año 2005, no había sido actualizada pese al gran avance que ha tenido la metodología BIM en la última década (Holzer, 2011).

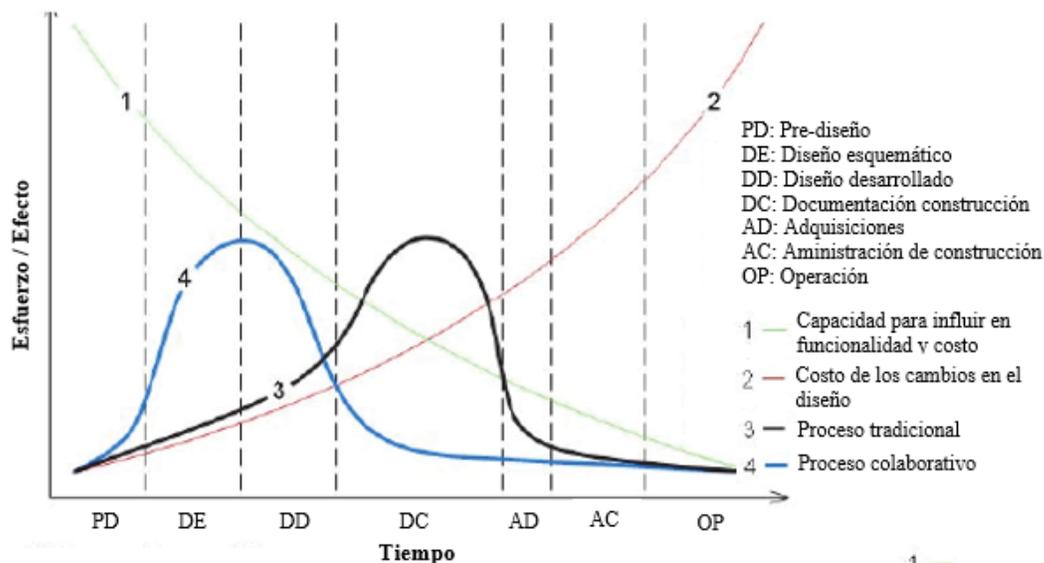


Figura 1. Diagrama de esfuerzo/efecto a través del tiempo. Modificada de (Holzer, 2011)

Posteriormente, basado en la experiencia de obtenida de la firma de arquitectura Rice Daubney, Darren Tims genera una actualización de esta gráfica, en la que el esfuerzo en BIM se traslada hacia la parte de factibilidad del diseño, en la cual también se evidencia una adopción mayor de riegos previo al diseño conceptual o esquemático.

En la Figura 2 se observa el esfuerzo que se debe realizar (medido en horas) durante las diferentes etapas del proyecto para generar la documentación relativa al proyecto, planteada por Tims. Se observa los beneficios de BIM al implementar mayor cantidad de horas en la elaboración de la documentación en etapas tempranas, lo que genera que durante la construcción el contratista pueda contar con un mejor conjunto de documentos integrados, con el cual se logra la identificación y solución de interferencias previo a la construcción. Sin embargo se diferencia de la gráfica inicial de MacLeamy quien indica poco esfuerzo a partir del diseño detallado y no tiene en cuenta la fase de mantenimiento (Holzer, 2011).

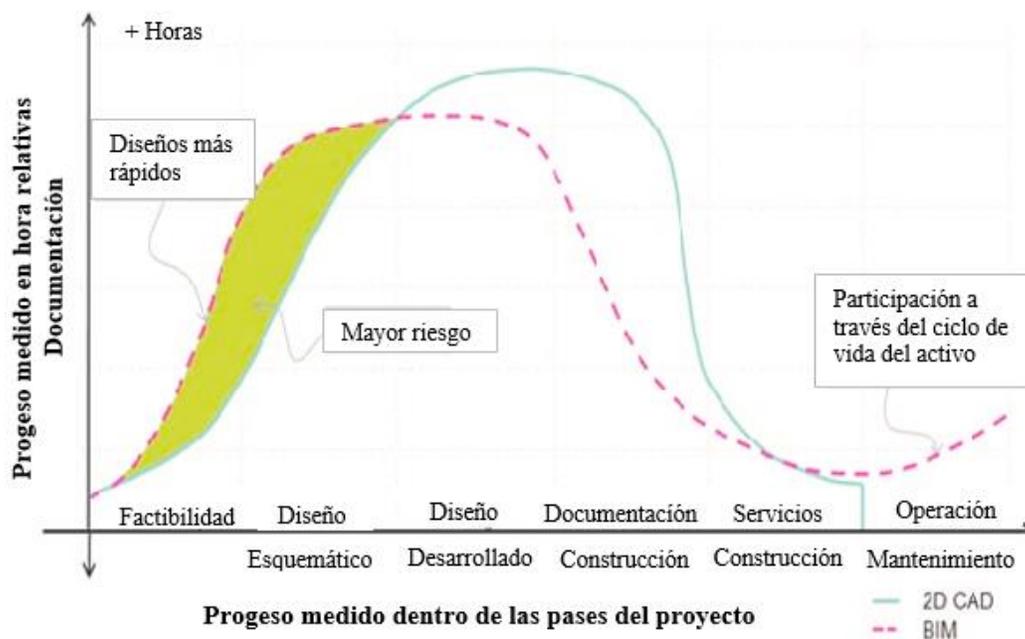


Figura 2. Diagrama progreso medido en horas. Modificada de (Holzer, 2011)

En general, esta imagen es una contribución positiva que incentiva la difusión y aplicación de la metodología BIM en la industria; ya que esta informa los beneficios que se pueden lograr a través de la implementación de BIM, comparado con el uso de métodos tradicionales de trabajo. Lo anterior se basa en que el uso de procesos colaborativos (metodología BIM) implica que el esfuerzo o inversión se realice de manera temprana, lo cual se traduce en beneficios adicionales durante la construcción ya que el contratista de obra podrá confiar en que la información y la documentación presentada por el diseñador ha resuelto las posibles interferencias dentro del modelo.

Conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a término por parte de múltiples usuarios, aunque se ocupen de disciplinas diferentes. En conclusión el uso de BIM hará que la toma de decisiones se adelante en el tiempo, lo cual al prever las posibles dificultades se minimizará el riesgo de inversión por lo cual el costo final del proyecto no se verá afectado.

## 2.3 Marco conceptual

### 2.3.1 BIM

El término BIM es el acrónimo de Building Information Modelling. No existe una definición universal del término, esta puede variar dependiendo del punto de vista del usuario, del tipo de organización al igual que del trabajo que se desarrolle. (Abbasnejad & Izadi Moud, 2013).

El concepto referente a BIM fue mencionado inicialmente por el Profesor del Instituto Tecnológico de Georgia, Chuck Eastman, en 1975 a través del concepto “Building Description System”. Más adelante, el término BIM fue usado por el arquitecto Phil Bernstein, y popularizado a través de Jerry Laiserin analista industrial, que lo usaba para referirse a la representación en formato digital de los procesos de construcción (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).

En la literatura especializada sobre el tema se pueden encontrar diferentes definiciones al respecto:

- El profesor Eastman en su guía de BIM del 2011 para constructores, diseñadores, dueños y contratistas la describe como “una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones”. Estos modelos representan digitalmente los objetos, los cuales contienen datos y permiten ser manipulados de una manera inteligente. Se logra con eso que los cambios de los datos se vean representados en todas las vistas del componente obteniendo un modelo coordinado (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).
- En la tesis de Oya 2015 se define BIM como “...un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, ingeniería y la construcción. Con BIM arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad” (Oya Sala, 2015).
- Los estándares nacionales de BIM de Estados Unidos, la definen como “una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una

instalación, formando una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio” (Sciences, 2015).

- De acuerdo a la asociación Building Smart Spanish Chapter, BIM es definida como “una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos su agentes” (Building Smart Spanish Chapter, 2017).
- Ghaffarianhoseinia indica que BIM se podría describir generalmente como una variedad de actividades en el Diseño Asistido por Ordenador (CAD por sus siglas en inglés), con el que se logran representar los elementos de la construcción en términos de sus atributos geométricos y funcionales y sus relaciones. Lo define como un conjunto de tecnologías y soluciones con el objetivo de mejorar la colaboración entre organizaciones en la industria de la construcción, que mejorará la productividad al tiempo que mejorará las prácticas de diseño, construcción y mantenimiento (Ghaffarianhoseinia, y otros, 2017).

### 2.3.2 Características de la metodología BIM

Dentro de las características más representativas de BIM se encuentra:

Contenedor Único: La información del modelo 3D deberá ser almacenada en un contenedor único. Cada vez que se agrega información nueva, se realiza a través de tecnología informática las validaciones de las relaciones ya establecidas previamente (Cerdán Castillo, 2016). Con el modelo 3D almacenado en una sola base de datos, se logra la bidireccionalidad de la información, donde es posible extraerla, gestionarla y devolverla al modelo (Oya Sala, 2015).

Modelo paramétrico: El modelo paramétrico es una representación digital de los objetos que mediante la parametrización determinan la geometría y las propiedades de los mismos. Estos parámetros y reglas adjudicados al objeto, permite que se actualicen automáticamente de acuerdo con los cambios y el control del usuario (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008). De acuerdo a Eastman, los modelos para ser paramétricos deber cumplir con ciertas características como ser digitales, desarrollarse en 3D, deben tener componentes fácilmente identificables y asociados a reglas paramétricas, deben incluir cierta información sobre el comportamiento de los componentes (propiedades) al igual que la relación entre los elementos. De igual forma, deben permitir realizar análisis posteriores como lo son estructurales, energéticos, de iluminación, extracción de cantidades de obra, presupuesto del proyecto, entre otros. Se deben poder actualizar automáticamente en todas las vistas del modelo para ser consistentes y no redundantes cuando se hace una modificación a algún elemento. Los modelos deben seguir procesos ordenados, se deben poder desempeñar como una herramienta para la construcción y deben ser manejables y accesibles para los involucrados del proyecto. El modelo debe poder ser usado en todas las fases de un proyecto, desde la concepción hasta la operación (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012).

Interoperabilidad: Desde el punto de vista de la tecnología de la información, se podría definir como la capacidad de dos sistemas informáticos heterogéneos para trabajar entre sí, facilitando el intercambio de datos entre ambos de forma recíproca. (Santos Taborda, 2012).

De acuerdo a Eastman, la interoperabilidad se refiere a la posibilidad de compartir información entre los involucrados, proceso que se da a través de la compatibilidad entre las herramientas; lo anterior indica que un modelo desarrollado en un software específico puede ser transferido a otra plataforma siempre y cuando exista esa compatibilidad de las herramientas (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012).

Para lograr esta interoperabilidad debe existir una capacidad de comunicación entre las diferentes herramientas para lograr intercambiar la información sin que se obtengan pérdidas de la información en el proceso. El formato IFC (Industry Foundation Classes) desarrollado por la AIA (Alianza internacional de la Interoperabilidad), predecesora del actual BuildingSmart, es un formato universal creado para la comunicación de las diferentes plataformas y herramientas; logrando así la creación, lectura e intercambio de información entre diferentes software, permitiendo ahorrar tiempo y mejorando el proceso de modelación ya que los datos relativos al modelo constructivo son creados una vez por cada agente y compartido con el resto de involucrados (Oya Sala, 2015).

### 2.3.3 Ciclo de vida del proyecto

De acuerdo al PMBOK, el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales, acotadas en el tiempo y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación (Romero Fernandez, 2016).

Con BIM se logra generar un modelo virtual que contiene la información relacionada con la edificación durante todo su ciclo de vida, desde la concepción inicial hasta la demolición. Con lo anterior se logra ejercer control en los diferentes subprocesos que ocurren en cada una de las etapas del ciclo de vida.

El ciclo de vida de una edificación inicia con el diseño conceptual, continúa con el diseño detallado, el análisis, la documentación, la fabricación de elementos, el control (costos, tiempo), la logística de obra, operación y mantenimiento, y finalmente con la demolición de la edificación (Santos Taborda, 2012) (Figura 3). Al permitir trabajar en el proyecto desde las etapas más tempranas, se genera un menor impacto de cualquier cambio que se requiera realizar, ya que entre más avanzado se encuentre el proyecto, el impacto económico por los cambios realizados será mayor.

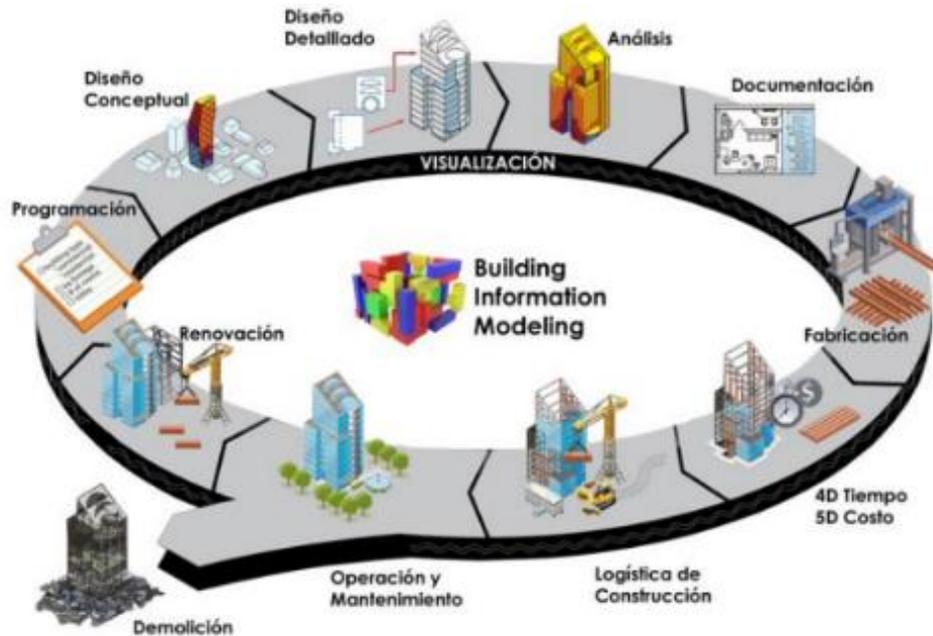


Figura 3. Ciclo de vida de una construcción (DCV Consultores, 2017)

La necesidad de controlar la fase operativa de la edificación reside en que los mayores costos se presentan justamente en esta etapa, durante el ciclo de vida de un edificio los costos de construcción y diseño representan aproximadamente entre el 5% y el 10% de los costos totales, el resto son costos de operación y mantenimiento (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012).

### 2.3.4 Desarrollo de proyectos integrados (IPD)

IPD denominado en inglés “Integrated Project Delivery” (IPD) es un enfoque de la gestión de proyectos que integra a las personas, sistemas, estructuras y prácticas de negocio en un proceso que aprovecha de forma colaborativa los talentos, el potencial y las ideas de todos los participantes con el fin de optimizar los resultados. Aumenta el valor del proyecto para el trabajo del propietario, disminuye los residuos y maximiza la eficiencia, durante todo el ciclo de vida del mismo (Santos Taborda, 2012). De acuerdo a lo anterior, uno de los pilares fundamentales de BIM es la posibilidad de tener profesionales de diversas especialidades trabajando en un único archivo digital que constituye el diseño final del proyecto, se trata de una metodología que logra integrar las diversas áreas involucradas en el proyecto de construcción. Mediante herramientas BIM cada uno de los profesionales que diseñan pueden trabajar sobre un mismo modelo que se actualiza periódicamente en lapsos breves (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012). El proceso BIM involucra de forma colaborativa a los diversos interesados dentro del proyecto durante el ciclo de vida del mismo, como los son los diseñadores, contratistas, fabricantes y dueños.

El desarrollo de proyectos integrados incluye desde etapas tempranas del proyecto más agentes a parte de los indispensables, como lo son el cliente o propietario del proyecto, el diseñador y el constructor. Con el IPD se aprovechan colaborativamente los talentos de todos los participantes, incrementando el valor del proyecto, reduciendo el desperdicio y maximizando la eficiencia en las fases de diseño, fabricación y construcción del proyecto. Por lo anterior, el IPD se podría representar como una visión a largo plazo a la que debe apuntar la metodología BIM mediante la agrupación de tecnologías, procesos, políticas y procesos contractuales (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).

### 2.3.5 Beneficios de implementar BIM

El beneficio clave de usar BIM es lograr la representación y análisis de un proyecto a través de la modelación de los diferentes sistemas que lo componen, integrados en una sola base de datos. Dentro de otros beneficios principales obtenidos indicados por Azhar (2011) y por Ulloa & Salinas (2013) se pueden destacar:

- Procesos más rápidos y eficaces: la información es más fácil de compartir.
- Rápida generación de múltiples alternativas de diseño: los diseñadores pueden manipular eficientemente la geometría manteniendo la coherencia del diseño. Las simulaciones pueden realizarse rápidamente, comparando los resultados obtenidos permitiendo soluciones mejoradas e innovadoras.
- Costos de vida útil y datos ambientales controlados: el desempeño ambiental es más predecible, y los costes del ciclo de vida del proyecto tienen mayor precisión.
- Uso de los datos del modelo para el análisis predictivo del desempeño de la edificación: algunos software BIM tienen herramientas de análisis de ingeniería (elementos finitos y análisis de energía), estimación de costos de construcción, etc.
- Mantenimiento de la información y la integridad del diseño del modelo: las herramientas BIM almacenan cada pieza de información una vez, sin tener que almacenar la información en múltiples dibujos o vistas.
- Generación automática de dibujos y documentos: con sólo algunos datos de entrada se pueden tener dibujos y documentos de manera automática. Al realizar cambios en el modelo serán actualizados en dibujos y documentos.
- Colaboración en el diseño y la construcción: Se puede dar de manera interna donde múltiples usuarios dentro de una organización editan el mismo modelo de manera simultánea; o de manera externa donde se comparten vistas del modelo no editable con los interesados.
- Rápida generación y evaluación de alternativas de planes de construcción: se tienen numerosos paquetes para la visualización 4D de las programaciones.
- Comunicación basada en objetos en línea /electrónicos: se permite la visualización de los procesos y productos usando gráficos para dar la información a los trabajadores en las obras.

- Estimaciones: el software contiene información para generar cantidades de materiales, estimaciones de tamaños y áreas, productividad; costos de materiales. Esto evita que se procesen manualmente las cantidades y asimismo, las informaciones de costos acompañan los cambios en los diseños.
- Dibujos para compras y fabricación: los modelos pueden ofrecer detalles constructivos e información para fabricación. Esto reduce costo puesto que la fabricación puede hacerse de manera más precisa.
- Detección de conflictos, interferencias y soluciones: los modelos son creados en escala en 3D, por lo cual se puede realizar una verificación visual de los diferentes sistemas para identificar posibles interferencias. La solución puede ser probada para ver si se resuelve el problema y determinar si se crea otra.

De acuerdo al estudio realizado por el Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE) de la Universidad de Stanford, basado en el análisis de 32 proyectos que utilizan BIM, se indican beneficios tales como (Azhar, 2011):

- Eliminación de hasta 40% de cambios no presupuestados.
- Precisión de la estimación de costes dentro del 3%.
- Reducción de hasta un 80% en el tiempo empleado para generar una estimación de costos.
- Un ahorro de hasta el 10% del valor del contrato a través de detecciones de interferencias.
- Reducción de hasta 7% en tiempo de proyecto.

### 2.3.6 Dimensiones de BIM

Se debe aclarar que de acuerdo a las definiciones previamente descritas, BIM no comprende únicamente la elaboración de un modelo 3D. Presenta dimensiones que se pueden adicionar dependiendo de la necesidad y el objetivo de su implementación.

Se logra la evolución del modelo tradicional basado en planos 2D, incorporando la información geométrica detallada y parametrización de cada uno de los elementos (3D), información de tiempos (4D), información de costos (5D), información ambiental (6D) y de mantenimiento (7D) (Building Smart Spanish Chapter, 2017). El uso de todas esas nuevas dimensiones son la esencia de *BIM*.

A continuación se describen las diferentes dimensiones (Monfort Pitarch & Vidal, 2015) (Figura 4):

**3D:** modelo orientado a objetos, donde los objetos son entendidos como entidades definidas según sus características. De acuerdo al nivel de detalle requerido, la información incluida en este modelo no solamente serán las características geométricas de los elementos si no también información no geométrica como lo es el material, fabricante, características

específicas, de tal forma que se pueda garantizar la adecuada parametrización de los elementos que se quieren controlar posteriormente.

**4D:** al modelo se le agrega la dimensión del tiempo. Asignando a cada elemento una secuencia de construcción se puede controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución y anticiparse ante posibles dificultades.

**5D:** control de costos y estimación de gastos de un proyecto. Se definen cantidad de materiales y costos, organización de gastos y estimación de costos operativos para la fase de uso y mantenimiento. Se logra un mayor control contable y financiero facilitando el cumplimiento del presupuesto previsto.

**6D:** la sexta dimensión de *BIM* (en ocasiones llamada *Green BIM* o *BIM verde*), está relacionada con la sostenibilidad del edificio, y permite conocer el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción. Permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar el proyecto, teniendo en cuenta, su posición, su orientación, materiales y muchos aspectos más. Se puede lograr reducir significativamente el consumo de energía.

**7D:** es la dimensión empleada para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil de la edificación. Consiste en un modelo as-built, y permite conocer el estado de las instalaciones, especificaciones sobre su mantenimiento, manuales de uso, fechas de garantía, etc. Con esto se optimizaría la gestión del edificio hasta su demolición.



Figura 4. Dimensiones de BIM (Solano, 2016)

## 2.4 Estado del arte

Aunque BIM es una metodología que mundialmente presenta gran avance respecto a su implementación, esto principalmente en países desarrollados, específicamente en Colombia la metodología BIM hasta ahora se está abriendo paso en el sector de arquitectura ingeniería y construcción.

En Colombia el uso de la metodología BIM es modesta si se compara con otros países. Un estudio bibliométrico indica que a nivel mundial Estados Unidos genera el 30% de la literatura sobre BIM, seguido de Brasil y Suecia con el 7%, Australia con el 6%, Países Bajos y Finlandia con el 5% e Inglaterra el 4%. Colombia se encuentra fuera de los primeros 30 países en generar literatura BIM. (Botero, Isaza, & Vásquez, 2015).

Respecto a la implementación de BIM en Colombia, en el año 2015, la Universidad EAFIT de un estudio titulado *Estado de la práctica del BIM – Colombia 2015*, donde publicó los resultados obtenidos de una encuesta virtual realizada a profesionales que participaban en proyectos de AEC/FM, con el fin de indagar sobre el uso y conocimiento de la metodología. En esta encuesta se evidenció que solo el 18% de los encuestados usan frecuentemente BIM, sin embargo un gran porcentaje de profesionales, por temor, precaución, desconocimiento o por los costos asociados al cambio de tecnología desaprovechan las ventajas de BIM. De igual forma, se presenta desconocimiento sobre las características completas de BIM, ya que los encuestados indican no conocer sobre las dimensiones 4D, 5D, 6D y 7D. (Botero, Isaza, & Vásquez, 2015).

Por otra parte, en el año 2016, la Universidad de los Andes realizó un estudio titulado *The status of BIM adoption and implementation experiences of construction companies in Colombia*, con el fin de determinar éxitos, errores y desafíos involucrados en la implementación de BIM en Colombia. Para lo anterior realizaron encuestas vitruales y entrevistas a profundidad sobre el tema. La realización de esta encuesta a profesionales y estudiantes relacionados con el sector de ingeniería y construcción, determina que aun cuando la implementación y el uso de BIM en el país es muy bajo, el 100% está de acuerdo en que en los próximos 10 años lo usarán continuamente y los que no lo usan indican que es por falta de solicitud de los clientes. Se identifica además que los mayores beneficios se obtienen en términos de calidad, integración y estimaciones, y que las barreras están ligadas a los altos costos de la implementación, falta de personal capacitado, y resistencia al cambio. De acuerdo a esta investigación, para lograr el uso de BIM en el país es necesario que el gobierno promueva los estándares de implementación, y así mismo que dé incentivos al respecto. Por otra parte, se requiere la modificación de los programas de pregrado y posgrado donde se incluya la metodología BIM y sus herramientas. (Gomez Sanchez, Rojas Quintero, & Aibinu, 2016).

Los estudios previamente mencionados se enfocaron en empresas, estudiantes y/o trabajadores del sector privado, sector que lleva la delantera en el país respecto a la implementación de BIM y que está siendo impulsado por las grandes constructoras del país como lo son Amarillo, Colpatría y Construcciones Planificadas entre otras, al igual que por la creación de empresas consultoras especializadas. No se cuenta con registro de estudio sobre implementación de BIM en el sector público o en obras financiadas con recursos públicos.

Por otra parte dentro del uso de BIM en Colombia, se destaca el trabajo que está realizando la Cámara Colombiana de la construcción – CAMACOL mediante la Estrategia para el fomento y madurez del uso BIM en Colombia. Dentro del programa Innova 2020 de CAMACOL, se busca generar cultura de innovación en el sector de la construcción para lograr mejorar la productividad en el sector, el cual contiene dentro de sus objetivos la promoción y masificación del buen uso de BIM como una de las estrategias principales (CPNAA, 2017).

Por lo anterior, CAMACOL en convenios con diversas entidades e instituciones de educación superior está desarrollando las siguientes misiones (CPNAA, 2017), con el fin de poder articular a todos los actores del sector:

- Misión para el fomento de uso y articulación de actores de la cadena de valor de la construcción en torno a BIM.
- Misión para el fortalecimiento de la relación entre BIM y proveedores de insumos para la construcción.
- Misión para el buen uso de BIM en proyectos de construcción.
- Misión para el fomento de la madurez de BIM en las organizaciones.
- Misión para el fortalecimiento de la gestión de información a través de BIM.
- Misión para la gestión del conocimiento y lecciones aprendidas de la metodología BIM.
- Misión para el fortalecimiento de las capacidades técnicas profesionales y la formalización de la educación en torno a BIM.
- Misión en BIM en asuntos gubernamentales.

Respecto al uso de BIM para asuntos gubernamentales, se pretende usar la metodología como una oportunidad de aumentar la transparencia y trazabilidad del uso de recursos públicos. A través de CAMACOL se ha realizado acercamiento con promotores de BIM en Estados Unidos y el Reino Unido para aprender de la implementación de BIM en sus países.

A través de la Estrategia para el fomento y madurez del uso BIM en Colombia se están realizando 14 documentos iniciales de protocolos y estandarizaciones BIM, los cuales serán distribuidos por web y físicamente para guía de las empresas del sector.

## Capítulo 3

### CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PÚBLICAS EN COLOMBIA

En la industria de la construcción pública en Colombia, comúnmente se presentan inconsistencias relacionadas con la interferencias e incompatibilidades existentes entre las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo de todo el ciclo de vida de un proyecto (López Ruíz, 2017). Esta problemática hace necesario que en el sector de la construcción pública en Colombia, se considere conveniente realizar un cambio a favor del sector, que permita evolucionar la forma tradicional en la que en la actualidad se está realizando el seguimiento y el control de los proyectos, lo que permitiría a futuro obtener beneficios en los procesos de concepción, planificación, ejecución, construcción y mantenimiento de una edificación.

La Cámara Colombiana de la Infraestructura en el año 2010, logró identificar y analizar los factores que afectan la ejecución de las obras públicas en Colombia, entre los cuales, se destacan los siguientes:

1. Estudios y diseños deficientes e incompletos: ocasiona incumplimiento del cronograma y el presupuesto planeado.
2. Planeación insuficiente e inadecuada: el punto de partida para llevar a cabo la construcción de un proyecto, son los estudios y diseños, los cuales sin el nivel de detalle requerido ocasionan retrasos en su ejecución (obras paralizadas, obras inconclusas, mayores tiempos de ejecución) y sobrecostos en el mismo.
3. Presupuestos incompletos y desfasados de la realidad basados en estudios y diseños descoordinados y con bajo nivel de detalle: ocasionando durante la ejecución de los proyectos mayor cantidad de imprevistos, que impactan directamente el presupuesto inicial.
4. Demoras en obtención de permisos y licencias: que en muchas oportunidades, excede la capacidad de gestión que realiza el contratista, teniendo en cuenta que estas son

otorgadas por entidades públicas a través de trámites administrativos que en diversas oportunidades son llevados a cabo de forma tardía.

5. Demoras en compra de predios: llegar acuerdos para la gestión y compra de predios impacta el cronograma de ejecución de los proyectos.
6. Coordinación interinstitucional inadecuada: impacta sobre el cronograma de ejecución.
7. Gestión social con la comunidad previo al inicio del proyecto: existen proyectos en donde no se realizan acercamientos con las comunidades del lugar, lo anterior puede generar retrasos en la ejecución de los proyectos en razón del inconformismo que pueda manifestar la población.

Estos sucesos cuestionan la calidad de las metodologías utilizadas en la planificación de los proyectos durante todo el ciclo de vida de los mismos, asimismo, proponen un espacio para analizar y buscar alternativas que permitan validar y coordinar la información que se genere entre las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto, previo a su construcción. Con base en lo anterior, se considera importante tener en cuenta los documentos e investigaciones desarrolladas internacionalmente, las cuales están encaminados a la generación de procesos eficientes que generen beneficios al proyecto durante todo su ciclo de vida (Porras Moya & Diaz, 2015).

# Capítulo 4

## MATERIALES Y/O MÉTODOS

Para conocer el grado de implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, se planteó desarrollar esta investigación en 5 fases. Cada una de estas fases se encuentra directamente relacionada con el cumplimiento de los objetivos trazados dentro de esta investigación; de esta manera se logró establecer una ruta de trabajo clara que permitiera concluir sobre la propuesta desarrollada. Con base en lo anterior, a continuación, en la Figura 5 se presenta de manera general la metodología utilizada para el desarrollo del objetivo de la presente propuesta de investigación:

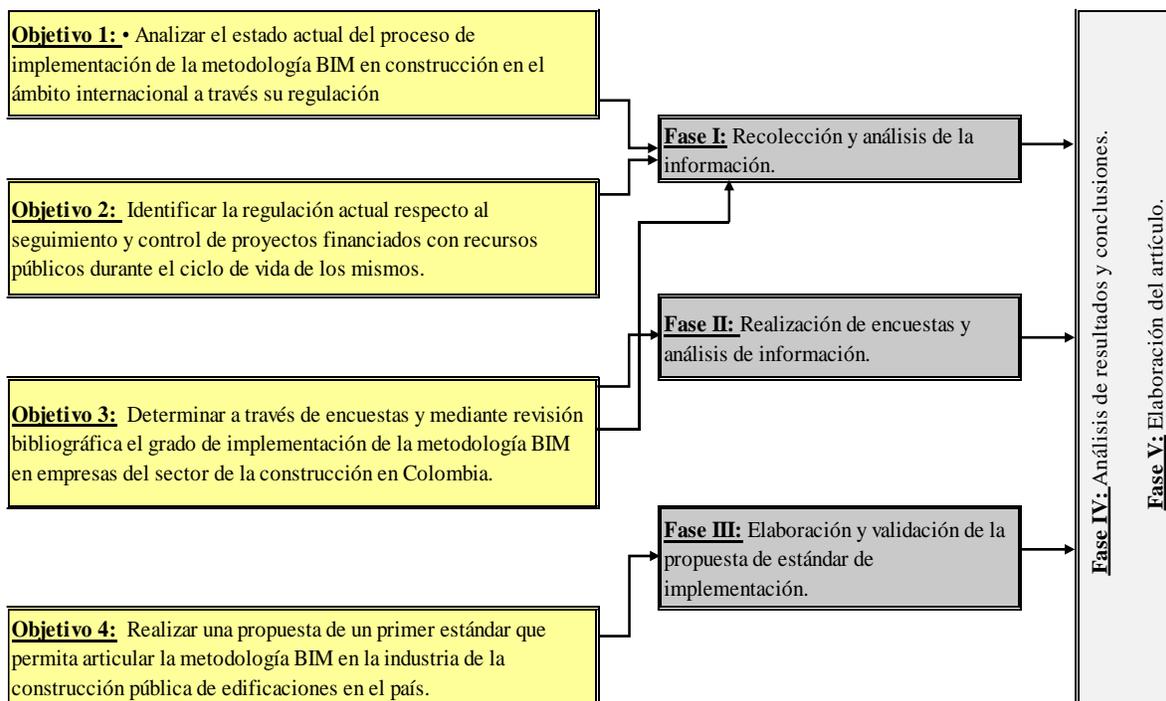


Figura 5. Relación entre los objetivos específicos y las fases de desarrollo

### 4.1 Metodología para el desarrollo de la investigación

- **Fase I:** Recolección y análisis de la información:

Para el desarrollo de la primera fase de investigación, se recopiló la información referente a documentos relacionados con la implementación de la metodología BIM que vienen siendo aplicadas de forma exitosa en diferentes países. Asimismo, se realizó la búsqueda y análisis de las guías expedidas principalmente por entidades gubernamentales en diferentes países para la regulación de uso de BIM en la construcción. Finalmente, la revisión bibliográfica permitió identificar la regulación actual con respecto a cómo se está realizando en la actualidad el seguimiento y control de los proyectos que involucran el uso de recursos públicos en proyectos de infraestructura en Colombia.

Una vez analizada la información recopilada, se lograron identificar las falencias que se presentan actualmente en la ejecución de las diferentes fases del ciclo de vida de los proyectos; lo anterior, fue utilizado como base para la generación de la propuesta de un estándar que permita la implementación de esta metodología en el país.

- **Fase II:** Realización de encuestas y análisis de información

Con base a lo anterior, se diseñó una encuesta en donde las preguntas fueron seleccionadas teniendo en cuenta los tipos de preguntas realizadas en estudios de enfoque similar identificados en la Fase I “Recolección y análisis de la información” y a través de la ejecución de mesas de trabajo realizadas entre los miembros del grupo de elaboración de la presente propuesta de investigación.

Las preguntas que conforman la encuesta (anexo 1) estuvieron dirigidas a profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, y pudo ser respondida virtualmente a través del formulario gratuito Google Forms.

La encuesta fue difundida a través de:

1. Base de datos de contratistas que trabajan o han trabajado con entidades públicas en la ejecución de proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos, por medio del correo electrónico
2. Grupos de Facebook relacionados con ingeniería y arquitectura.
3. A través de terceros, con el objeto de que estos a su vez reenviaran la encuesta a sus profesionales conocidos que pudieran aportar a la investigación.

Una vez reunidos los contactos identificados a través de los canales de difusión anteriormente mencionados, la encuesta fue remitida de manera virtual a 450 profesionales. Una vez culminado el tiempo de contestación, se recibieron 276 respuestas.

Los resultados obtenidos en la encuesta permitieron caracterizar la población encuestada, establecer la metodología de gestión de proyectos que se está utilizando en la actualidad y definir el grado de implementación actual de la metodología BIM durante el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos en Colombia.

- **Fase III:** Elaboración y validación de la propuesta de estándar de implementación

A través de la información recopilada del escenario internacional, y del estado actual de implementación de la metodología BIM en infraestructura financiada con recursos públicos en Colombia (Fase I + Fase II); se lograron definir los siguientes aspectos:

- Identificación del nivel al que debería estar implementada la metodología BIM en los proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos.
- Determinación de los factores cognitivos y de tecnología necesarios a desarrollar para poder implementar la metodología BIM.
- Elaboración de la propuesta de un estándar de cómo debe ser implementada la metodología en el país, teniendo en cuenta el estado actual y las experiencias de aplicación en otros países.

Finalizada la etapa de elaboración de la propuesta del estándar, se remitió vía correo electrónico el documento final a siete (7) profesionales del sector, que manifestaron interés en participar en la fase de validación de la propuesta. Los profesionales interesados, con base en su experiencia profesional y conocimiento de la metodología BIM, remitieron sus comentarios, que sirvieron como aporte para identificar la validez de la propuesta.

- **Fase IV:** Análisis de resultados y conclusiones.

A partir de la elaboración de la propuesta del estándar para la implementación de la metodología BIM en el país para proyectos del sector público y luego de realizar la fase de validación, se procedió a realizar el análisis de los resultados. Con base en lo anterior, se ajustó el documento y finalmente se concluyó sobre la propuesta de estándar resultado de la investigación.

- **Fase V:** Elaboración del artículo.

Con base en la importancia que existe en la actualidad con respecto a la implementación de metodologías avanzadas de gestión en proyectos de construcción; se eligió como estrategia de comunicación y difusión del presente trabajo de grado la escritura de un artículo, lo anterior con el objetivo de que los resultados obtenidos durante el desarrollo de la misma, sean accesibles al público interesado. Asimismo, se espera que los resultados y recomendaciones derivadas de esta investigación, sean acogidos y a su vez sirvan de aporte para incentivar el uso de la metodología BIM en proyectos del sector público en el país. La publicación del artículo se realizará conforme a los lineamientos establecidos en la revista de INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN de la Pontificia Universidad Católica de Chile, la cual publica artículos originales e inéditos, tanto en idioma español como inglés, en todos los tópicos relevantes de la ingeniería y gestión de la construcción.

## 4.2 Metodología para la definición de capítulos del estándar

De acuerdo a la metodología planteada para el desarrollo de esta propuesta de estándar, se realizó la recolección y análisis de información con respecto a la implementación de la metodología BIM en el ámbito internacional, a través de la cual se logró identificar para su elaboración los enfoques de los documentos desarrollados por:

**Estados Unidos:** Es uno de los mayores consumidores y productores de información en cuanto a la implementación de BIM. Existen aproximadamente 23 organizaciones entre gubernamentales y no gubernamentales, que han desarrollado estándares. Sin embargo, en nuestra investigación tuvimos en cuenta el desarrollo de 3 estándares, los cuales han sido ejecutados por una entidad pública y otra privada.

- **La Administración de Servicios Generales (GSA, por sus siglas en inglés)**, desarrolló un documento de carácter público llamado BIM Guide Series; contiene: etapas de planeación, diseño y construcción de los proyectos (General Service Administration, 2017).
- **NIBS - National Building Information Modeling Standard y National BIM Guide for Owners** documentos que incluyen los criterios, especificaciones, expectativas de diseño, así como el procedimiento a seguir durante todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura (National Institute of Building Sciences, 2017).

**Reino Unido:** El Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) y el Comité AEC de Reino Unido, desarrollaron y publicaron en el año 2015 los documentos PAS 1192-2:2013 y el Protocol BIM, que definen las obligaciones contractuales de cada parte involucrada, así como las responsabilidades y las limitaciones asociadas a la utilización de la metodología.

**Finlandia:** Building SMART Finland desarrolló e implementó durante el año 2012, el documento Common BIM Requirements 2012; el cual reúne y coordina a todas las disciplinas involucradas dentro del desarrollo del ciclo de vida de los proyectos.

**Hong Kong:** En el año 2011 el Instituto de Modelación de la Información de Construcción de Hong Kong (HKIBIM) desarrolló el documento de especificaciones HKIBIM. En el año 2013, el CIC (Construction Industry Council Hong Kong) publicó el "Building Information Modelling Standards Draft"; el enfoque principal de estos documentos incluyen: objetivos, planificación, implementación BIM, especificaciones del modelo de información de construcción, administración y mantenimiento del proyecto.

**Chile:** El Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Universidad del Bío-Bío, en el año 2013 generaron el documento titulado “Términos de referencia, Uso de modelos BIM – Dirección de arquitectura MOP”. Este documento contiene una descripción de los conceptos

básicos de BIM, análisis de iniciativas oficiales de otros países, aplicación de BIM en Chile y términos de referencia de aplicación para los proyectos.

**México:** La embajada del Reino Unido en México en el año 2015 creó el documento titulado “Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia”, basados en la experiencia obtenida en el Reino Unido. Los temas tratados principalmente son los siguientes: Generalidades del BIM, estrategia de implementación en el Reino Unido, recomendaciones para el desarrollo de una estrategia de BIM en México, análisis de la estrategia de BIM en el Reino Unido, su implementación y casos prácticos, recomendaciones e implicaciones para la implementación de BIM en México.

En la Tabla 1, se presenta el resumen de los entes reguladores y las guías o estándares que estos han venido impulsando o desarrollando. Como podemos observar, la gran mayoría han sido impulsados por entidades gubernamentales. Sin embargo, en los casos en los que fueron iniciativa del sector privado, al observarse los beneficios que esta metodología prestaba a los proyectos de inversión privada fue acogido de buena forma por el sector público.

Teniendo en cuenta las iniciativas y documentos oficiales desarrollados en el contexto internacional por diferentes países y basados en sus experiencias de aplicación de la metodología BIM durante el ciclo de vida de sus proyectos; para el desarrollo del objetivo general de la presente investigación se procedió tal y como se observa en la Tabla 2, a clasificar el contenido dentro de “grupos de contenido”, lo anterior con el fin de agrupar la información de enfoque similar que se consideró relevante tener en cuenta para el desarrollo de la propuesta de estándar objeto de la presente investigación:

En consecuencia, a continuación, se presenta la información clasificada en 7 “grupos de contenido”, que se encuentran relacionados directamente con los países que lo incluyen dentro del desarrollo de sus estándares.

**Grupo 1:** incluye el propósito del uso de la herramienta., la definición de concepto, los requisitos básicos y conceptos para el uso de BIM (software, especificaciones, unidades, modelación, coordinador de proyecto).

**Grupo 2:** El enfoque de este grupo es el uso y beneficios que representa la implementación de la metodología BIM durante el ciclo de vida de los proyectos; a partir de la evaluación de las necesidades del sector.

**Grupo 3:** En este grupo se tienen en cuenta los estándares implementados en otros países, y que sirven como estudio para el desarrollo de este tema de investigación.

**Grupo 4:** incluye el estado actual de la implementación de la metodología BIM dentro de cada país.

**Grupo 5:** En este grupo se establecen los roles y responsabilidades del equipo de trabajo, tales como: coordinación de tareas y control de calidad

**Grupo 6:** Enfocado hacia el control de la calidad de los diseños del proyecto.

**Grupo 7:** Enfocado en el uso del modelo BIM durante el ciclo de vida de los proyectos: etapas de licitación, contratación, planeación, construcción, periodo de garantía, sostenibilidad uso y mantenimiento en el tiempo.

|   |                  | PAÍSES  |                               |                              |  |                         |   |                      |   |   |
|---|------------------|---|-------------------------------|------------------------------|--|-------------------------|---|----------------------|---|---|
|   |                  | Estados Unidos                                  |                               | Finlandia                    | Reino Unido                            |                         | Hong Kong                                   |                      | Chile                                     | México  |
| ENTIDAD (G: Gubernamental ó NG: No gubernamental) | GSA (G)          | NIBS (NG)                                       |                               | Building SMART Finland (G)   | The British Standards Institution (NG) | AEC (UK) Committee (NG) | Construction industry Council Hong Kong (G) | HKIBIM (NG)          | MOP (G)                                   | Embajada de Reino Unido en México (G)   |
|   | BIM Guide Series | National Building Information Modeling Standard | National BIM Guide for Owners | Common BIM Requirements 2012 | PAS 1192-2:2013                        | AEC (UK) BIM Protocol   |   | HKIBIM Specification | Términos de referencia uso de modelos BIM | Estrategia BIM para México, recomendaciones para el desarrollo de la estrategia |
| ENFOQUE   | Metodológico     | X   | X                             | X                            | X                                      | X                       | X   | X                    | X   | X   |
|   | Técnico          | X   | X                             | X                            |  | X                       | X   | X                    |   |   |

Tabla 1. Resumen: entes reguladores y documentos guía (fuente: propia)

| Grupos de contenido |   | Capítulos   | Países que lo incluyen en su Estándar               |
|---------------------|---|---|---|
| 1                   | Introducción y definición BIM   | Definición requisitos generales técnicos                                    | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |
|                     |   | Aspectos Básicos  | 4. Hong Kong  |
|                     |   | Requisitos generales técnicos   | 5. Chile  |
|                     |   | Alcance   | 6. México   |
| 2                   | Beneficios BIM  | Evaluación y necesidad  | 1. Estados Unidos<br>2. Reino Unido<br>3. México    |
| 3                   | Estándares  | Internacionales   | 1. Estados Unidos<br>2. Reino Unido<br>3. Chile     |
|                     |   | Referencias normativa   | 4. México   |
| 4                   | Evaluación situación actual   | Aplicación BIM  | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia                   |
|                     |   | Panorama actual   | 3. Chile  |
|                     |   | Ventajas  | 4. México   |
| 5                   | Roles y responsabilidades   | Roles y responsabilidades del equipo encargado de la ejecución del proyecto | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |
| 6                   | Gestión de la Calidad   | Visión y estrategia   | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia                   |
|                     |   | Gestión de requisitos y entregables del proyecto                            | 3. Reino Unido                                      |
|                     |   | Control de calidad  | 4. Hong Kong  |
| 7                   | Generación y uso de lo modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto | Necesidades y objetivos   | 1. Estados Unidos                                   |
|                     |   | Estudio de alternativas   | 2. Finlandia  |
|                     |   | Licitación y Contratación   | 3. Reino Unido                                      |
|                     |   | Planeación  | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |
|                     |   | Construcción  | 4. Hong Kong  |
|                     |   | Periodo de garantía, sostenibilidad uso y mantenimiento en el tiempo        | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |

Tabla 2. Grupos de contenido para la propuesta de estándar (fuente: propia)

### 4.3 Metodología para la realización de encuestas

Para determinar el tamaño total de la población a encuestar, se planteó realizar una encuesta exploratoria debido a que no se contaba con información previa relacionada con la adopción de la metodología BIM en proyectos de construcción que involucren a empresas del sector público del país.

Es importante que los resultados de la encuesta sean lo más ajustados posibles a la realidad, con el objeto que el análisis consecuente sea de mayor utilidad para esta investigación, permitiendo así, realizar un diagnóstico de la situación actual y definir estrategias a futuro. Así lo demuestran los procesos graduales de implantación establecidos en otros países que, al día de hoy, se encuentran en un estado más avanzado respecto a la aplicación de BIM en el sector.

Una vez expuesto lo anterior y previo al diseño de la encuesta, se calculó de la siguiente manera el tamaño adecuado de la muestra, con el ánimo de obtener información representativa, válida y confiable:

- Factores que se deben tomar en cuenta para determinar el tamaño de la muestra para poblaciones desconocidas o infinitas: (Valdivieso Taborga, Valdivieso Castellón, & Valdivieso Taborga, 2011).
  - El tamaño de la muestra poblacional a obtener.
  - El valor obtenido mediante niveles de confianza.
  - Límite aceptable de error muestral.
  - Varianza poblacional.
  
- Factores que determinan la fórmula a utilizar que permita conocer el tamaño de la muestra: (Valdivieso Taborga, Valdivieso Castellón, & Valdivieso Taborga, 2011).
  - ***Z = Nivel de confianza***  
Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 95% (1.96) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.
  - ***p = Probabilidad de éxito, o proporción esperada. . p = 50%***
  - ***q = Probabilidad de fracaso. q = (1 - p)***

- $e = \text{Precisión (error máximo admisible en términos de proporción)}$ . Representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0,01) al 9% (0,09), siendo 5% (0,05) el valor estándar usado en las investigaciones.

Para el cálculo del tamaño de la muestra para poblaciones infinitas o desconocidas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

*Ecuación 1. Fórmula para tamaño de muestra*

Donde

- $Z = 1,96$  (Valor mínimo aceptado para considerar la investigación confiable)
- $p = 50\% = 0,5$
- $q = (1 - p) = (1 - 0,5) = 0,5$
- $e = 0,05$  (Valor estándar usado en las investigaciones)

Reemplazado en la ecuación, se obtuvo que el tamaño de la muestra es el siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{(1,96)^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2} = 384,16 \approx 384$$

Tal y como se puede observar, el tamaño de la muestra es de 384, lo que quiere decir, que se deberán remitir 384 encuestas como mínimo para considerar el resultado de la investigación como confiable.

Con el fin de establecer el valor máximo de confiabilidad de los resultados producto de las encuestas, se realiza el mismo ejercicio, variando el valor de  $Z = \text{Nivel de confianza} = 2,58$  (*este valor representa mayor confiabilidad*), para lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{(2,58)^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2} = 665,6 \approx 666$$

Finalmente, se puede observar que el número de encuestas se encontraba en el siguiente rango:

$$384 \geq \text{Número de encuestas} \leq 666$$

La encuesta fue enviada por medio digital a trabajadores del sector de la construcción en el sector público del país, a través del formulario Google Forms y difundido a la población de interés a través de:

1. Grupos de Facebook relacionados con ingeniería y arquitectura: las personas que manifestaron interés en participar, suministraron su dirección de correo electrónico. Posteriormente, se realizó el envío de la encuesta al correo electrónico de cada uno de estos profesionales.
2. Base de datos de contratistas que trabajan o han trabajado con entidades públicas en la ejecución de proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos: Una vez recolectada esta información, se remitió la encuesta a estos profesionales a través de correo electrónico.
3. A través de terceros, con el objeto de que estos a su vez reenviaran la encuesta a sus profesionales conocidos que pudieran aportar a la investigación: Se solicitó a profesionales del sector difundir la encuesta por correo electrónico a las personas que consideraban que podrían estar interesadas en aportar con su respuesta al desarrollo de la investigación.

La encuesta se realizó entre octubre de 2017 y febrero de 2018 y fue dirigida a ingenieros, arquitectos, constructores, y en general profesionales involucrados en proyectos constructivos en el sector público en Colombia, con el objetivo de realizar un sondeo del estado de implementación de la metodología BIM en proyectos del sector público en el país.

En el Anexo 1, se presenta la encuesta realizada, las preguntas fueron seleccionadas teniendo en cuenta los tipos de preguntas realizadas en estudios de enfoque similar identificados en la Fase I “Recolección y análisis de la información” y a través de la ejecución de mesas de trabajo realizadas entre los miembros del grupo de elaboración de la presente propuesta de investigación.

#### 4.4. Metodología para la elaboración del estándar preliminar

Una vez finalizada la etapa de revisión bibliográfica, y con base en los resultados obtenidos a través de las encuestas realizadas a los profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia; se logró identificar la manera como se está llevando a cabo el seguimiento y control de los proyectos en el sector de la construcción pública.

En relación con lo anterior y teniendo en cuenta los documentos regulatorios desarrollados por los diferentes países alrededor del mundo, y basados en las experiencias y beneficios que ha traído consigo la aplicación de los mismos en sus proyectos de construcción; se decidió utilizarlos como una guía de desarrollo del documento preliminar del estándar.

Inicialmente se definieron los capítulos a desarrollar en el estándar, los cuales una vez llevados a cabo diferentes mesas de trabajo; fueron ajustados a los requerimientos del sector y del país.

Es así, como se decidió plantear un cronograma semanal de trabajo para la revisión y cumplimiento de objetivos y tareas, que permitieran llevar a cabo la elaboración de la propuesta de estándar. Estas reuniones contaron con el acompañamiento y la retroalimentación constante por parte de la asesoría de tesis.

La metodología de las reuniones semanales, consistía en desarrollar de acuerdo a la programación las secciones planificadas, las cuales eran revisadas y discutidas semanalmente entre los miembros del equipo de investigación. Durante la reunión, se emitían observaciones y se solicitaban ajustes al contenido, los cuales debían ser tenidos en cuenta en el documento, para su revisión en la siguiente reunión.

Finalmente, una vez desarrollados los capítulos contemplados en el estándar preliminar, este fue remitido vía correo electrónico a la asesoría de tesis, con el objeto que se realizara una revisión final del documento completo. En consecuencia, se recibieron observaciones y con base a estas, se realizaron los ajustes solicitados a la propuesta de estándar preliminar, la cual fue revisada nuevamente por la asesoría de tesis previo al inicio de la fase de validación de la misma.

#### 4.5 Metodología para validación de estándar

Finalizada la etapa de elaboración de la propuesta del estándar, se informó vía correo electrónico a los 136 profesionales que respondieron haber oído hablar de BIM en la encuesta, sobre la finalización del documento de la “Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia”. Con base en lo anterior, se informó sobre el inicio de la Fase de validación de la propuesta, por lo que se solicitó a los profesionales responder el correo en caso de estar interesados en participar. Esta fase fue completada en un plazo de 3 semanas (02 de abril de 2018 – 20 de abril de 2018).

En consecuencia, el documento de la propuesta de estándar fue enviado a siete (7) profesionales del sector, que manifestaron interés en participar en la fase de validación de la propuesta.

Los profesionales interesados, con base en su experiencia profesional y conocimiento de la metodología BIM, remitieron sus comentarios, que sirvieron como aporte para dar validez a la propuesta.

#### 4.6 Metodología para revalidación de la propuesta final de estándar

Una vez realizada la sustentación final del proyecto de grado, se recibió como recomendación por parte del jurado evaluador, llevar a cabo la revalidación de la propuesta ante un grupo de profesionales del sector de la construcción; lo anterior, teniendo en cuenta que a través de un “Focus group” la propuesta podría ser explicada y entendida con mayor facilidad por los participantes, quienes a su vez podrían determinar el nivel de comprensión y aplicación de la misma.

En relación con lo anterior, el día 28 de mayo de 2018 se procedió a realizar la invitación a participar en la revalidación de la propuesta de estándar a:

- Los profesionales que participaron en la fase de validación virtual de la propuesta de estándar.
- Otros profesionales del sector de la construcción.

Adicionalmente, se comunicó que la confirmación de participación en la revalidación de la propuesta, tenía como fecha límite el día 06 de junio de 2018, teniendo en cuenta que el “Focus group” se llevaría a cabo el día 12 de junio de 2018 a las 4:00 p.m. con los profesionales que confirmaran su asistencia.

En consecuencia, se recibió confirmación de participación en la revalidación de la propuesta de estándar por parte de siete (7) profesionales del sector de la construcción.

En razón de lo anterior, el día 12 de junio de 2018, se realizó la presentación (Anexo 3) de la propuesta final del estándar ante el grupo de profesionales que previamente había manifestado interés en participar en la revalidación de la misma. En esta reunión, la propuesta fue discutida y revisada conjuntamente entre los participantes, los cuales emitieron comentarios al respecto.

Finalmente, con base en la retroalimentación recibida por parte de los profesionales participantes en el “Focus group”, se procedió a revisar la propuesta del estándar con el objeto de verificar cuales de las observaciones recibidas se encontraban ya incluidas en el mismo y cuáles no.

# Capítulo 5

## RESULTADOS

Esta investigación presenta resultados para el cumplimiento de cada uno de los objetivos explicados en capítulos anteriores; a continuación, se describen los resultados obtenidos tanto de la investigación realizada a nivel mundial y a nivel nacional, como de las encuestas al igual que la validación realizada.

### 5.1 Resultados investigación de BIM en el contexto mundial

De acuerdo a la metodología planteada para el desarrollo de la propuesta de estándar, se realizó la recolección y análisis de información con respecto a la implementación de la metodología BIM en el ámbito internacional.

En la Figura 6 se podrá observar lo siguiente:

- Los países que han logrado implementar en sus proyectos la metodología BIM se resaltan en color verde y rojo en el mapa.
- Los países cuyos estándares y guías sirvieron como base para esta investigación se resaltan en color rojo.

La propuesta de estándar, utilizó como enfoque para su elaboración los documentos desarrollados por:

- Estados Unidos: potencia mundial y pionero en la aplicación de la metodología BIM. En la actualidad, es uno de los mayores consumidores y productores de información en cuanto a la implementación de BIM.
- Reino Unido: potencia Europea y referente mundial. Se encuentra implementado de forma mandatoria la utilización de BIM desde el año 2016. En los documentos desarrollados, se definen las obligaciones contractuales de cada parte involucrada, así como las responsabilidades y las limitaciones asociadas a la utilización de la metodología.
- Finlandia: fue uno de los primeros países en donde la implementación de métodos avanzados de gestión que permitieran llevar a cabo trabajo colaborativo entre las

disciplinas involucradas, fue de gran interés. La exigencia de BIM en los proyectos públicos, es una realidad desde el año 2007.

- Hong Kong: referente mundial y potencia asiática. La implementación de esta metodología se realiza desde el año 2011. Dentro de su enfoque se encuentran: objetivos, planificación, implementación BIM, especificaciones del modelo de información de construcción, administración y mantenimiento del proyecto.
- Chile y México: países latinoamericanos, con característica similares a Colombia y actualmente se encuentran desarrollando estándares encaminados a la correcta y exitosa implementación de la metodología BIM al interior de sus proyectos de inversión pública.

A continuación se presenta un análisis de cómo ha sido la implementación de BIM en diferentes países, los entes reguladores y los documentos guía que sirvieron como base para poder crear esta propuesta de estándar que permita implementar la metodología BIM en Colombia.

### 5.1.1 Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los mayores consumidores y productores de información en cuanto a la implementación de BIM. La rápida adopción de esta metodología al interior de los proyectos de construcción se atribuye a los beneficios que la implementación de este tipo de metodología colaborativa ha representado para las empresas que han decidido incorporarla a sus procesos.

La importancia en cuanto a la implementación de la metodología BIM durante el ciclo de vida de los proyectos de construcción ha sido tal, que no es sólo el Gobierno de los Estados Unidos el que considera relevante dentro de la planificación de los proyectos, la integración entre: la visualización, coordinación, simulación y optimización en la construcción de los mismos, con el fin de obtener beneficios en cuanto al rendimiento, soluciones, mayor previsibilidad, disminución de residuos, reducción en tiempos de ejecución y sobre costos, entre otros. Es decir, varios estados de los Estados Unidos, universidades y organizaciones privadas están apoyando la adopción de estándares BIM. En consecuencia, se tiene conocimiento que en el año 2010, Wisconsin se convirtió en el primer estado de los Estados Unidos en exigir que todos los proyectos públicos con un presupuesto igual o mayor a US\$5 millones de dólares y toda nueva construcción con un presupuesto igual o mayor a US\$2,5 millones de dólares debía incorporar BIM dentro del ciclo de vida de los mismos (Singh, 2017).

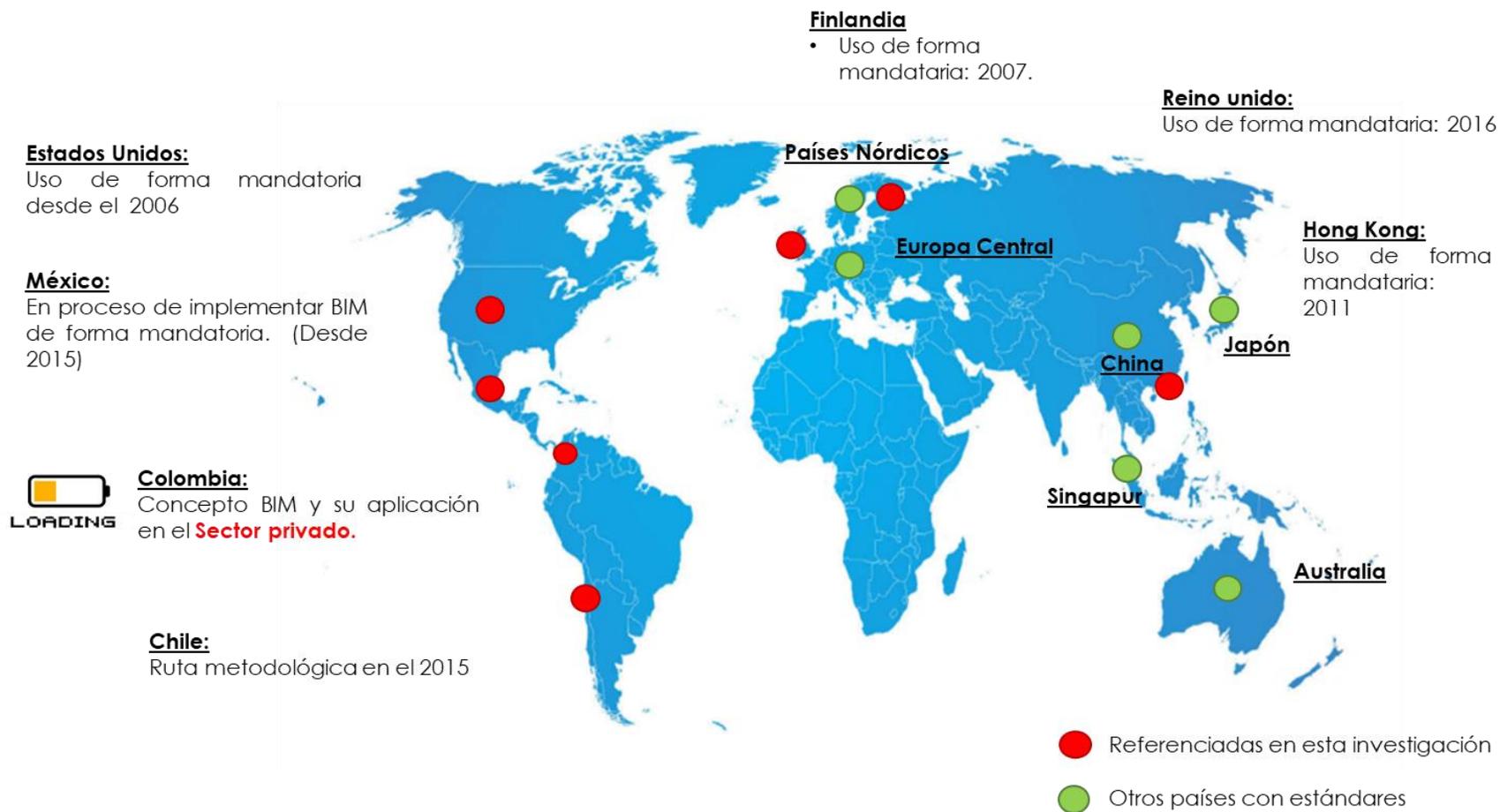


Figura 6 Implementación de BIM alrededor del mundo (fuente: propia)

La Administración de Servicios Generales (GSA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos formuló el Programa Nacional 3D-4D-BIM en el año 2003. Este programa estableció una política que imponía la adopción del BIM para todos los proyectos del Servicio de Edificios Públicos. La GSA también colabora activamente con proveedores de BIM, agencias federales, asociaciones profesionales, organizaciones de estándares abiertos e instituciones académicas de investigación para desarrollar una comunidad de líderes BIM dentro de GSA. Hoy en día, se cree que el 72% de las empresas constructoras de los Estados Unidos están utilizando tecnologías BIM para ahorrar costos significativos en los proyectos (Fountain, 2016).

Tal y como se indicó anteriormente, existen varias entidades Gubernamentales y no gubernamentales, que desde el año 2003 han aunado esfuerzos para desarrollar e implementar estándares BIM en proyectos públicos y al interior de sus organizaciones. Dentro de estas entidades se destacan la GSA (General Service Administration), como una agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos, y la NIBS (National Institute of Building Sciences) que es una organización no gubernamental sin fines de lucro que reúne con éxito a representantes del gobierno, profesionales, la industria, entre otros. Estas organizaciones han desarrollado e implementado con éxito los siguientes documentos:

- GSA - BIM Guide Series: en la cual se desarrolla un formato educativo de apoyo para las etapas de planeación, diseño y construcción de los proyectos. Además, uno de los principales objetivos de la BIM Guide es proporcionar orientación durante el desarrollo de los proyectos así como establecer los requisitos que se deben tener en cuenta al inicio de nuevos proyectos; lo anterior asegura que la implementación de la metodología BIM sea más beneficiosa y eficiente durante todo el ciclo de vida del proyecto, representando así beneficios a propietarios, operadores, y cualquier miembro del público interesado (General Service Administration , 2017).
- NBIMS - National Building Information Modeling Standard: se establecen la infraestructura y las normas necesarias para fomentar la innovación de los procesos a través de estándares consensuados entre las partes involucradas en el desarrollo del proyecto, lo anterior con el fin de que los usuarios involucrados puedan acceder de manera eficiente a la información del mismo; de manera que se puedan construir modelos detallados que permitan entregar productos precisos y obtener beneficios en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos y así se logren crear y operar instalaciones optimizadas (NBIMS-US, 2017).

Es importante mencionar, que desde enero de 2017, se publicó la National BIM Guide for Owners con el fin de proporcionar al equipo involucrado en todo el ciclo de vida de los proyectos, un proceso documentado que incluye los criterios, especificaciones, expectativas de diseño, así como el procedimiento a seguir durante todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura, con lo cual pretende ser una referencia consistente y sólida que logre la inclusión de BIM en los documentos contractuales. Otro de los objetivos de esta Guía, que ha sido desarrollada bajo la asistencia de la NBIMS (National Institute of Building

Sciences), es producir una documentación BIM estándar aplicable tanto durante las fases de diseño y construcción, como durante el mantenimiento y la operación de los proyectos resultantes de las mismas. Esta guía se basa en las guías BIM extranjeras, federales, estatales y locales que existen actualmente, es decir que para su creación no se ha realizado una nueva investigación sino que se ha utilizado información ya existente, tales como un conjunto de documentos y prácticas incluidas en el National BIM Standard-United States (National Institute of Building Sciences, 2017).

### 5.1.2 Reino Unido

En junio de 2011, el gobierno del Reino Unido publicó el “Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy”, donde el gobierno anunciaba su intención de requerir BIM en todos los proyectos de construcción a partir de 2016 (es.BIM, 2017). Conforme a lo anterior, el Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) creó el documento PAS 1192-2:2013 (Specification for information management for the capital/delivery phase of construction Projects using building information modelling), el cual entró en vigor el pasado 28 de febrero de 2017 y tenía como finalidad incorporar los procesos BIM a todas las obras gubernamentales en etapa de proyecto. Desde el 04 de abril del año 2016, se implementó en el Reino Unido el uso mandatorio PAS 1192-2:2013 para licitaciones públicas; como parte de la estrategia de construcción del Gobierno todas las empresas que trabajen para obras estatales están obligadas a cumplir con esta normativa que tiene como objetivo principal reducir entre un 20% y 30% los costos de las obras públicas. Dicha medida ha acelerado el proceso de implementación de la metodología BIM al interior de las empresas del sector de la construcción del país, debido a que es un requisito de participación dentro de los procesos de adjudicación para proyectos de infraestructura estatal (Ambrosio, 2015).

Un informe publicado por la NBS (National BIM Standard) en el año 2016, reveló que la adopción de BIM en el Reino Unido había alcanzado el 54%, frente al 48% en 2015 (Singh, 2017).

#### Normalización BIM en el Reino Unido:

El Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) ha publicado una serie de documentos y normas que tienen como finalidad incorporar los procesos BIM a todas las obras gubernamentales en etapa de proyecto. En este sentido se han desarrollado los siguientes documentos regulatorios (es.BIM, 2017):

- BS 1192:2007+A1:2015. (Producción colaborativa de información arquitectónica, ingeniería y construcción. Código de Prácticas).
- Protocolo BIM CIC PAS 1192-2:2013. (Especificación para la Gestión de la Información - Fase capital / Entrega de Proyectos).
- PAS 1192-3:2014. (Especificación para la Gestión de la Información - Fase Operativa de Proyectos).

- BS 1192-4:2014. (Producción Colaborativa de la Información - COBie, Código de Prácticas).
- PAS 1192-5:2015. (Especificación para BIM y Seguridad).

El protocolo BIM CIC PAS 1192-2:2013 define las obligaciones contractuales de cada parte, así como las responsabilidades y las limitaciones asociadas a su utilización. El objetivo de este documento es integrar el Nivel 2 en los contratos de adhesión y ha jugado un papel importante en la promoción del uso y el conocimiento de BIM en el Reino Unido (BIM Community, 2016). El nivel 2 es definido como un nivel de trabajo ‘colaborativo’, donde cada una de las partes involucradas participa en la elaboración y actualización de modelos virtuales; por medio de los cuales se puede transmitir información a través de archivos de formato común, que acompañarán y progresivamente sustituirán de manera parcial, la documentación tradicional del proyecto, es decir, los planos del proyecto.

Por otro lado, el Protocolo BIM desarrollado por el Comité AEC de Reino Unido, fue lanzado por primera vez en noviembre de 2009, su versión 2.1 publicada en el año 2015 incluye los protocolos, especificaciones, procedimientos y documentos del Reino Unido (y documentación internacional pertinente), que permiten proporcionar orientación consistente e independiente de la plataforma, para la implementación y uso de las tecnologías BIM del proyecto. Entre los objetivos para la implementación de este Protocolo se establecen (AEC (UK) Committee, 2015):

- Maximizar la eficiencia de la producción mediante la adopción de la metodología. Esta eficiencia debe estar enfocada hacia el cumplimiento de los niveles de madurez obligatorios establecidos por el Gobierno del Reino Unido.
- Definir las mejores prácticas dentro del ciclo de vida del proyecto, que garanticen la entrega y el intercambio continuo y uniforme de la información durante todo el proyecto.
- Asegurar que los archivos digitales se encuentran estructurados de forma correcta, con el fin de permitir generar un ambiente de trabajo colaborativo entre todos los participantes del proyecto.

### 5.1.3 Finlandia

Finlandia se encuentra entre los primeros países que adoptaron las tecnologías BIM, con normas y requisitos públicos ya vigentes.

En el año 2002, Finlandia empezó a trabajar en la implementación de tecnologías BIM, y para 2007, la Confederación de Industrias de la Construcción de Finlandia había ordenado que todos los paquetes de software de diseño tuvieran que pasar la Certificación IFC (Industry Foundation Classes). Dentro de las instituciones gubernamentales es obligatorio su uso desde 2007 para todo software de diseño que quiera superar el certificado IFC en concordancia con los requisitos establecidos por el mandato BIM. Cabe señalar que IFC es un estándar creado por buildingSMART Internacional que permite compartir modelos y trabajar independientemente de un software en específico. Este estándar fue creado como

solución para un intercambio abierto de información entre las aplicaciones y permite informar sobre los posibles errores y cuestiones relacionadas con los detalles de los elementos del modelo, de forma visual (Singh, 2017).

En el año 2012, la Confederación de Industrias de la Construcción de Finlandia tomó la decisión que BIM sería un elemento clave para todos los cambios a realizar en el sector de la construcción, por lo cual el Building SMART Finland desarrolló e implementó el documento Common BIM Requirements 2012, como una guía estándar de fácil adaptación que permite reunir y coordinar a todas las disciplinas involucradas dentro del desarrollo del ciclo de vida del proyecto, a través de la confección de modelos BIM precisos que brinden las garantías necesarias con respecto a su uso de manera efectiva dentro del sector (es.BIM, 2017).

En el marco del congreso EUBIM 2013 se planteó una iniciativa de estandarización denominada uBIM cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para usuarios BIM, por lo cual, actualmente se cuenta con una adaptación COBIM finlandés (Common BIM Requirements 2012) realizada por Building SMART Spanish Chapter en el año 2014, el cual fue desarrollado de forma colaborativa atendiendo las normativas y estándares vigentes (Building Smart Spanish Chapter, 2014).

El objetivo del documento desarrollado, es permitir la coordinación de todas las especialidades involucradas dentro del desarrollo del proyecto, lo anterior, a través de una guía estandarizada que estará en evolución constante y que además podrá ser adaptada y aplicada, de manera que la modelación BIM pueda otorgar garantías de precisión, para que el uso de la información existente del proyecto, permita prestar beneficios a la ejecución en cuanto a calidad, eficiencia, seguridad y conforme con un desarrollo sostenible.

El documento desarrollado consta de 13 guías para el usuario BIM, que establecen los requisitos a tener en cuenta para la construcción de un modelo BIM satisfactorio; en consecuencia, se establecen las prioridades y objetivos específicos para uso y aplicación del modelo. Las 13 guías incluidas dentro del documento Common BIM Requirements 2012 son las siguientes (Building Smart Spanish Chapter, 2014):

- 1) Parte general.
- 2) Modelación del estado actual.
- 3) Diseño arquitectónico.
- 4) Diseño de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias.
- 5) Diseño estructural.
- 6) Aseguramiento de la calidad.
- 7) Mediciones en BIM.
- 8) Uso de modelos en visualización.
- 9) Uso de modelos en análisis de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias.
- 10) Análisis energético.
- 11) Gestión del proyecto BIM.
- 12) BIM para el mantenimiento y operación.
- 13) Uso de modelos BIM durante la fase de construcción.

#### 5.1.4 Hong Kong

El Instituto de Modelación de la Información de Construcción de Hong Kong (HKIBIM), fue establecido en el año 2009. Entre sus objetivos principales se encuentran: Promover la educación general, la comprensión, la apreciación y despertar el interés hacia la implementación de BIM durante el ciclo de vida de los proyectos, así también como establecer y avanzar en el desarrollo de las normas de construcción que permitan optimizar la gestión de la información en la industria de la construcción.

A continuación se presenta el enfoque principal que se incluye dentro del documento de especificaciones publicadas en el año 2011 por HKIBIM (Hong Kong Institute of Building Information Modelling, 2011):

- Objetivos del proyecto BIM: Planificación de la implementación BIM.
- Especificación del modelo de información de construcción: Modelación.
- Planificación de Recurso: Administración y mantenimiento.

BIM ha ido ganando terreno en Hong Kong con el tiempo. El CIC (Construction Industry Council Hong Kong), fue creado en el año 2007 para establecer un consenso sobre cuestiones estratégicas a largo plazo, se encarga de transmitir las necesidades y aspiraciones de la industria de la construcción al Gobierno, por lo tanto, funciona como un canal de comunicación para que el Gobierno solicite asesoramiento sobre todas las cuestiones relacionadas con la construcción. En 2013. La CIC publicó el "Building Information Modelling Standards Draft", el cual es una hoja de ruta basada en los estándares actuales establecidos por la Autoridad de Vivienda de Hong Kong en el año 2014, MTR Corporation y HKIBIM (Singh, 2017).

#### 5.1.5 Chile

La industria de la construcción en Chile representa el 7,5% del PIB y genera 8,7% del empleo del país. De acuerdo a lo indicado por Carolina Soto, directora ejecutiva del Plan BIM en Chile, el 35% de los recursos invertidos en construcción se pierden entre algunas causas por fragmentación entre etapas y actores críticos, baja adopción de métodos avanzados de gestión de información y baja capacitación de los trabajadores del sector. De igual forma indica que de la inversión que realiza el Ministerio de obras públicas, 96% de los contratos se modifican, se genera un 30% en retrasos de tiempo de lo originalmente planeado, y de lo invertido en el 2016 un 7% ha sido por sobrecostos. De igual forma se evidencia que pese a que el 80% de la inversión en una edificación corresponde a etapas de operación y cierre, esta no se planifica en el inicio del proyecto (Soto, Carolina, 2017).

Teniendo en cuenta la importancia de la industria de la construcción en Chile, la Corporación de Fomento de la producción (CORFO), el Ministerio de obras públicas (MOP), la Cámara Chilena de Construcción entre otras entidades públicas y privadas, crearon a través de la iniciativa TRANSFORMA el programa Construye 2025.

El programa busca convertir a Chile en un referente internacional en productividad y sustentabilidad de la construcción durante todo el ciclo de vida de la edificación, debido a que actualmente en Chile los proyectos de edificación se planifican en poco tiempo con metodologías y herramientas obsoletas que implica una generación de mayores costos y tiempo de los originalmente concebidos (Transforma, economía productiva y diversificada, 2017).

Dentro de las principales iniciativas del programa, se encuentra el “Plan BIM, Modernización de la Industria de la Construcción”. El objetivo del plan es “desarrollar un proceso colaborativo público-privado para incrementar la productividad y sostenibilidad – social, económica y ambiental – de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones, que promuevan la modernización de esta. Se busca lograr este aumento de productividad y sostenibilidad en todo el ciclo de vida de las obras, desde su diseño hasta su operación (Soto, Carolina, 2016).

Sus objetivos específicos son los siguientes:

- Aumentar la productividad de la industria de la construcción a través de la reducción de costos e ineficiencias a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos.
- Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo el ciclo de vida.
- Reducir costos, plazos e ineficiencias en todo el ciclo de vida.
- Mejorar la predictibilidad, control de costos y plazos de la construcción.
- Aumentar la trazabilidad y transparencia de la información de proyectos.
- Proveer mejores herramientas para la participación ciudadana de proyectos.
- Fomentar una industria colaborativa y el uso de estándares comunes.
- Asegurar el cumplimiento normativo y reducir los tiempos de aprobación de permisos de edificación.

De acuerdo a la hoja de ruta planteada en el plan, las acciones del plan BIM iniciaron en el año 2015, y se espera para el año 2020 la exigencia de BIM para todos los proyectos que involucren recursos públicos.

Para lograr estos objetivos, en el plan se definen 6 líneas de acción indicando lo que se deben ejecutar en cada una de estas (Soto, Carolina, 2016):

- Estandarización de procesos: Para esta acción se debe realizar el levantamiento actual de procesos, lograr integrar el diseño y la construcción a través de guías y estándares y a través de laboratorios realizados por diferentes Ministerios.
- Formación del capital humano: Para lograrlo se deberá capacitar tanto a mandantes como a usuarios, a través de la educación de técnico, pregrado, o posgrado.
- Herramientas BIM: Se debe fomentar el uso de formatos abiertos y adaptar las herramientas al contexto local.

- Normativo y contractual: Se debe desarrollar el marco legal, y las respectivas modificaciones contractuales tanto al diseño como a la construcción.
- Estandarización de componentes: Se deben generar librerías de componente que respondan a la normativa planteada.
- Ciclo de vida del proyecto: El plan aplica para el diseño, construcción y operación. Se deben generar procedimientos de traspaso de información entre estas tres fases.

#### Creación de primer estándar BIM en Chile:

Como uno de los documentos predecesores del “Plan BIM, Modernización de la industria de la construcción”, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Universidad del Bío-Bío, quienes hacen parte de las entidades que apoyan el programa Construye 2025, en el año 2013 generaron el documento titulado “Términos de referencia, Uso de modelos BIM – Dirección de arquitectura MOP”. La finalidad de este documento es “definir conceptos, requerimientos, métodos y ejemplos acerca del uso de las tecnologías BIM en proyectos nuevos de edificación pública y en términos de desarrollo del país apuntar a la creación de un Estándar BIM Chileno que beneficie directamente al MOP en su toma de decisiones e indirectamente a la industria de la construcción, arquitectura e ingeniería” (Universidad del Biobío, 2013).

Analizando el documento de referencia, se evidencia que los temas tratados principalmente son los siguientes:

- Descripción de los conceptos básicos de BIM: Se describen algunos conceptos básicos de BIM y sus beneficios. Hacen claridad que para ser exitoso, el alcance para cada etapa debe estar definido desde el origen del proyecto, y los profesionales que desarrollen la metodología deberán estar capacitados para tal fin.
- Análisis de iniciativas oficiales de otros países (Estados Unidos, Finlandia, Noruega): Del análisis realizado concluyen que las entidades gubernamentales son los principales impulsores del uso masivo de BIM, y que a pesar de existir resistencia inicial al cambio, el tiempo y la constancia han dejado conocer las ventajas que traería implementar BIM.
- Aplicación de BIM en Chile: A través del análisis de diferentes casos de estudio de BIM en obras de Chile tanto en ingeniería como en construcción, logran determinar ventajas ahorros en tiempos, costos, al igual que aterrizar las barreras en el país del por qué no existe una mayor implementación.
- Términos de referencia para proyectos del MOP: Basados en el análisis respecto a la situación del país, y el análisis respecto a regulaciones extranjeras, generan unos términos de referencia mínimos que deberían cumplir los proyectos del Ministerio de Obras públicas. La solicitud de información del proyecto, el nivel de detalle y el equipo humano exigido depende del tipo de proyecto, cuantía y área a desarrollar.

### 5.1.6 México

Con el objetivo de buscar la implementación de tecnología para el incremento de la productividad de la industria de la construcción en México, en 1994 la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) creó la Fundación de la Industria de la Construcción (FIC) (García, 2014).

Posteriormente, en el año 2014 y teniendo en cuenta que para el 2013 la industria de la construcción se posicionaba como la quinta actividad económica que mayor valor agregado generaba a la producción nacional y la segunda actividad económica con mayor capacidad de generación de empleo (García, 2014), y con el fin de acelerar el proceso de implementación de BIM y obtener una norma BIM en México (NMX), la FIC creó el grupo BIM Forum México con participantes de los diferentes grupos de interés de la industria.

Por otra parte, en el ámbito académico se ha ido introduciendo BIM como materia obligatoria en las principales universidades, todo en búsqueda de lograr apuntar a un mayor desarrollo y mejor competitividad de sector de la construcción en México. Aunque aún está en desarrollo la primera Norma BIM en México “Industria de la Construcción-NMX-000-11-2015 Modelado de Información para la Construcción”, se ha generado el uso de BIM para proyectos públicos como lo es el Nuevo Aeropuerto Internacional de México, en el cual todas las disciplinas involucradas usan la metodología BIM (Cruz, 2017).

#### Recomendaciones para desarrollar estrategia BIM en México:

Con el propósito de contribuir a la estrategia para el desarrollo de BIM en México, en el año 2015, la embajada del Reino Unido en México creó el documento titulado “Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia”, basados en la experiencia tenida en el Reino Unido (ARCADIS, 2015).

Analizando el documento de referencia vemos que los temas tratados principalmente son los siguientes:

- Generalidades del BIM y la estrategia de implementación en el Reino Unido.
- Recomendaciones para el desarrollo de una estrategia del BIM en México.
- Análisis de la disponibilidad de BIM en México.
- Análisis de la estrategia de BIM en el Reino Unido, su implementación y casos prácticos.
- Recomendaciones e implicaciones para la implementación de BIM en México.

Cabe resaltar, que basados en la experiencia del Reino Unido, las principales recomendaciones para el desarrollo de una estrategia de BIM en México se presentan a continuación y se desarrollan a profundidad en el texto de referencia:

- Concentrarse en estrategias eficientes para la adopción de la metodología BIM, con las cuales el cliente y los usuarios finales puedan obtener beneficios inmediatos.

- Debe incluirse en el contenido el aspecto tecnológico, de procesos y cultural.
- La estrategia debe estar enfocada en atender los intereses y necesidades específicas encontradas.
- Deben desarrollarse normas y procesos para facilitar el intercambio de información.
- Debe realizarse en fases para tener el tiempo suficiente para el desarrollo de capacidades, habilidades y procesos.

## 5.2 Resultados investigación sobre seguimiento y control proyectos en Colombia

### 5.2.1 Regulación Colombiana contratación pública:

Analizando la bibliografía se identificó que para la ejecución de obras financiadas con recursos públicos, en el país contamos con leyes y guías que regulan el uso de los recursos públicos y con base en las cuales se ejecuta la contratación de obras públicas.

Una de estas leyes es La ley 80 de 1993, la cual nació como un marco normativo de la actividad estatal que indica el estatuto general de contratación de la administración pública, indicando las principales reglas y principios por las que se debe regir la contratación (Congreso de Colombia, 1993).

El artículo 32 de la ley 80 define el contrato de obra pública como “aquel que celebran las entidades estatales para la construcción, mantenimiento, instalación y en general para la realización de cualquier otro trabajo material sobre bienes inmuebles”.

Esta ley ha sido modificada y complementada por la ley 1150 del 2017, por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos; la ley 1474 del 2011 por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública; y la ley 1682 del 2013 por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.

Con el fin de generar una política clara y unificada en materia de compras y de contratación pública, que sirvieran como guía a los administradores públicos en la gestión y ejecución de recursos para poder medir, monitorear y evaluar y lograr una mayor transparencia en las compras y contratación pública, el 3 de noviembre del 2011 se crea la Agencia Nacional de contratación pública – *Colombia compra eficiente* (Republica de Colombia, 2011).

Dentro de las guías de *Colombia Compra Eficiente*, que sirven para analizar cómo se hace la contratación y seguimiento y control a las obras públicas en el país resaltamos la guía para los procesos de contratación de obra pública y la guía de supervisores e interventores.

### 5.2.2 Papel de curaduría urbana:

Previo al desarrollo de edificaciones, áreas de circulación, zonas comunales, de conformidad con lo estipulado en el Plan de Ordenamiento territorial, se debe solicitar la autorización para ejecutar las actividades, la cual se hacen viables a través de la expedición de la licencia de construcción. (Curaduría, 2018). El requisito de licencia de construcción es para todo tipo de construcción ya sean obras nueva, ampliaciones, modificaciones, reforzamiento estructural, dentro de lo que cabe cualquier tipo de edificación financiada con recursos públicos. No se requiere cuando se trate de obras menores.

De acuerdo a lo indicado en la ley 388 del 97, el curador urbano, es quien se encarga de estudiar, tramitar y expedir las licencias de urbanismo o construcción a petición del interesado en ejecutar proyectos de edificación. Los curadores deben verificar la concordancia de los proyectos que están solicitando la licencia. (Congreso, 1997).

Para lo anterior solicitan entre otras la radicación de los siguientes documentos técnicos (Curaduría, 2018) :

- Memorias de los cálculos y diseños estructurales
- Memorias de diseño de los elementos no estructurales
- Estudios geotécnicos y de suelos
- Planos estructurales del proyecto
- Proyecto arquitectónico que debe incluir localización, plantas, cortes de la edificación, fachadas, plano de cubiertas y cuadro de áreas.

La documentación solicitada debe ser presentada en formato físico con sus correspondientes firmas originales. Lo anterior podría impedir que el curador pueda revisar a cabalidad la concordancia y coherencia entre diferentes especialidades, y su papel se puede limitar a la revisión de entrega completa de la información.

### 5.2.3 Metodología MGA:

Con el fin de proteger la inversión pública mediante la correcta formulación de proyectos, la Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas del Departamento Nacional de Planeación, desarrolló una aplicación informática denominada Metodología General Ajustada (MGA), en la cual se registra la información de los proyectos en un orden lógico para la formulación y evaluación del proyecto que incluya iniciativa de inversión pública (DNP, 2015).

La metodología MGA está compuesta por cuatro (4) módulos básicos donde se debe introducir la información del proyecto en el software (DNP, 2015):

- El primero denominado identificación del problema o necesidad, en el cual se define el problema y las posibles alternativas de solución.
- El segundo denominado preparación de la alternativa de solución, el cual con el soporte de diferentes estudios, desarrollan las alternativas en diferentes ámbito como

- especificaciones técnicas, restricciones de mercado, aspectos legales ambientales, presupuestales, efectos sociales y riesgos que puedan generar la ejecución del proyecto.
- En el tercer módulo denominado evaluación de las alternativas, en el cual se valora la conveniencia de llevar a cabo cada alternativa de acuerdo con los beneficios sociales netos que resultan de los diferentes estudios y análisis desarrollados previamente.
  - Finalmente el cuarto módulo denominado toma de decisión y programación, permite planificar las fuentes de financiación, y concluir una matriz resumen de aquella alternativa de inversión seleccionada luego de aplicar los criterios de evaluación respectivos.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por Betancourt y Garzón en el año 2015, en el cual realizan la comparación mediante aplicación de la metodología MGA y la metodología PMI, se pueden encontrar las siguientes brechas para la metodología MGA (Betancourt & Garzón , 2015):

- La herramienta permite llegar hasta la etapa de pre inversión y en la etapa de ejecución carece de seguimiento y control que se articule con la formulación presentada.
- Las actividades no son presentadas de manera lógica, ni se establecen riesgos o responsables asociados a las actividades ni tiempo de ejecución de cada actividad.
- No existe una metodología para el seguimiento a los cronogramas, ni creación de medidas de control para mitigar demoras.
- No se realiza un seguimiento detallado al presupuesto de ejecución el proyecto.
- El análisis de riesgos es superficial sin grado de detalle y control.
- No cuenta con un plan de calidad, unas métricas para el control de los proyectos ni una matriz causa- efecto que permitan realizar una inspección y un control bajo unos parámetros establecidos.

Pese a que este tipo de metodología es obligatoria para poder presentar el proyecto a financiación de recursos públicos, su fin principal es lograr registrar, presentar y estructurar proyectos de inversión pública, el cual no está directamente relacionado con la coherencia entre la información técnica como lo puede subsanar la metodología BIM. Estos dos tipos de metodologías deberán trabajar como complemento para así generar una adecuada inversión, seguimiento y control de los proyectos financiados con recursos públicos.

#### 5.2.4 Guía procesos de contratación de obra pública (G-GPCOP-01):

La guía de procesos de contratación de obra pública creada por el Gobierno de Colombia a través de *Colombia Compra Eficiente*, es publicada con el propósito de difundir las normas, reglas, procedimientos, medios tecnológicos y mejores prácticas para el sistema de compra pública (Colombia Compra Eficiente, 2017) .

La guía se divide en 3 fases: planeación de procesos en contratación de obra pública, ejecución de procesos en contratación de obra pública y calidad en contratos de obra pública.

Del documento es importante hacer énfasis en lo siguiente:

- En la fase de planeación se solicita que se cuente con los estudios de ingeniería, aspectos presupuestales, identificación de impactos, identificación de permisos, autorizaciones y licencias y una proyección de la gestión predial. De igual forma se identifica la modalidad de selección y el método de forma de pago.
- En la fase de ejecución se hace énfasis en la necesidad de contratar un interventor o un supervisor quien realice el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico para la correcta ejecución del contrato.
- Finalmente en la fase de calidad no solamente se relaciona la calidad de materiales si no en la conformidad de los mismos de acuerdo a sus especificaciones.

Es importante recalcar que esta guía indica la necesidad de tener la información técnica respectiva de apoyo a la contratación, pero no se establecen requisitos de los parámetros para presentar esta información.

#### 5.2.5 Guía supervisores e interventores (G-EFSICE-02):

La Guía para el ejercicio de las funciones de supervisión e interventoría de los contratos suscritos por las Entidades Estatales publicada por el Gobierno de Colombia a través de *Colombia Compra Eficiente*, hace énfasis en los roles de supervisores e interventorías, su selección y designación, ejercicio, responsabilidades y prohibiciones.

Como se indica en la guía, tanto la interventoría como la supervisión deben realizar una revisión y seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico de acuerdo con su nivel de especialización. Dentro de su ejercicio cabe resaltar que deben hacer seguimiento del cumplimiento del plazo del contrato y de los cronogramas previstos en el contrato, al igual que la identificación de la necesidad de cambios o ajustes. Las faltas que cometan en sus funciones por actuaciones u omisiones podrán ser castigadas civil, fiscal, penal o disciplinariamente.

La guía indica la importancia de la supervisión e interventoría, pero no se indican los procedimientos mínimos que deberían realizarse en el cumplimiento de sus obligaciones.

#### 5.2.6 Manuales para la presentación de proyectos:

Cada una de las Entidades Estatales establece los lineamientos que los Entes Territoriales deben atender para presentar proyectos de infraestructura que busquen ser financiados en el marco de la gestión de cada uno de los programas propios de la entidad. En estas guías y manuales propias de cada Entidad se brindan orientaciones encaminadas a abordar la planeación, formulación, ejecución y operación de los proyectos.

Se revisaron diferentes guías de las entidades dentro de las que se encuentran:

- Guía General para la planeación, formulación, ejecución y operación de proyectos de infraestructura cultural, desarrollada por el Ministerio de Cultura en el año 2011.
- Manual para la destinación de recursos y presentación de proyectos desarrollado por el Ministerio de comercio, industria y turismo en el año 2012.
- Guía No 47- Formulación de proyectos del sector educativo en el marco del sistema General de Regalías, desarrollado por el Ministerio de Educación en el año 2013.
- Guía para la presentación de proyectos del Fondo Nacional de Seguridad y Convivencia ciudadana – FOSECON, desarrollada por el Ministerio del Interior en el 2016.
- Manual para la presentación de proyectos de infraestructura social, desarrollada por Prosperidad Social en el año 2017.

Respecto a la inversión pública en infraestructura, las guías y manuales previamente indicadas, dentro de sus requisitos de financiación de este tipo de proyectos solicitan de manera general las siguientes exigencias relacionadas con la presentación de los proyectos:

- Planteamiento claro del proyecto.
- Entrega del proyecto arquitectónico (cuando aplique).
- Entrega de estudios y diseños técnicos (cuando aplique).
- Entrega de licencias (cuando aplique).
- Entrega de presupuestos.
- Entrega de guías y presupuestos para operación y mantenimiento (cuando aplique).

Dentro de los requisitos técnicos generales se pueden destacar (Prosperidad Social, 2017):

- Memorias de cálculo de cantidades de obra.
- Presupuesto detallado con APUs e insumos.
- Topografía y estudio de suelos.
- Diseño por especialidad con especificaciones, memorias de cálculo y detalles constructivos, plantas y cortes.
- Especificaciones técnicas de construcción.
- Cronograma de ejecución.

La documentación solicitada respecto a los proyectos se solicita en formato físico impreso y en formato digital en PDF. En caso de aportar diseños se debe presentar en formato DWG y las carteras topográficas en .TXT (Prosperidad Social, 2017).

Las diferentes leyes, decretos y guías que regulan la presentación, ejecución, seguimiento y control de inversión pública en proyectos de edificación en el País, indican que para su financiación deben ser proyectos que técnicamente cumplan con cierto nivel de desarrollo dependiendo de nivel de madurez del proyecto, y deja en claro los diferentes requisitos técnicos debidamente soportados como planos, especificaciones y presupuestos. De igual forma define el ejercicio que debe cumplir la interventoría y supervisión con el fin de lograr hacer el seguimiento adecuado en las diferentes etapas de un proyecto.

Sin embargo, la falta de interrelación entre las diferentes fases de un proyecto, la falta de interacción de los diferentes actores entre las fases del proyecto, y la exigencia básica de presentar la mayoría de documentos en PDF, .DWG o algún formato de texto, generan brechas a la hora de cumplir con lo estipulado. De esta forma, lograr el seguimiento y control exigido en los manuales, puede presentar tropiezos principalmente en lo relacionado con el manejo de la información y consecución de información de origen de los proyectos.

### 5.3 Resultados encuesta

En el Anexo 1 se encuentra el listado de preguntas realizadas a través de la encuesta virtual. De las 450 encuestas enviadas, se obtuvo respuesta de 276 personas, aun cuando se enviaron en repetidas ocasiones las solicitudes para su diligenciamiento. La encuesta constó de 33 preguntas que se dividieron en 6 secciones de acuerdo al tema. Los resultados por secciones fueron los siguientes:

#### 5.3.1 Caracterización del encuestado:

El objetivo de esta sección era determinar la caracterización del personal encuestado, el cual de acuerdo a los resultados fue un grupo heterogéneo de diferentes ciudades, edades y profesiones.

La Figura 7 y Figura 8 caracterizan la ciudad de residencia y el rango de edad de los encuestados, indicando que la mayoría, con el 63% viven en Bogotá y su edad oscila entre los 31 y 40 años principalmente (49%). El 22% indicó vivir en otras ciudades principales como Cali, Medellín, Bucaramanga y Barranquilla.

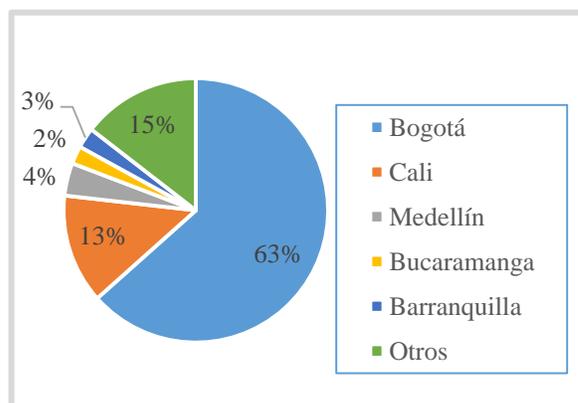


Figura 7. Ciudad de residencia: Selección

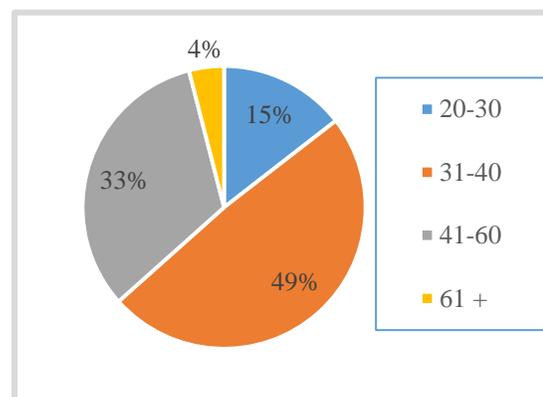


Figura 8. Rango de edad: Selección única

Las profesiones de los encuestados fueron principalmente ingeniería civil con el 49% y arquitectura con el 33% como se puede ver en la Figura 9. Por otra parte, como se evidencia

en la Figura 10, la principal experiencia de los encuestados fue en construcción con el 65%, seguido de supervisión a proyectos (54%), diseño (52%) e interventoría (44%).

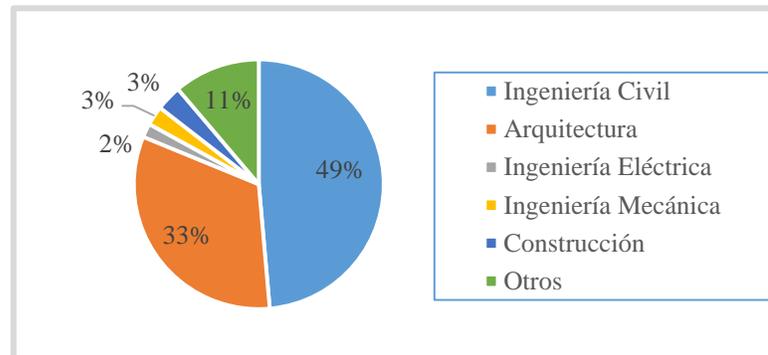


Figura 9. Profesión: Selección única

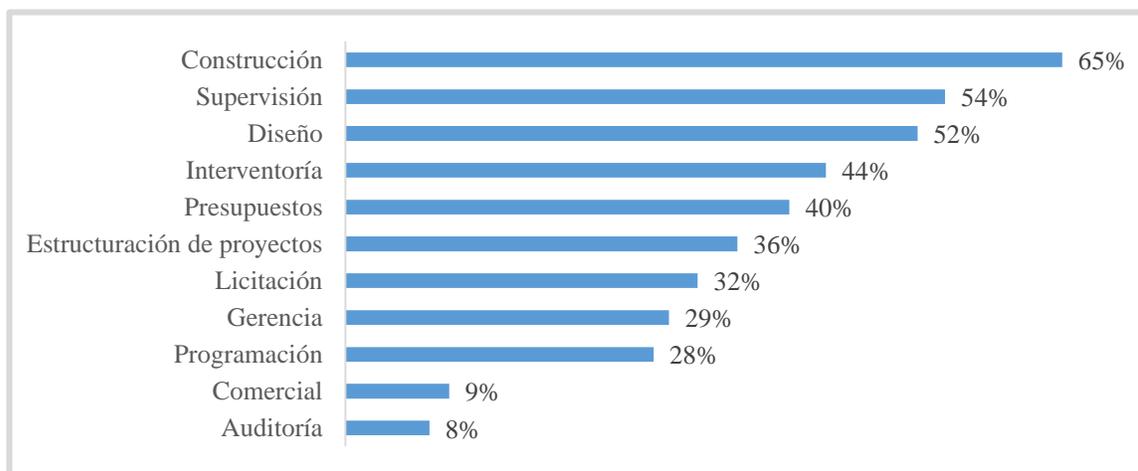


Figura 10. Experiencia profesional: Selección múltiple

Respecto a la pregunta No. 5, ¿con cuáles entidades del estado ha participado en proyectos directa o indirectamente?, el 100% de los encuestados relacionaron una o varias entidades de orden regional o nacional con la que han trabajado.

### 5.3.2 Prácticas y procesos sobre la gestión de proyectos:

El objetivo de esta sección era determinar las prácticas más comunes respecto a la presentación de proyectos, y determinar algunos puntos clave respecto a la gestión de proyectos dentro de las empresas en las que laboran los encuestados.

Se preguntó de forma abierta sobre las prácticas de presentación de proyectos que se usan normalmente en los proyectos en el sector público (Figura 11), evidenciando que la mayoría, con el 94% indican que le exigen presentar sus proyectos en planos 2D (digitales o PDF); sin embargo se evidencia que el 83% de los encuestados no considera suficiente presentar proyectos solamente en planos 2D (Figura 12).

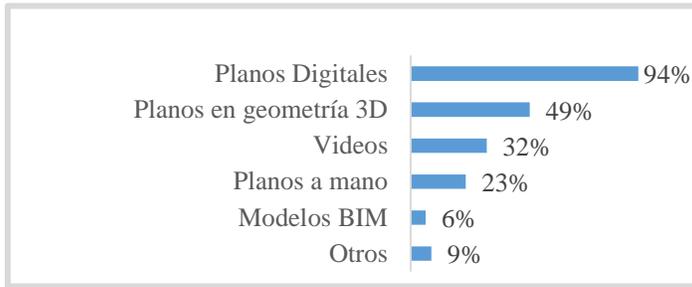


Figura 11. Prácticas en presentación de proyectos: Pregunta abierta

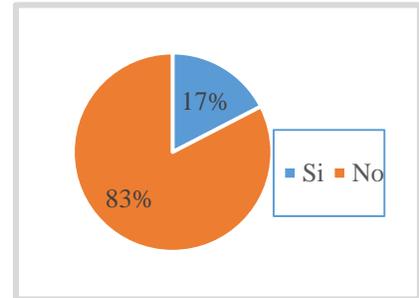


Figura 12. Es suficiente presentar proyectos en planos 2D

En concordancia con la respuesta referente a prácticas de presentación de proyectos, se evidencia en la Figura 13 que el principal formato en el que le exigen presentar a los encuestados los proyectos, son los relacionados con software AutoCAD (83%), seguido de Excel (45%) y PDF(41%); de igual forma, se cuestionó cuáles formatos manejan durante la ejecución de los proyectos (Figura 14) evidenciando que aparte de los exigidos utilizan otro tipo de formatos relacionados con software como Sketchup, Revit o ArchiCAD que en total suman el 17%.

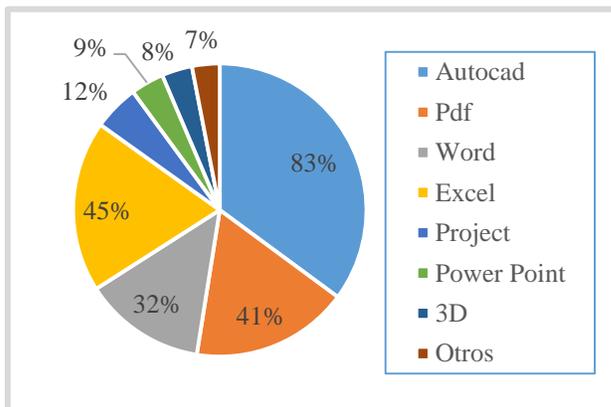


Figura 13. Formatos en que le exigen presentar los proyectos: Pregunta abierta

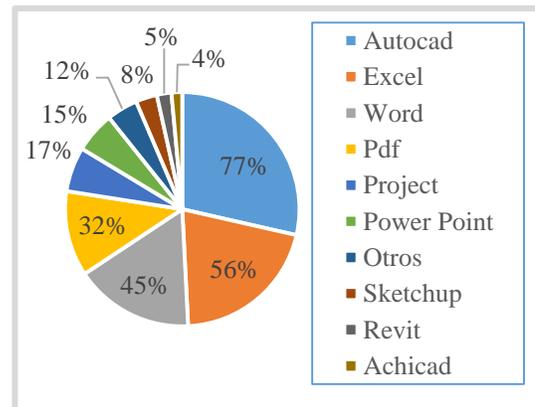


Figura 14. Formatos en que maneja para presentar los proyectos: Pregunta abierta

En relación al trabajo colaborativo y la forma de relacionar su trabajo con otras especialidades, la mayoría de encuestados indicaron que lo relacionaban a través de mesas de trabajo periódicas (85%), remitiendo la información a otras especialidades (80%) o compartiendo la información al subir la información a una nube (53%), como se evidencia en la Figura 15. Por otra parte, dentro de las prácticas de gestión de proyectos, el 54% de los encuestados indican que en menos del 50% de sus proyectos trabaja de forma colaborativa con otros involucrados, lo cual evidencia un bajo porcentaje de trabajo colaborativo entre especialidades como se puede ver en la Figura 16.

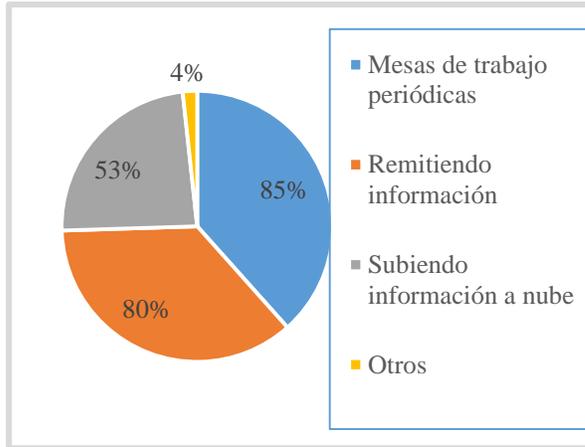


Figura 15. Cómo relaciona su trabajo con otras especialidades: Selección múltiple

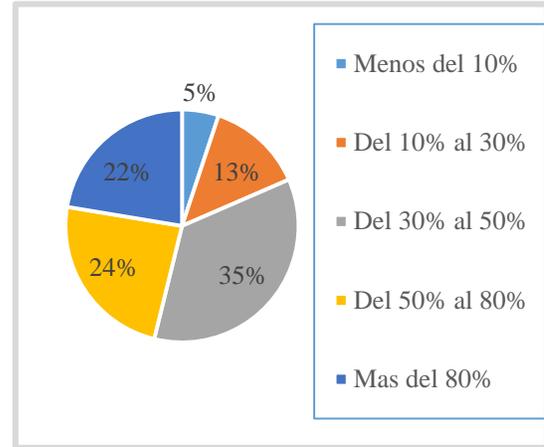


Figura 16. En qué porcentaje de proyectos colabora con otras especialidades: Selección única

En relación a las empresas del sector público en que han trabajado, el 58% de los encuestados indica que existe algún grado de estandarización en su empresa (no obligatorio) (Figura 17), el 51% indica que su empresa tiene algún interés en actualización de nuevas tecnologías (Figura 18), y el 47% indica que los roles de trabajo pueden ser compartidos (Figura 19).

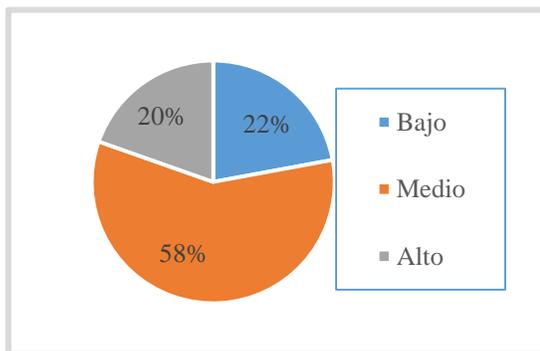


Figura 17. Nivel de estandarización de la empresa: Selección única

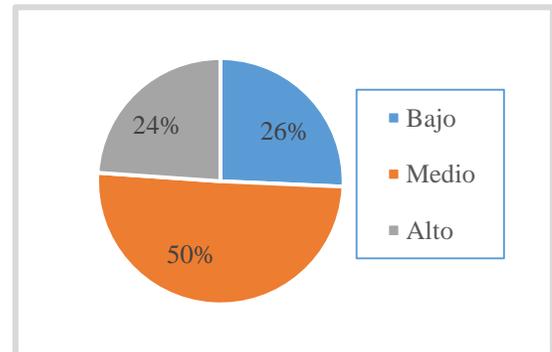


Figura 18. Nivel de compromiso con nuevas tecnologías: Selección única

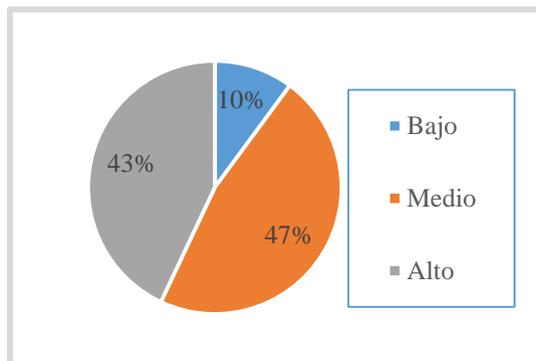


Figura 19. Nivel de definición de roles: Selección única

### 5.3.3 Software utilizado

El objetivo de esta sección era determinar los software que utilizan principalmente los encuestados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, al igual que su uso y conocimiento de software especializado de BIM.

Como resultado de las encuestas, se evidencia en las, Figura 21 y Figura 22 que el software más utilizado para diseño es AutoCAD (58%), en programación y control Excel (50%) y Project (36%), en construcción AutoCAD (38 %) y Excel (36%).

Respecto a la pregunta sobre el software utilizado para la etapa de mantenimiento de edificaciones y para la etapa de sostenibilidad y evaluación energética, el 82% y el 94% indicaron que no participaban en esa etapa respectivamente. Por lo cual los resultados obtenidos respecto a software utilizados no son válidos por el poco porcentaje de respuestas obtenidas.

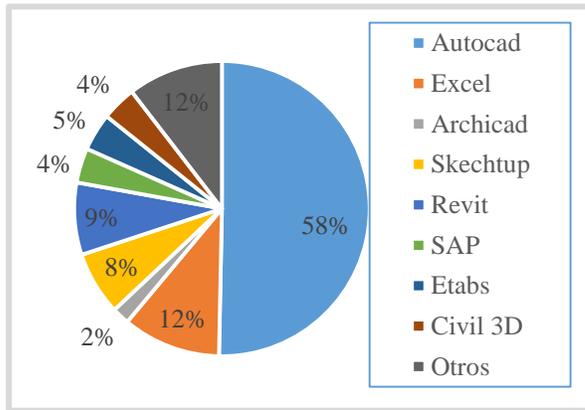


Figura 20. Software utilizado en diseño: Pregunta abierta

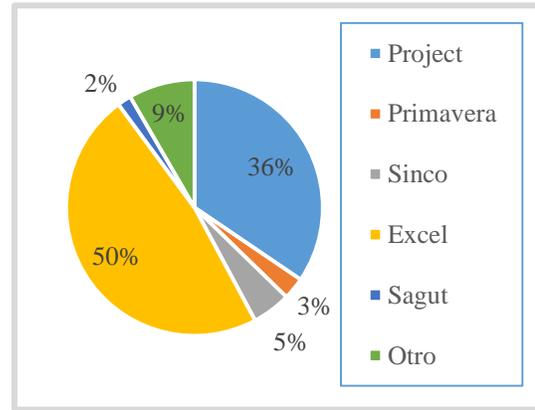


Figura 21. Software utilizado en programación y presupuesto: Pregunta abierta

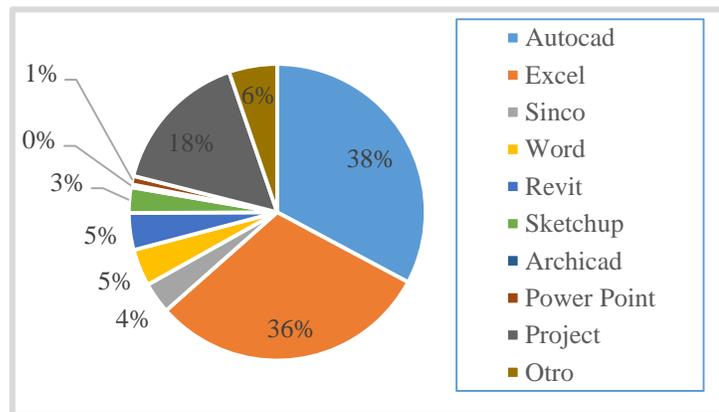


Figura 22. Software utilizado en construcción: Pregunta abierta

Los encuestados que indican tener algún conocimiento de BIM, mencionan que los software más utilizados son Revit (25%) y ArchiCAD (25%); a parte de estos dentro de los más conocidos pero no utilizados se encuentran Navisworks (14%) y Tekla (12%) como se ve reflejado en la Figura 23. Adicional a lo anterior, se evidencia que los software especializados anteriormente descritos se utilizan principalmente con el fin de diseñar (29%) como se observa en la gráfica Figura 24.

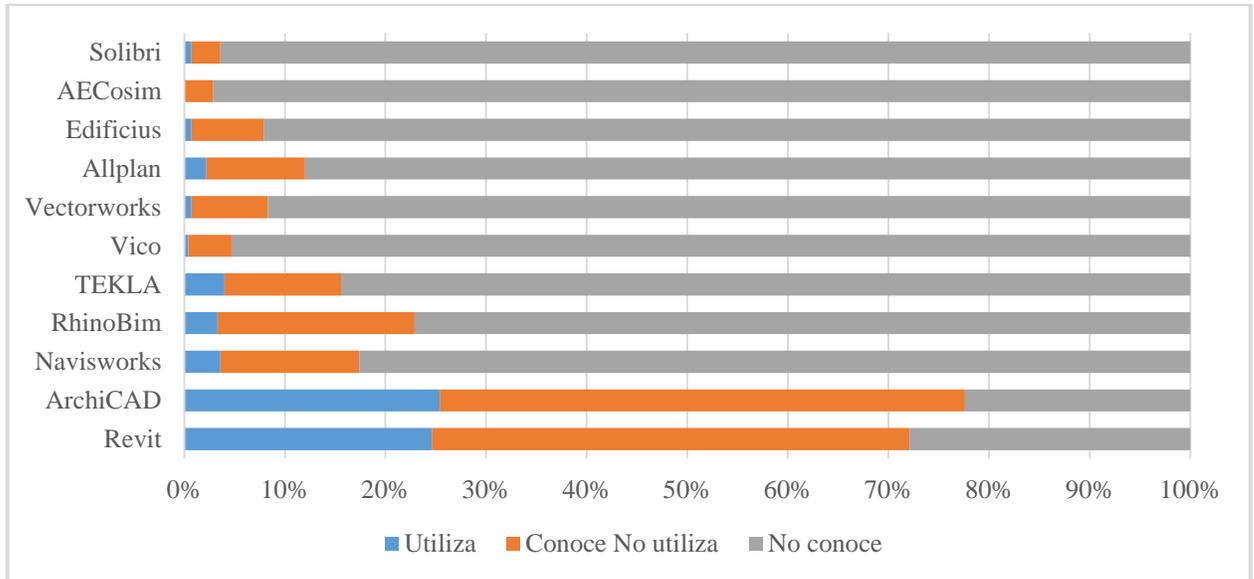


Figura 23. Uso de software BIM: Selección múltiple

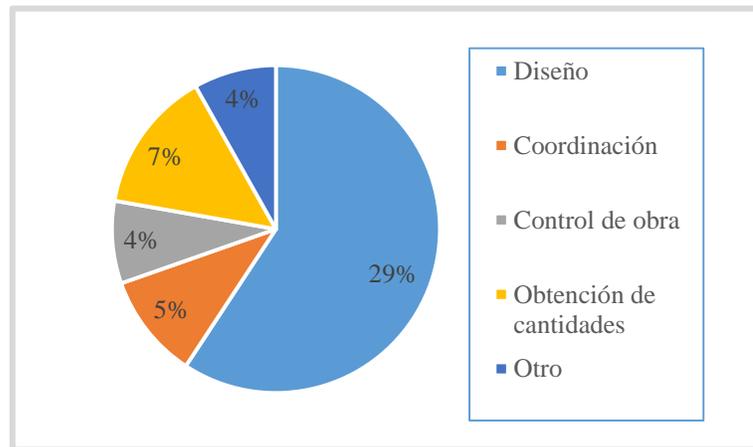


Figura 24. Finalidad del software especializado: Pregunta abierta

### 5.3.4 ¿Cuánto sabe de BIM?

El objetivo de esta sección era determinar el conocimiento que tienen los encuestados sobre la metodología BIM. Si el encuestado respondía afirmativamente que conocía BIM y que era usuario de BIM por alguna razón, continuaba con la siguiente sección de la encuesta, y en caso contrario se dirigía a la última pregunta de la encuesta.

De los resultados obtenidos se evidencia en la Figura 25, que el 49% de los encuestados indica haber oído hablar del BIM; de estos encuestados solo el 36% posee un conocimiento intermedio – alto y el 50% nivel de conocimiento bajo (Figura 26). De igual forma se evidencia que de los que han oído hablar de BIM (Figura 27), la mayoría (41%), indica que no es usuario BIM y el 33% indica que es usuario por iniciativa propia. En este punto se resalta que solo el 3% indica ser usuario por exigencia de terceros.

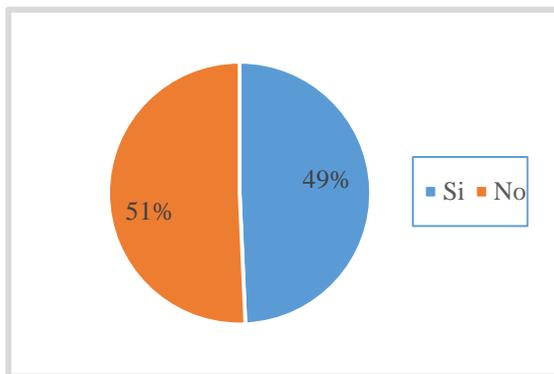


Figura 25. Ha oído hablar de BIM: Selección única

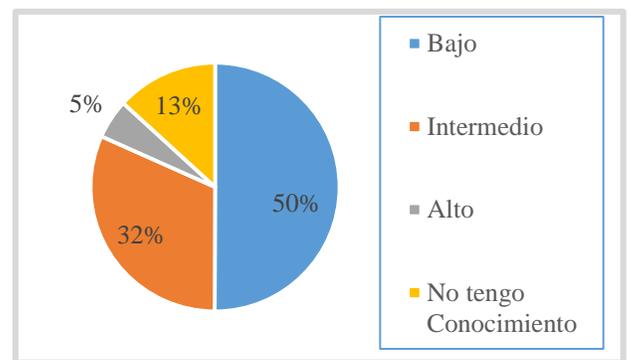


Figura 26. Conocimiento de BIM: Selección única

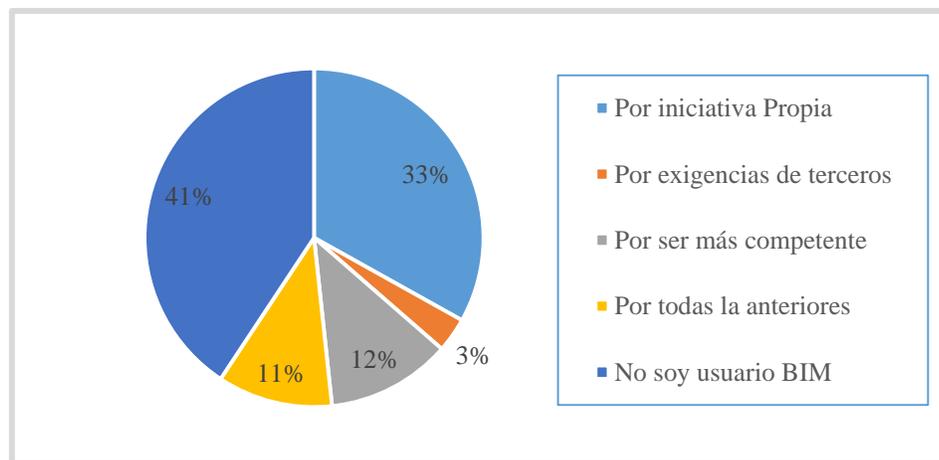


Figura 27. Por qué es usuario de BIM: Selección única

### 5.3.5 Uso de BIM

El objetivo de esta sección era determinar en qué etapas del ciclo de vida de los proyectos los encuestados han utilizado herramientas BIM, y las ventajas y barreras identificadas por ellos respecto a su implementación. A esta sección solo tuvieron acceso los encuestados que indicaron conocer BIM y ser usuarios BIM.

En la Figura 28 se evidencia que de los encuestados que han utilizado BIM, el mayor uso de herramientas BIM se dan para la especialidad arquitectónica (80%), y estructural (70%), seguido de las redes hidrosanitarias (54%), eléctrica (59%) y red contra incendio (37%). De igual forma, en relación a los resultados mencionados previamente, se evidencia que el mayor uso de herramientas BIM se da para la etapa de diseño (50%), como se ve en la Figura 29.

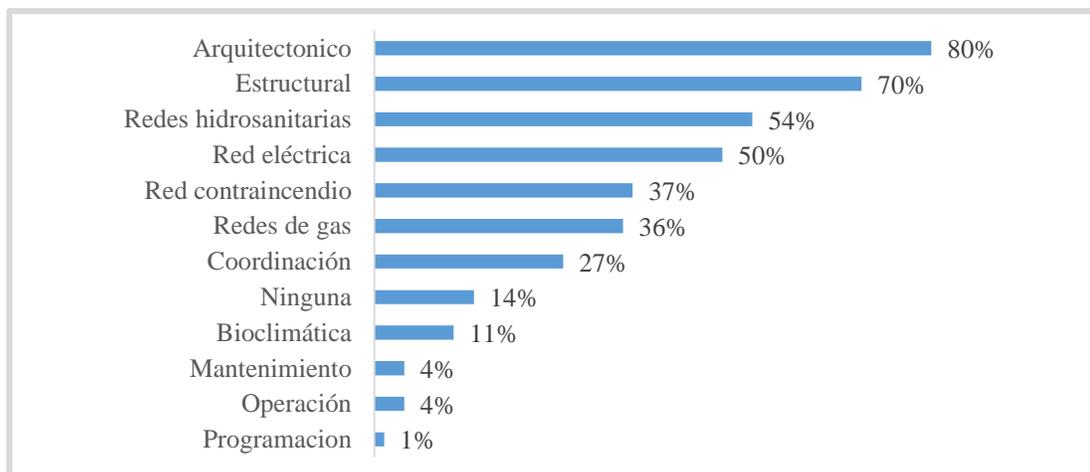


Figura 28. Especialidades en las que usa BIM: Selección múltiple

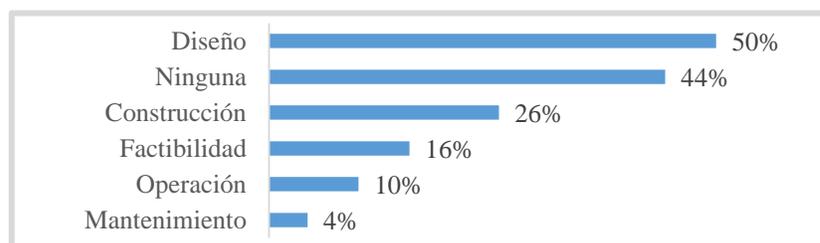


Figura 29. En qué etapas utiliza BIM: Selección múltiple

En la Figura 30 y Figura 31, se identifican las barreras y ventajas identificadas por los encuestados respecto al uso de BIM. La principal barrera asociada identificada es el tiempo de aprendizaje (60%), seguida del costo por el cambio de tecnología (59%), de la falta de apoyo por líderes de las empresas (43%) y la falta de solicitud por el cliente (40%).

La principal ventaja evidenciada es la identificación temprana de interferencias (74%), seguida de facilitar el trabajo entre profesionales (63%) y lograr un seguimiento y control del proyecto más efectivo (71%).



Figura 30. Ventajas identificadas de BIM: Selección múltiple

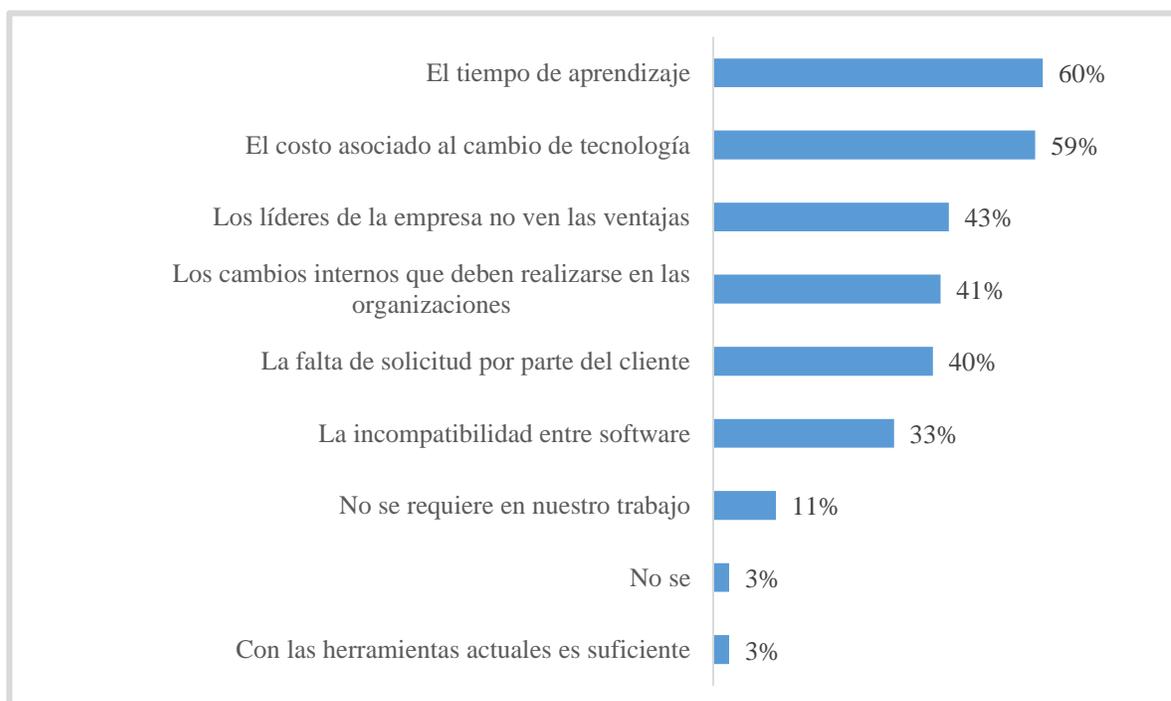


Figura 31. Barreras identificadas respecto a BIM: Selección múltiple

En relación a los beneficios obtenidos, de los encuestados que han utilizado BIM el 33% indica que siempre ha obtenido beneficios, como se ve en la Figura 32. Por otra parte, en la Figura 33 de igual forma, se evidencia que la mayoría de los encuestados usuarios de BIM, no han participado realmente en un proyecto BIM (36%), y de los que han participado la mayoría (33%) ha sido proyectos grandes de más de 800 SMMLV (Salarios mínimos mensuales legales vigentes).

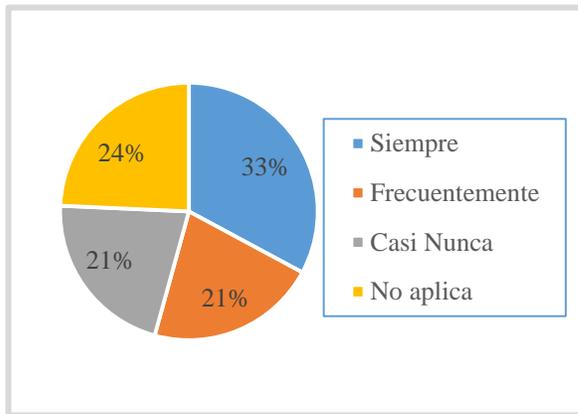


Figura 32. Ha obtenido beneficios con BIM: Pregunta abierta

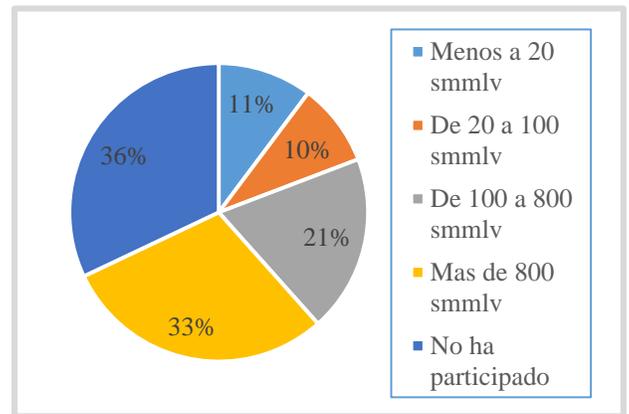


Figura 33. Magnitud de los proyectos en los que ha usado BIM: Selección múltiple

### 5.3.6 Percepción de BIM

El objetivo de esta sección era determinar la percepción sobre algunas afirmaciones relacionadas con el uso de BIM, al igual que determinar los principales costos que identifican los encuestados respecto al cambio de tecnología.

Respecto a las afirmaciones indicadas en la Figura 34, el 87% de los encuestados menciona estar de acuerdo en que BIM será una práctica generalizada en el futuro, en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción, y el 65% está en desacuerdo que sea útil solo en proyectos complejos.

Finalmente, con la pregunta aplicada a todos los encuestados, independientemente que fueran o no usuarios BIM, se evidenció que los mayores costos asociados al cambio de tecnología son principalmente la compra de licencias (49%), capacitaciones del personas (48%) y la compra de equipos (17%), tal como se refleja en la Figura 35.

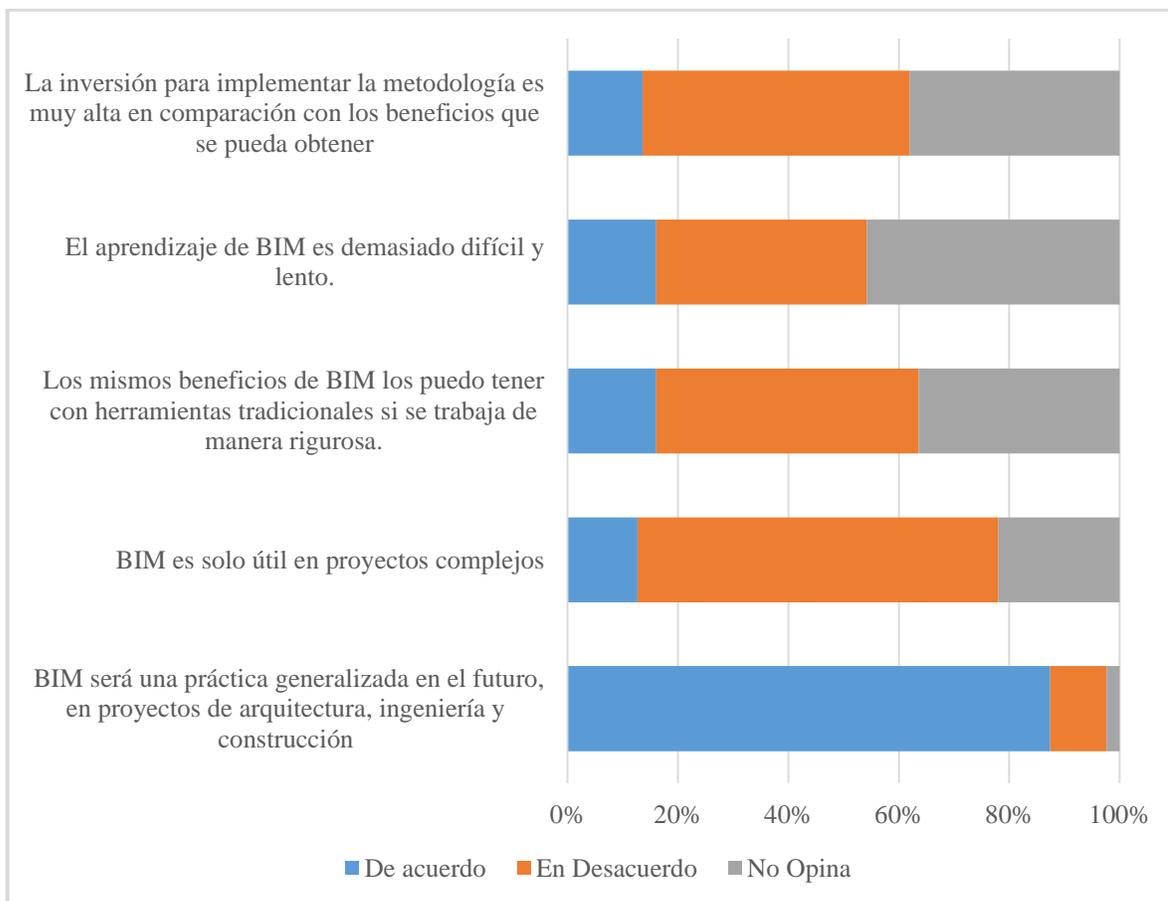


Figura 34. Percepción de BIM: Selección múltiple

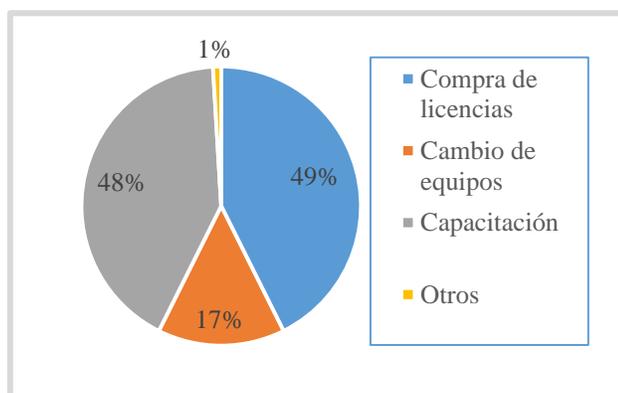


Figura 35. Costos asociados al cambio de tecnología: Pregunta abierta

## 5.4 Resultados validación del estándar

La propuesta de estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia generada a partir de la investigación realizada en relación a la implementación de BIM a nivel mundial, el seguimiento y control a los proyectos financiados con recursos públicos en el país y los resultados obtenidos por medio de las encuestas; fue compartida con profesionales del sector de la construcción que manifestaron interés en participar en la etapa de validación.

De las siete personas interesadas, se recibieron comentarios de cinco profesionales. A continuación se indican algunos de los comentarios recibidos:

- 1) Claudia Jimenez: arquitecta entre 31 y 40 años. Ha trabajado en estructuración y supervisión de proyectos en el Ministerio de Cultura. Su nivel de BIM es intermedio y lo utiliza por iniciativa propia. En resumen, sus comentarios respecto al estándar fueron los siguientes:
  - El documento presenta un buen marco conceptual y estado de arte sobre lo que corresponde a BIM.
  - El análisis que se genera por medio de la encuesta realizada es la base del planteamiento del documento y se convierte en la herramienta para justificar la idea central.
  - Luego de los pasos generales de implementación, se debería incluir una conclusión final con respecto al proceso y su conexión referente a cómo aplicarlo en una entidad pública.
  - El esquema de implementación sigue siendo un ideal por el estado actual del sector público. Se deberán incluir conclusiones enfocadas al sector público actual, donde los recursos para implementar la metodología son pocos.
- 2) Danny Rodriguez: arquitecto entre 31 y 40 años. Ha trabajado en diseño, construcción, supervisión, interventoría, estructuración de proyectos, presupuesto con varias Alcaldías. Su nivel de BIM es intermedio y lo utiliza por iniciativa propia. En resumen, sus comentarios respecto al estándar fueron los siguientes:
  - El estándar es interesante, pero ambicioso teniendo como punto de partida la baja capacidad técnica y económica que tienen la mayoría de municipios del país para la implementación de esta metodología que no se presume económica.
  - Se debe incluir mediante BIM alguna verificación del proyecto con el entorno, con el fin de determinar los impactos que traería en el paisaje existente, al igual que otras interferencias con proyectos públicos de demás entidades.
  - Se deberá evaluar para su implementación el costo de licencias y capacitaciones, y priorizar de acuerdo a necesidades de los municipios.
- 3) Diego Rozo: ingeniero civil entre 41 y 60 años. Ha trabajado en diseño, construcción, supervisión, interventoría, estructuración de proyectos, programación, presupuesto, licitación y gerencia con el Ministerio de Cultura y Ministerio de Educación. Su nivel de BIM es bajo y lo utiliza por iniciativa propia. En resumen, sus comentarios respecto al estándar fueron los siguientes:

- El enfoque que se le da al documento es el adecuado, pero se debería profundizar más con respecto al manejo de los presupuestos los cuales dependen de vigencias anuales y un PAC que maneja el Ministerio de Hacienda.
- 4) Claudia Giraldo: arquitecta entre 31 y 40 años. Ha trabajado en diseño, construcción, supervisión, interventoría, estructuración de proyectos, programación, presupuesto, licitación y gerencia en el sector privado. Su nivel de BIM es alto y lo utiliza por exigencia de terceros. En resumen, sus comentarios respecto al estándar fueron los siguientes:
- La propuesta de estándar me parece que es un ideal bastante ambicioso en el gremio de la construcción y la gerencia de proyectos arquitectónicos y obras civiles. De acuerdo a la experiencia de la constructora en la que trabajo, la capacitación con la tecnología BIM demanda de una inversión representativa en equipos, conexiones, almacenamiento de datos y capacitaciones.
  - Debido a las brechas existentes en los profesionales con respecto a la implementación de BIM, el personal antiguo y el nuevo deben ser capacitados desde ceros utilizando aproximadamente un día a la semana en este objetivo. Las universidades o colegios técnicos deberán incluir en sus programas este tipo de metodologías para todos los gremios que se involucran al sector de la construcción.
  - Si el Estado logra exigir el uso de BIM en sus proyectos, los recursos públicos serán más fáciles de cuidar con márgenes de error más pequeños, logrando su optimización.
- 5) Mario Arboleda: arquitecto entre 20 y 30 años. Ha trabajado en diseño, construcción, supervisión, interventoría, presupuesto con el Ministerio de Vivienda y el Departamento para la Prosperidad Social. Su nivel de BIM es intermedio, y lo utiliza por iniciativa propia y por ser más competente. En resumen, sus comentarios respecto al estándar fueron los siguientes:
- Sería interesante que en algún momento no muy lejano empecemos a tener la implementación de la metodología BIM como uso mandatorio para todo contratante con el Estado, como ya lo han hecho países desarrollados.
  - Considero interesante el estándar que actúa como una guía para que los diferentes roles tengan una hoja de ruta clara sin tener que afectar a los demás involucrados.
  - De acuerdo a la experiencia en el sector público, las entidades públicas dentro de su estructura interna no están capacitadas ni tienen inherencia en los procesos de formulación, diseño y construcción; los cuales son contratados con consultores, constructores e interventores. Sería muy interesante abrir un espacio dentro de las entidades que se encarguen de la interventoría de los diseños desde su formulación.
  - La etapa de mantenimiento debería ser el target de las entidades públicas. El ciclo de vida de un proyecto no acaba a la hora de ser construido, es en ese instante donde realmente empieza el edificio a trabajar y es en donde el agente público debe tener mayor participación porque el edificio ya hace parte de él. Y es él quien debe velar por su adecuado mantenimiento para que perdure en el tiempo.
  - Insertar los procesos de diseño dentro de las entidades públicas es el primer paso y luego capacitar al empleado público en estos temas y así analizar cómo los programas básicos que manejan se puedan ir poco a poco integrando al BIM.

Las observaciones de los participantes en la etapa de validación se resumen principalmente en los siguientes puntos:

- Generar conclusiones dentro del estándar con respecto a los pasos que se deben tener en cuenta por parte de las entidades públicas para lograr su implementación. En estas se deberá incluir el tema de priorización de recursos y manejo de presupuestos públicos.
- Incluir el uso de BIM para verificar la implantación del proyecto con el entorno y con otros proyectos públicos.
- Incluir un apartado respecto a la necesidad de implementar BIM desde el sector educación.

Acogiendo las observaciones de los participantes, quienes son personas con experiencia que conocen de la metodología BIM y también conocen el sector de obras públicas en Colombia, el resultado final del estándar se presenta en el Anexo 2.

El objetivo de esta propuesta de estándar es presentar una guía para lograr el desarrollo definitivo de un estándar que sea implementado a nivel nacional impulsado por el gobierno, que apunte a soportar en términos de BIM el ciclo completo de un proyecto. De igual forma, teniendo en cuenta los roles encontrados en la contratación pública en el país y los documentos de referencia como lo son las Guías de presentación de proyectos para las diferentes entidades públicas, la propuesta de estándar pretende dejar claros algunos aspectos que se deben incluir en documentos licitatorios, en roles de la supervisión y/o interventoría, y en las exigencias de cómo se deben presentar los proyectos a ser financiados con recursos públicos.

### 5.5 Resultados de la revalidación del estándar

La propuesta de estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia fue socializada el día 12 de junio de 2018 en un “Focus group” ante un grupo de profesionales del sector de la construcción, que previamente habían manifestado interés en participar en la revalidación de la propuesta.

En esta presentación participaron 7 profesionales del sector de la construcción de los cuales, 2 habían participado en la fase de validación de la propuesta. A continuación se presentan los comentarios principales recibidos en la presentación:

1. La propuesta de estándar incluye los requisitos mínimos que deberán considerar las entidades nacionales y territoriales al momento llevar a cabo la planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de los proyectos de construcción financiados con recursos públicos en el país.
2. La propuesta se considera ambiciosa, teniendo en cuenta que la ejecución de las diferentes fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción pública, se encuentran basados en metodologías tradicionales para el seguimiento y control de los proyectos.

Se considera como principal impedimento para lograr su aplicación en el sector, la inversión que se debe realizar al interior de cada entidad en cuanto a capacitación del recurso humano y tecnológico; considerando que en la actualidad, la aplicación de este tipo de metodologías es impulsada por pocas universidades en el país de forma no obligatoria.

3. Los proyectos de construcción de inversión pública son licitados con base en estudios y diseños poco detallados y cronogramas y presupuestos desfasados de la realidad. En el sector de construcción pública, existe el afán de ejecutar y no de planificar; es por esto que los inconvenientes que se presentan durante la ejecución de los proyectos se solucionan en la medida en que estos ocurren (sobre la marcha). En conclusión, el cambio en la forma de pensar en el sector y al interior de las entidades, es un reto que tendría que asumir el sector y el país, si se decide implementar este tipo de metodologías avanzadas de gestión. Es importante que las entidades nacionales y entidades territoriales, deban estar más involucradas en las etapas iniciales de los proyectos, teniendo en cuenta que el sector público no se encuentra muy involucrado en el desarrollo y ejecución de estas fases.
4. La propuesta permitiría unificar criterios para el seguimiento y control de los proyectos de construcción para las diferentes etapas de su ciclo de vida de acuerdo a la complejidad de los mismos; esto facilitaría la ejecución de los proyectos, teniendo en cuenta que los involucrados manejarían un mismo idioma sin que su trabajo interfiera con el de alguien más. Asimismo, se tendría una guía de ruta única clara en las diferentes entidades, es decir, que el lenguaje entre el cliente (estado) y los ejecutores estaría establecido.
5. Se debería indicar que tipo de proyectos serían susceptibles de aplicarles este tipo de metodologías.

# Capítulo 6

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo general planteado para el desarrollo de esta investigación, tal y como se indicó en la Fase I - *Recolección y análisis de la información* y la Fase II - *Realización de encuestas y análisis de información* del capítulo 3.1. *Metodología para desarrollo de investigación*, fue necesario recopilar la información referente a las rutas metodológicas de implementación de la metodología BIM que vienen siendo aplicadas de forma exitosa en diferentes países. Asimismo, realizar la búsqueda y análisis de las guías expedidas principalmente por entidades gubernamentales en diferentes países para la regulación de uso de BIM en la construcción. Finalmente, identificar la regulación actual con respecto a cómo se está realizando en la actualidad el seguimiento y control de los proyectos que involucran el uso de recursos públicos en proyectos de infraestructura en Colombia.

La fase de investigación del estado actual de la metodología BIM en Colombia, se complementó a través de la revisión bibliográfica y la realización de las encuestas, lo que permitió identificar el estado actual con respecto al uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) en proyectos de edificación financiados con recursos públicos en Colombia. Esta encuesta, se realizó a través del formulario virtual Google Forms y estaba dirigida a ingenieros, arquitectos, constructores, y en general a profesionales involucrados en proyectos constructivos financiados con recursos públicos en Colombia. La divulgación de esta encuesta se realizó por correo electrónico y en grupos de interés de redes sociales

Los resultados obtenidos a través de la encuesta, permitieron:

1. Determinar la caracterización del personal encuestado. De acuerdo a los resultados obtenidos, la población encuestada es un grupo heterogéneo de diferentes ciudades, edades y profesiones.
2. Establecer las prácticas más comunes respecto a la presentación de proyectos, y determinar algunos puntos clave relacionados con la gestión de proyectos dentro de las empresas en las cuales laboran los profesionales encuestados.
3. Especificar los software que utilizan principalmente los profesionales encuestados, durante la ejecución de las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos en las que participan. Asimismo, se logró determinar el cocimiento actual con respecto al

- uso de la metodología BIM, así también como, la forma y las etapas del ciclo de vida de los proyectos en la que los profesional encuestados aplican esta metodología.
4. Identificar las ventajas y barreras identificadas por los profesionales encuestados, en relación a la implementación de la metodología BIM.
  5. Definir los principales costos que identifican los encuestados respecto al cambio de tecnología.

Con base a los resultados obtenidos en la encuesta, se logró definir el proceso para implementar la metodología BIM en proyectos de construcción financiados con recursos públicos en Colombia. Adicionalmente, se establecieron una serie de requisitos mínimos y definiciones que deberá tener en cuenta el Estado al momento de planificar la ejecución de proyectos susceptibles de ser financiados con recursos públicos de la Nación. Este proceso se encuentra definido a través de la propuesta de estándar desarrollada en la presente investigación (ver Anexo 2).

A continuación, se precisan en detalle los resultados obtenidos a través de la revisión bibliográfica y de las encuestas realizadas a los profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia. Estos resultados, fueron el principal insumo para la elaboración de la propuesta de estándar.

### 6.1 Discusión resultados de la encuesta

Durante la Fase I - *Recolección y análisis de la información* y Fase II - *Realización de encuestas y análisis de información*, se logró identificar que en la actualidad el sector de la construcción financiada con recursos públicos en Colombia, se encuentra ejecutando sus proyectos de inversión nacional basados en metodologías y herramientas tecnológicas tradicionales; es decir, no existe una metodología de gestión que promueva el trabajo colaborativo entre las partes involucradas en las diferente etapas del ciclo de vida de los proyectos.

A partir de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas durante el desarrollo de la presente investigación, se logró corroborar lo indicado en la investigación de Gómez Sánchez y Rojas Quintero realizada en el año 2016, en donde a través de encuestas lograron determinar que el uso y la implementación de la metodología BIM en el país es muy bajo, sin embargo el 100% de los encuestados señalaron estar de acuerdo en que en los próximos 10 años, la metodología BIM sería usada de manera continua, asimismo informaron que la falta de uso de este tipo de metodologías se encuentra asociada a que no es solicitada por parte de los clientes.

Los resultados del sondeo realizado a profesionales del sector de la construcción financiada con recursos públicos en Colombia, lograron establecer que el uso de metodologías avanzadas de gestión como lo es BIM en el sector público, requiere de superar las barreras existentes, que se encuentran ligadas a los altos costos asociados a su implementación, falta de personal capacitado, alta resistencia al cambio, alta inversión en hardware y software.

Estos resultados pudieron ser confirmados, teniendo en cuenta el estudio realizado en el año 2015 por Botero e Isaza; en donde un gran porcentaje de profesionales encuestados, por temor, precaución, desconocimiento o por los costos asociados al cambio de tecnología desaprovechan las ventajas asociadas al uso de la metodología BIM en los proyectos de construcción.

Asimismo, la encuesta realizada corroboró los resultados encontrados en otras investigaciones llevadas a cabo en el país, en donde se había identificado previamente que en Colombia los proyectos de construcción de edificación se encuentran basados en metodologías tradicionales de gestión y gerencia de proyectos (planos 2D, manuales y procedimientos acondicionados a los requerimientos de cada empresa), lo que tiene un impacto negativo sobre la comunicación entre las partes involucradas dentro del ciclo de vida de los mismos, ocasionando problemas en etapas de diseños, en etapa de ejecución y en etapa de operación incrementando así los costos y generando pérdidas de tiempo (Sierra Aponte, 2016).

BIM es una metodología colaborativa de gestión utilizada en gran medida a nivel mundial, sin embargo en Colombia su adopción es baja tal y como lo comprueban las respuestas de los encuestados y la bibliografía consultada. Un alto porcentaje de los encuestados (87%) reconoció que BIM será una práctica generalizada en los proyectos de construcción, no obstante son varias las razones que argumentan el bajo nivel de utilización y adopción del BIM como una práctica generalizada, entre estas barreras se destacan: los mayores costos asociados al cambio de tecnología, principalmente la compra de licencias (49%), capacitaciones del personas (48%) y la compra de equipos (17%), no hay claridad en el sector público con respecto a los beneficios que representa el uso de esta metodología en los proyectos de edificación, así también como los cambios que se deberían realizar al interior del sector con el objeto de adoptar esta nueva metodología de trabajo colaborativo.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos se puede indicar que el uso de la metodología BIM en el país se encuentra tomando fuerza en el Sector privado, teniendo en cuenta que su uso es impulsado por las grandes constructoras del país como lo son Amarillo, Colpatria y Construcciones Planificadas, al igual que por la creación de empresas consultoras especializadas.

En relación con lo anterior, a través de las encuestas realizadas durante la presente investigación se logró identificar como un aspecto urgente, la incorporación de nuevas técnicas y metodologías, que permitan optimizar los recursos que se encuentran implicados durante el desarrollo de los proyectos financiados con recursos públicos; por lo cual, objetivo de esta propuesta de estándar, está enfocado a potenciar los recursos y poder tener una base común entre los distintos interlocutores implicados en la gestión de los proyectos, con el fin de generar un intercambio de información de todo tipo, a lo largo de toda la vida del proyecto, y entre todas las entidades que participan en el proceso; lo anterior, asegurando que la construcción sea de alta calidad, eficiente, segura y conforme con un desarrollo sostenible.

## 6.2 Discusión resultados del estándar

Con base en los comentarios y observaciones realizados por los profesionales que participaron en la etapa de validación y que se encuentran incluidas en el capítulo 4.4. *Resultados validación del estándar* del presente documento; la propuesta del estándar fue ajustada. En consecuencia, se incluyó dentro de la propuesta un capítulo en el que se presentan los aspectos a tener en cuenta para la implementación de BIM en los proyectos de inversión pública (a nivel de estado, entidad pública y educación), en espera que a futuro la propuesta de estándar presente las bases suficientes para realizar un seguimiento exhaustivo a los proyectos que son contratados con recursos públicos permitiendo un mejor manejo y control del presupuesto asignado y los plazos establecidos. La Tabla 3, muestra las observaciones presentadas en la fase de validación, adicionalmente, se indica en que sección del estándar éstas son acogidas.

| Comentario  | Estándar |       | Capítulo del estándar   | Sección   |
|---|----------|-------|---|---|
|   | Estaba   | Nuevo |   |   |
| Generar conclusiones dentro del estándar con respecto a los pasos que se deben tener en cuenta por parte de las entidades públicas para lograr su implementación. En estas se deberá incluir el tema de priorización de recursos y manejo de presupuestos públicos. |          | X     | 6.5 Aspectos claves para su implementación                                | 6.5.1 A nivel Estado<br>6.5.2 A nivel Entidad Nacional y Ente Territorial |
| Incluir el uso de BIM para verificar la implantación del proyecto con el entorno y con otros proyectos públicos.  |          | X     | 6.4 Generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto |   |
| El esquema de implementación sigue siendo un ideal por el estado actual del sector público. Se deberán incluir conclusiones enfocadas al sector público actual, donde los recursos para implementar la metodología son pocos.                                       |          | X     | 6.5 Aspectos claves para su implementación                                | 6.5.1 A nivel Estado<br>6.5.2 A nivel Entidad Nacional y Ente Territorial |
| El enfoque que se le da al documento es el adecuado, pero se debería profundizar más con respecto al manejo de los presupuestos los cuales dependen de vigencias anuales.   |          | X     | 6.5 Aspectos claves para su implementación                                | 6.5.1 A nivel Estado<br>6.5.2 A nivel Entidad Nacional y Ente Territorial |

Tabla 3. Capítulos del estándar en donde fueron incluidas las observaciones de la fase de validación (fuente propia)

| Comentario  | Estándar |       | Capítulo del estándar   | Sección  |
|---|----------|-------|---|--|
|   | Estaba   | Nuevo |   |  |
| Debido a las brechas existentes en los profesionales con respecto a la implementación de BIM, el personal antiguo y el nuevo deben ser capacitados desde ceros utilizando aproximadamente un día a la semana en este objetivo. Las universidades o colegios técnicos deberán incluir en sus programas este tipo de metodologías para todos los gremios que se involucran el sector de la construcción.          |          | X     | 6.5 Aspectos claves para su implementación                                | 6.5.3 A nivel Educación                        |
| La etapa de mantenimiento debería ser el target de las entidades públicas. El ciclo de vida de un proyecto no acaba a la hora de ser construido, es en ese instante donde realmente empieza el edificio a trabajar y es en donde el agente público debe tener mayor participación porque el edificio ya hace parte de él. Y es él quien debe velar por su adecuado mantenimiento para que perdure en el tiempo. | X        |       | 6.4 Generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto | 6.4.8 Puesta en funcionamiento y mantenimiento |

Tabla 3 – Continuación. Capítulos del estándar en donde fueron incluidas las observaciones de la fase de validación (fuente propia)

Asimismo, en la Fase de validación de la propuesta de estándar por parte de los profesionales a los que se les fue socializado el documento; se logró identificar que las observaciones recibidas más relevantes, se ajustan a la realidad existente dentro del sector de la construcción de proyectos financiados con recursos públicos en Colombia; éstas habían sido identificadas previamente en la Fase I - **Recolección y análisis de la información**, Fase II - **Realización de encuestas y análisis de información** y Fase III – **Elaboración y validación de la propuesta de estándar de implementación**. A continuación, se presentan las principales validaciones generadas a partir de las observaciones recibidas por parte de los participantes en la etapa de validación y revalidación:

- Con la aplicación de la metodología BIM en los proyectos de edificación, se lograrán mejores resultados al tener una mayor precisión durante todas las fases del ciclo de vida

de los proyectos. Sin embargo, como principal obstáculo para lograr la implementación de la metodología BIM en el sector de la construcción, se encuentra la etapa de capacitación, donde este proceso demanda una inversión representativa en hardware, conexiones, software y capacitación del recurso humano, costos de las licencias, otros.

- La metodología BIM, no es una práctica generalizada en el sector de la construcción. La etapa de capacitación deberá empezar desde cero en la mayoría de los casos, lo que requerirá que se contrate personal externo con conocimientos BIM que se encargue de realizar esta labor. Asimismo, el personal nuevo que ingresa al interior de cada empresa, deberá ser capacitado con el objeto que este pueda acoplarse a la dinámica de cada organización.
- La adopción de la metodología BIM dentro de todos los campos que se encuentran involucrados en el gremio de la construcción, permitirá la organización e integración de todos los agentes involucrados en la ejecución de los proyectos de edificación. Por lo anterior, se considera importante que desde las universidades y demás instituciones de formación técnica, incluyan desde sus programas de formación académica, cursos que incentiven, promuevan y capaciten en el uso de la metodología BIM a los profesionales en formación. Con base en lo anterior, las empresas no tendrían que capacitar al personal en el uso de la metodología BIM que en muchos casos es personal rotativo, por lo que se incurriría en re procesos al tener que capacitar a los profesionales nuevos que entren a cubrir las vacantes dejadas por el personal que ya tenían capacitado en el uso de la metodología.
- Los comentarios recibidos, reafirman las falencias existentes vinculadas a las prácticas de gestión, planeación y ejecución de los proyectos, adoptadas por el sector de la construcción financiada con recursos públicos en Colombia. Es importante resaltar que si el estado exigiera la implementación de la metodología BIM en la ejecución de proyectos de edificación financiada con recursos públicos, existiría un mayor control sobre los recursos públicos asignados para la ejecución de cada proyecto, garantizando que la ejecución del mismo se realice dentro de los plazos establecidos con el presupuesto inicialmente planeado (sin sobrecostos). En este orden de ideas, es relevante invertir mayor tiempo y recursos a etapas iniciales del proyecto (planificación), con el objeto de obtener un menor margen de error durante la ejecución de los proyectos.

# Capítulo 7

## CONCLUSIONES

- Es claro que el sector de la construcción en Colombia se encuentra en constante evolución, lo anterior se evidencia en la ejecución de proyectos cada vez más complejos que requieren de la participación de múltiples actores durante su ejecución en cada una de las etapas del ciclo de vida de los mismos. A través de los resultados de la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector de la construcción en Colombia, fue posible identificar que las metodologías aplicadas en la actualidad durante las fases de planeación, diseño, seguimiento y construcción de los proyectos; son metodologías convencionales de administración y construcción de proyectos, que no facilitan la coordinación e interacción entre todos los involucrados, de una manera equilibrada. Es importante reconocer que la constante y oportuna comunicación, permitirá que durante la ejecución de los proyectos se puedan solventar los inconvenientes que se presenten, con el objeto de que estos no generen incumplimiento de los plazos y presupuestos programados inicialmente y de la calidad final del proyecto constructivo. Actualmente, existen diferentes alternativas que ofrecen las TIC, que permiten superar estas falencias mejorando significativamente la gestión de todos los procesos tanto de diseño, como de construcción y control, incluso hasta la fase de operación y de mantenimiento de un proyecto de edificación.
- Se evidencia a través de las encuestas, el bajo nivel de conocimiento que presentan sobre la metodología BIM las personas relacionadas con obras financiadas con recursos públicos en Colombia. Lo anterior causado por la falta de exigencia de uso de metodologías avanzadas de gestión como lo es BIM, y el atraso en solicitudes respecto a cómo presentar los proyectos en las diferentes entidades públicas. Por lo anterior, el estándar propuesto dentro de su contenido presenta una guía respecto a lo que se debe exigir para la presentación de proyectos a ser financiados con recursos públicos.
- Por otra parte, la encuesta nos demuestra que la falta de uso de nuevas tecnologías y actualizaciones, se ven afectados por los “altos” costos que podría incurrir una empresa en capacitaciones, compra de licencias de programas y de equipos con especificaciones que los resistan. Es importante que se realice un análisis económico en términos de inversión y beneficios para diferentes tamaños de empresas, para así poder determinar en cuánto se recuperaría la inversión y generar el incentivo de estas metodologías.
- La cultura influye en lograr la implementación de nuevas metodologías de gestión. Entre las barreras más grandes encontradas para lograr la incorporación de métodos avanzados de gestión en Colombia se encuentra por un lado el desconocimiento con respecto al uso de la metodología BIM y por otro lado la resistencia al cambio por parte de las empresas

del sector de la construcción caracterizadas por aplicar metodologías tradicionalistas en la gestión de proyectos en vez de utilizar una que involucre un mayor esfuerzo en la etapa de planificación de los mismos. De igual forma la alta corrupción que se presenta en el sector público, podría generar incertidumbre en los beneficios que podría llegar a tener este tipo de metodologías. Por lo anterior, es importante que para la implementación obligatoria liderada por el Estado, se hagan alianzas con el sector privado quienes han tenido un mayor avance al respecto y son conocedores y testigos de los grandes beneficios que trae a la ejecución de los proyectos la implementación de la metodología BIM.

Adicionalmente, la presente investigación pone en evidencia el gran vacío que existe en el tema normativo para la regulación legal con respecto a la implementación y la aplicación de la metodología BIM en el desarrollo de proyectos de la industria de la construcción en Colombia, esto puede generar especulaciones en su costo de implementación y ocasionar inconvenientes que estimulen la aparición de miedos sin razones válidas por parte de los constructores.

- La validación del estándar por personas con conocimientos de BIM, y trabajadoras del sector público, nos demuestra que esta propuesta incluye los aspectos necesarios que se esperan en un estándar liderado por entidades públicas.
- La propuesta de estándar establece que para la correcta implementación, se deberá lograr una sinergia entre el estándar, las guías para presentación de proyectos de entidades públicas y la definición de roles y responsabilidades del interventor y el consultor o constructor. Todos estos documentos deberán estar enfocados en la correcta implementación de BIM, lo que permitirá llevar a cabo un adecuado seguimiento y control por parte de los actores involucrados. En consecuencia, se podrán materializar los beneficios de implementar la metodología BIM en un proyecto durante todo el ciclo de vida de la edificación. Entre los beneficios identificados se encuentran ahorros sustanciales durante la ejecución de los proyectos, entrega de mejores proyectos en plazos más cortos, respondiendo así a los requerimientos actuales del sector de construcción de edificaciones que exige empresas cada vez más competitivas e innovadoras.
- La propuesta de estándar tiene el enfoque de implementar BIM en el sector público para lograr proyectos con menores desviaciones en términos de costos y tiempo, asegurando la presentación y ejecución de proyectos que cumplan con altos estándares de calidad de información, con información completa y que no presenten interferencias entre especialidades. Por lo anterior son un complemento a la Metodología General Avanzada (MGA) la cual es exigida en proyectos que serán financiados con recursos públicos, y está enfocada en que la información del proyecto se encuentre completa, pero no se evalúa su calidad técnica.

# Capítulo 8

## RECOMENDACIONES

- Debido a la baja implementación de BIM, y al evidente desconocimiento del mismo, el Estado deberá apoyar la actualización de los currículos de las universidades tanto en pregrado como en posgrado, que busquen enseñar este tipo de metodologías como herramientas clave en la ejecución de los proyectos; lo anterior, teniendo en cuenta el papel importante que juegan las universidades en la contribución del nivel de desarrollo que se alcance en cuanto al uso y aplicación de la metodología BIM dentro del sector de la construcción en Colombia, pues son éstas quienes tienen la posibilidad de extender el conocimiento de dicha metodología a los estudiantes y futuros profesionales del país, aportándoles conocimientos que estén a la vanguardia de las exigencias del sector de la construcción a nivel mundial.
- Se recomienda a través de las entidades del estado, como podría ser el Ministerio de Tecnología, generar financiación, capacitaciones y descuentos en la compra de equipos o licencias para empresas que deseen empezar la implementación de metodologías BIM; empresas del sector de arquitectura, ingeniería y construcción que liciten con el estado.
- Para lograr la generación de un estándar más detallado, se recomienda revisar las prácticas en términos de gestión de proyectos relacionados con la construcción de todas las entidades del estado, tanto los entes nacionales como los territoriales, al igual que de los contratistas del estado; con lo anterior se obtendría un análisis más extenso de cómo se manejan actualmente los diseños y obras para así poder afinar el estándar.
- Para que toda la industria pueda aprender de las buenas y malas prácticas de las experiencias con esta metodología se deberá promover la divulgación de experiencias de aplicación mediante la realización de seminarios, congresos, cursos que originen que mayores empresas identifiquen los beneficios y quieran utilizar esta metodología al interior de los proyectos, de tal forma que se pueda promover el uso de la metodología BIM por las empresas que contrate y de esta forma aumentar su uso en la cadena de valor.
- Una vez se logre la implementación de BIM en las diferentes fases del proyecto, se deberá iniciar una transición en el tipo de contrato exigido en el sector público, pasando de contratos de diseño – licitación – construcción, a contratos IPD, es decir desde la concepción del proyecto involucrar a cliente, diseñador y constructor contractualmente.

## Capítulo 9

### REFERENCIAS

- Abbasnejad, B., & Izadi Moud, H. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 287-294.
- AEC (UK) Committee. (Junio de 2015). AEC (UK) BIM Technology - Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering. Versión 2.1. Reino Unido.
- Ambrosio, F. (09 de Marzo de 2015). Normativa BIM para obras públicas en el Reino Unido. *Clarín Arquitectura*. Obtenido de <http://www.iac.com.co/el-bim-en-colombia/>
- ARCADIS. (2015). *Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia*. Mexico.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- Bacon, R., J, B.-J., & Heidarian, J. (1996). Estimating construction costs and schedules. Experience with power generation projects in developing countries. *Technical Paper 325. World Bank*.
- Betancourt, M., & Garzón , J. (2015). Adaptación de la Metodología Project Management Institute en la Gestión de Proyectos de Infraestructura Civil Básica en el Municipio de Nocaima.

- BIM Community. (14 de 11 de 2016). *BIM: Reconociendo tus obligaciones y limitaciones*. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/338/bim-reconociendo-tus-obligaciones-y-limitaciones>
- Botero, L. F., Isaza, J. A., & Vásquez, A. (2015). Estado de la práctica de BIM en Colombia 2015. *Sibragec Elagec 2015*, (págs. 494-502). Sao Carlos.
- Building Smart Spanish Chapter. (07 de Octubre de 2014). *Building Smart.es*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADas-ubim/>
- Building Smart Spanish Chapter*. (30 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>
- Cárdenas Menéndez, M. (2016). Incorporación de Metodología BIM en la Gestión Integrada de Proyectos. Madrid, España.
- Cerdán Castillo, A. (2016). Qué es el BIM y sus ventajas. *Revista del colegio oficial de ingenieros técnicos industriales de alicante*, 4-9.
- Clavijo García , H. A., Alzate Ospina, M. A., & Mantilla Meza, L. (2014 -2015). Análisis del sector de infraestructura en Colombia. *PMI Bogotá Colombia Chapter – Voluntariado Gestión del Conocimiento Virtual de Infraestructura* , 1-11.
- Clavijo, S., Vera, A., & Vera, N. (2013). La inversión en infraestructura en Colombia 2012-2020. *Actualidad Económica*, 7-14.
- Colombia Compra Eficiente. (2017). Guía para Procesos de contratación de obra pública.
- Congreso. (24 de Julio de 1997). Ley 388 de 1997.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 80 de 1993. *Estatuto general de contratación de la administración pública*.
- Council construction industry. (2014). *Roadmap for building information modeling strategic implementation in Hong Kong’s construction industry*. Hong Kong.
- CPNAA. (abril de 2017). *Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares*. Obtenido de Fomento y maduración del uso de BIM en Colombia: <https://cpnaa.gov.co/en/content/fomento-y-maduraci%C3%B3n-del-uso-de-bim-en-colombia>

- Cruz, D. (Abril de 2017). *El Futuro de BIM en México*. Obtenido de [http://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/#\\_ednref3](http://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/#_ednref3)
- Curaduria, 3. (Junio de 2018). *Curaduría 3*. Obtenido de <http://www.curaduria3.com/component/content/category/85-expedicion.html>
- DCV Consultores. (2017). *DCV Consultores, implementacion BIM/ CAD/ FM/GIS*. Obtenido de <http://www.dcvconsultores.com/que-es-bim/>
- del Solar Serrano, P., Andrés Ortega, S., Vivas Urías, M. D., de la Peña González, A., & Liébana Carrasco, Ó. (2016). Uso BIM en Proyectos de Construcción en España. *Build Smart Spanish Journal of BIM*, 5-6.
- DNP. (Julio de 2015). Manual conceptual de la metodología general ajustada (MGA). Bogotá.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM HandBook, a guide to Building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: Wiley.
- es.BIM. (Mayo de 2017). Definición de Roles. España.
- Fountain, J. W. (Diciembre de 2016). Outsourcing of Building Information Modeling (BIM) Among General Contractors in the United States. Missisipi, United States: College of science and Technology.
- Garcia, J. P. (2014). Fundación de la industria de la construcción. México.
- General Service Administration . (13 de 08 de 2017). GSA. Obtenido de <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/bim-guides>
- Ghaffarianhoseinia, A., Tookeya, J., Ghaffarianhoseinib, A., Naismitha, N., Azhard, S., Efimovaa, O., & Raahemifarb, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits understanding its implementation, risks and challenges. *Renweable and sustainable energy reviews*, 1046 - 1053.
- Gomez Sanchez, J. M., Rojas Quintero, J. S., & Aibinu, A. A. (2016). The status of BIM adoption and implementation experiences of construction companies in Colombia. *VII Elagec - Nuevas tendencias en la construcción sostenible*, (pág. 261). Bogotá.

- Holzer, D. (2011). BIM's seven deadly sins. *International Journal of Architectural Computing* 9(4), 464-480.
- Hong Kong Institute of Building Information Modelling. (13 de Junio de 2011). BIM Project Specification. Rev 3.0. Hong Kong.
- López Ruíz, L. I. (2017). Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Martin - Dorta, N., GonzálezdeChaves-Assef, P., & Roldán-Mendez, M. (2014). Building Information Modeling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *Construsoft, 10 años de experiencia en BIM*, 12-18.
- Mojica Arboleda, A., & Valencia Rivera, D. F. (2012). *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Bogotá.
- Monfort Pitarch, C., & Vidal, F. J. (2015). Impacto del BIM en la Gestión del Proyecto y la obra de arquitectura. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- National Institute of Building Sciences. (Enero de 2017). National BIM Guide for Owners. Washington, D.C., United States.
- NBIMS-US. (10 de 01 de 2017). *National BIM Standard - United States*. Obtenido de <https://www.nationalbimstandard.org/>
- Nechaeva, I. (2016). Building information modelling (BIM) in construction project management in Russia. *Fifth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries*. Riga.
- Ocampo Hurtado, J. G. (2015). La Gerencia BIM como Sistema de gestión para proyectos de construcción. *Revista GTI*, 17-29.
- Ocampo Hurtado, Juan Gabriel. (2014). La gerencia BIM como sistema de gestión para proyectos de construcción. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 14 (38), 17-29.

- Oya Sala, T. (Septiembre de 2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura : Un proyecto con REVIT. *Universidad Politécnica de Valencia - Proyecto de grado Grado*. Valencia, España.
- Perea Mínguez, R. (2014). Estudio de soluciones para la definición y ordenación de un aparcamiento subterráneo con modelos BIM. Caso práctico desarrollado en la Escuela superior de ingenieros de caminos, canales y puertos de la UPV. *Building Smart Spanish Journal of BIM*, 21-28.
- Perez, C. G. (2015). Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. Valencia, España.
- Porras Moya, D. A., & Diaz, J. E. (junio de 2015). La planeación y ejecución de las obras de construcción dentro de las buenas prácticas de las administración y programación (Proyecto Torres de la 26 - Bogotá). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Prieto Muriel, A. P., & Reyez Rodríguez, A. M. (2015). BIM como paradigma de la modernización del flujo de trabajo en el sector de la construcción. *Building Smart Spanish journal of BIM*, 31-45.
- Prosperidad Social. (2017). Manual para la presentación de proyectos de infraestructura social.
- Republica de Colombia. (2011). Decreto No 4170.
- Romero Fernandez, J. (Septiembre de 2016). La gestión y calidad del proyecto BIM y su ciclo de vida. *Universidad de Coruña - Tesis de maestría*. Coruña, España.
- Ruiz, L. I. (2017). Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Bogotá, Colombia.
- Santos Taborda, P. J. (2012). O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação. *Universidad Nueva de Lisboa - Tesis de Maestria*. Lisboa, Portugal.
- Sciences, N. I. (2015). *National BIM Standard-United States*. Obtenido de [https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US\\_FactSheet\\_2015.pdf](https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf)

- Sierra Aponte, L. X. (Mayo de 2016). Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM "Building information modeling". Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada .
- Singh, I. (5 de Abril de 2017). *Geospatial world*. Obtenido de <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>
- Solano, S. I. (2016). *BIM es el presente, no el futuro*. Obtenido de <http://www.bimbarcelona.com/bim-es-el-presente-no-el-futuro/>
- Soto, Carolina. (24 de marzo de 2016). Estrategia de Gobierno, Plan BIM. Santiago, Chile.
- Soto, Carolina. (2017). Madato Bim en Chile. Santa Cruz, Chile. Obtenido de [http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan\\_BIM-Carolina\\_Soto.pdf](http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan_BIM-Carolina_Soto.pdf)
- Transforma, economía productiva y diversificada*. (20 de 08 de 2017). Obtenido de <http://www.chiletransforma.cl/programa/programa-construye-2025/>
- Ulloa Román, K., & Salinas Saavedra, J. (Noviembre de 2013). Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas - Tesis maestría en la dirección de la construcción* . Lima, Perú.
- Universidad del Biobío. (2013). Términos de referencia, uso de modelos BIM. Direccion de arquietectura MOP. Chile.
- Valdivieso Taborga, C. E., Valdivieso Castellón, R., & Valdivieso Taborga, Ó. Á. (2011). DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL MEDIANTE EL USO DE ÁRBOLES DE DECISIÓN. Bolivia.
- Zahrizan, Z., Nasly, M., Ahmad, T., Marshall-Ponting, A., & Zuhairi, A. (2014). Exploring the Barriers and Driving Factors in Implementing Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian Construction Industry: A Preliminary Study. *The Institution of Engineers, Malaysia*.

## Anexo 1

### Encuesta - Gestión en obras de edificación financiadas con recursos públicos - Colombia

La siguiente encuesta se realizó a arquitectos, ingenieros, constructores, y en general a profesionales involucrados en proyectos constructivos en el sector público en Colombia, con el objetivo de realizar un sondeo del estado del uso BIM (Building Information Modeling) en proyectos de edificación financiada con recursos públicos en el país.

| <b>FICHA TÉCNICA ENCUESTA</b> |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Muestra:</b>               | 276 respuestas a la encuesta  |
| <b>Población (universo):</b>  | Profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, y pudo ser respondida virtualmente a través del formulario gratuito Google Forms  |
| <b>Difusión:</b>              | 1. Base de datos de contratistas que trabajan o han trabajado con entidades públicas en la ejecución de proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos, por medio del correo electrónico<br>2. Grupos de Facebook relacionados con ingeniería y arquitectura.<br>3. A través de terceros, con el objeto de que estos a su vez reenviaran la encuesta a sus profesionales conocidos que pudieran aportar a la investigación. |
| <b>% Error:</b>               | 5% con 95% de confianza   |
| <b>Periodo encuesta:</b>      | Octubre de 2017 a Febrero de 2018   |

A continuación, se presentan el listado de las preguntas realizadas:

#### a) Caracterización del encuestado

1. Ciudad de residencia:
  - a. Bogotá
  - b. Cartagena
  - c. Barranquilla
  - d. Medellín
  - e. Cali
  - f. Otra – Cual?

2. Rango de edad:
  - a. 20-30
  - b. 31-40
  - c. 41-60
  - d. +61
  
3. Profesión:
  - a. Arquitectura
  - b. Ingeniería civil
  - c. Ingeniería eléctrica
  - d. Ingeniería Mecánica
  - e. Administración
  - f. Construcción
  - g. Otro – Cual?
  
4. Experiencia profesional:
  - a. Diseño
  - b. Construcción
  - c. Supervisión
  - d. Interventoría
  - e. Estructurador de proyectos
  - f. Programación
  - g. Presupuesto
  - h. Licitación
  - i. Comercial
  - j. Gerencia
  - k. Auditoria
  - l. Otra – Cual?
  
5. ¿Con cuáles entidades del estado ha participado en proyectos directa o indirectamente?.

**b) Prácticas en procesos sobre gestión de proyectos**

6. ¿Cuáles prácticas de presentación de proyectos se usan normalmente en los proyectos donde ha participado en el sector público?. Puede seleccionar varias opciones
  - a. Planos digitales 2D
  - b. Planos a mano
  - c. Videos
  - d. Modelos de geometría 3D
  - e. Modelos BIM

- f. Otros – Cuáles?
7. ¿Considera suficiente presentar el proyecto en planos?
- Si
  - No
8. ¿Cuáles formatos de archivos le exige el cliente a la hora de entregar su trabajo en proyectos del sector público?
9. ¿Cuáles formatos de archivo maneja durante las distintas etapas de sus proyectos?
10. ¿Cómo relaciona su trabajo con las demás especialidades que hacen parte del mismo proyecto?. Puede seleccionar varias opciones.
- Mesas de trabajo periódicas
  - Remitiendo información para guía de las demás especialidades (correos, planos, etc)
  - Subiendo información a una plataforma o nube virtual
  - No se relacionan
  - Otros - cuales
11. ¿De acuerdo a su especialidad, cuál es el porcentaje de proyectos en los que colabora con otros actores del mismo proyecto?
- Menos del 10%
  - 10 al 30%
  - 30 al 50%
  - 50 al 80%
12. ¿Cuál es el nivel de estandarización que manejan dentro de la empresa en la que labora en cuanto a la utilización de software y procesos?
- Bajo: No existe estandarización o está en proceso de creación
  - Medio: Existe una estandarización, pero no se exige su uso obligatorio
  - Alto: Todos los procesos y software están estandarizados
13. ¿Cuál es el nivel de compromiso de la empresa con la que trabaja para la actualización, capacitación y utilización de nuevas tecnologías?
- Bajo: No presentan ningún interés en actualización
  - Medio: Tienen algún interés pero no lo hacen de forma regular
  - Alto: Continuamente capacitan y actualizan procesos y software
14. ¿Cuál es el nivel de definición de roles dentro de su equipo de trabajo?

- a. Bajo: No existe una definición de roles
- b. Medio: Los roles pueden ser compartidos
- c. Alto: Existe claridad en los roles dentro del equipo de trabajo

**c) Software utilizados**

15. Usted o la empresa en la que trabaja, en la etapa de diseños ¿qué software utiliza? - Aclarar para qué usa cada software mencionado. Si no trabaja en esta etapa indicar N/A

16. Usted o la empresa en la que trabaja, para el costeo y programación ¿qué software utiliza? - Aclarar para qué usa cada software mencionado. Si no trabaja en esta etapa indicar N/A

17. Usted o la empresa en la que trabaja, en la etapa de construcción ¿qué software utiliza? - Aclarar para qué usa cada software mencionado. Si no trabaja en esta etapa indicar N/A

Usted o la empresa en la que trabaja, en la etapa de mantenimiento de edificaciones ¿qué software utiliza? - Aclarar para qué usa cada software mencionado. Si no trabaja en esta etapa indicar N/A

18. Usted o la empresa en la que trabaja, en la etapa de sostenibilidad y evaluación energética ¿qué software utiliza? - Aclarar para qué usa cada software mencionado. Si no trabaja en esta etapa indicar N/A

19. Del siguiente listado de software, cuáles conoce pero no utiliza?. Puede seleccionar varias opciones:

- a. Revit
- b. Archicad
- c. Navisworks
- d. RhinoBim
- e. TEKLA
- f. Vico
- g. Vectorworks
- h. Allplan
- i. Edificius
- j. AECOSim
- k. Solibri
- l. Otros – Cuáles?

20. Del siguiente listado de software, cuáles ha utilizado? Puede seleccionar varias opciones:

- m. Revit
- n. Archicad
- o. Navisworks
- p. RhinoBim
- q. TEKLA
- r. Vico
- s. Vectorworks
- t. Allplan
- u. Edificius
- v. AECOsim
- w. Solibri
- x. Otros – Cuáles?

21. ¿Los software especializados del listado anterior los utiliza con cual fin?

**d) ¿Cuánto sabe de BIM?**

22. Antes de realizar esta encuesta ¿había oído hablar de metodología BIM?

- a. Si
- b. No

23. ¿Qué conocimiento tiene sobre BIM?

- a. Bajo
- b. Intermedio
- c. Alto
- d. Nunca he oído hablar al respecto

24. ¿Por qué es usuario BIM?

- a. Por iniciativa propia
- b. Por exigencia de terceros
- c. Por ser más competente
- d. Otra - Cual
- e. No es usuario

Nota: las siguientes preguntas saldrán disponibles solo para quien indique ser usuario BIM y tenga algún tipo de conocimiento al respecto.

25. ¿Cuál de las siguientes especialidades técnicas se incluyen en los modelos BIM de los proyectos que ha participado?. Puede seleccionar varias opciones:

- a. Arquitectónico

- b. Estructural
  - c. Redes hidrosanitarias
  - d. Red de gas
  - e. Red contra incendio
  - f. Red eléctrica
  - g. Redes electrónicas
  - h. Coordinación
  - i. Operación
  - j. Mantenimiento
  - k. Bioclimática
  - l. Otra- Cual?
  - m. Ninguna
26. En los proyectos públicos que ha participado, ¿en cuáles etapas del ciclo de vida del proyecto se ha usado BIM? Puede seleccionar varias opciones.
- a. Factibilidad
  - b. Diseño
  - c. Construcción
  - d. Operación
  - e. Mantenimiento
  - f. Otra – Cual?
  - g. Ninguna
27. ¿Cuáles ventajas ha identificado en el uso de BIM?. Puede seleccionar varias opciones:
- a. Se facilita el trabajo entre los profesionales
  - b. Se logra la identificación temprana de interferencias
  - c. Los reprocesos disminuyen
  - d. El tiempo de diseño disminuye
  - e. El tiempo de construcción disminuye
  - f. El seguimiento y control se hace más efectivo
  - g. Se presentan menores imprevistos en obra
  - h. No se
  - i. Otra – Cual?
28. ¿Cuáles son las principales barreras encontradas al utilizar BIM?. Puede seleccionar varias opciones:
- a. El costo asociado al cambio de tecnología
  - b. El tiempo de aprendizaje
  - c. Los líderes de la empresa no ven las ventajas
  - d. La incompatibilidad entre software

- e. Los cambios internos que deben realizarse en las organizaciones
  - f. La falta de solicitud por parte del cliente
  - g. No se requiere en nuestro trabajo
  - h. Con las herramientas actuales es suficiente
  - i. No se
  - j. Otra – Cual?
29. En los proyectos en los cuales ha usado BIM, ¿el uso de esta metodología ha traído beneficios significativos para la empresa en la que trabaja? (Siempre, frecuentemente, casi nunca, nunca).
- a. Siempre
  - b. Frecuentemente
  - c. Casi nunca
  - d. Nunca
30. ¿De qué magnitud han sido los proyecto en el cual ha utilizado BIM de alguna forma?. Puede seleccionar varias opciones.
- a. Menos a 20 smmlv
  - b. De 20 smmlv a 100 smmlv
  - c. De 100 smmlv a 800 smmlv
  - d. Mayor a 800 smmlv
  - e. No ha participado en ninguno
31. De las siguientes afirmaciones, indicar con cuales está de acuerdo. Puede seleccionar varias opciones:
- a. BIM será una práctica generalizada en el futuro, en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción
  - b. BIM es solo útil en proyectos complejos
  - c. Los mismos beneficios de BIM los puedo tener con herramientas tradicionales si se trabaja de manera rigurosa.
  - d. El aprendizaje de BIM es demasiado difícil y lento.
  - e. La inversión para implementar la metodología es muy alta en comparación con los beneficios que se pueda obtener
32. De las siguientes afirmaciones, indicar con cuales está en desacuerdo. Puede seleccionar varias opciones:
- f. BIM será una práctica generalizada en el futuro, en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción
  - g. BIM es solo útil en proyectos complejos
  - h. Los mismos beneficios de BIM los puedo tener con herramientas tradicionales si se trabaja de manera rigurosa.

- i. El aprendizaje de BIM es demasiado difícil y lento.
- j. La inversión para implementar la metodología es muy alta en comparación con los beneficios que se pueda obtener

33. ¿Cuáles son los mayores costos que identifica asociados al cambio de tecnología?

## ANEXO 2

### PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA

Realizado por:

Ing. Maria Victoria Flórez Domínguez

Ing. Claudia Lucía García Murillo

Dirigido por:

I.C, Msc PhD Vivian Andrea Ulloa Mayorga

I.C, Arq, Msc Arq. Natalia Elizabeth Lozano Ramírez

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Maestría en ingeniería civil  
Énfasis en gestión de proyectos y construcción

Bogotá D.C.

## INDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | INTRODUCCIÓN .....  | 6  |
| 2.    | DEFINICIÓN BIM .....  | 8  |
| 2.1   | Usos de BIM.....  | 9  |
| 2.2   | Beneficios de BIM.....  | 10 |
| 3.    | ESCALA DE DOCUMENTACIÓN NORMATIVA BIM .....                       | 12 |
| 4.1   | Estándar BIM:.....  | 12 |
| 4.2   | Plan de implementación BIM:.....                                  | 12 |
| 4.3   | Plan de ejecución BIM: .....                                      | 13 |
| 4.    | BIM A NIVEL MUNDIAL .....   | 14 |
| 4.1   | Estados Unidos .....  | 16 |
| 4.2   | Reino Unido .....   | 17 |
| 4.2.1 | Normalización BIM en el Reino Unido .....                         | 18 |
| 4.3   | Finlandia .....   | 19 |
| 4.4   | Hong Kong.....  | 20 |
| 4.5   | Chile.....  | 21 |
| 4.5.1 | Creación de primer estándar BIM en Chile .....                    | 22 |
| 4.6   | México.....   | 23 |
| 4.6.1 | Recomendaciones para desarrollar estrategia BIM en México .....   | 24 |
| 5.    | BIM EN COLOMBIA .....   | 25 |
| 5.1   | Proyectos públicos en Colombia.....                               | 25 |
| 5.1.1 | Guía procesos de contratación de obra pública (G-GPCOP-01): ..... | 25 |
| 5.1.2 | Guía supervisores e interventores (G-EFSICE-02):.....             | 26 |
| 5.1.3 | Manuales para la presentación de proyectos:.....                  | 26 |
| 5.2   | Estado de implementación BIM en Colombia .....                    | 28 |
| 5.2.1 | Caracterización del encuestado: .....                             | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.2 Prácticas y procesos sobre la gestión de proyectos: .....                | 30 |
| 5.2.3 Software utilizado .....   | 32 |
| 5.2.4 ¿Cuánto sabe de BIM? .....   | 34 |
| 5.2.5 Uso de BIM.....  | 35 |
| 5.2.6 Percepción de BIM.....   | 38 |
| 6. PROCESO PARA IMPLEMENTAR BIM .....  | 40 |
| 6.1 Definición de requisitos BIM .....   | 41 |
| 6.1.1 Propósito:.....  | 42 |
| 6.1.2 Alcance.....   | 42 |
| 6.1.3 Interoperabilidad de las herramientas .....                              | 43 |
| 6.1.4 Requisitos técnicos generales .....                                      | 44 |
| 6.2 Roles y responsabilidades del equipo .....                                 | 47 |
| 6.3 Gestión de calidad .....   | 50 |
| 6.3.1 Visión del Estado, diseñadores, constructor e interventor.....           | 52 |
| 6.3.2 Prácticas de coordinación recomendadas .....                             | 53 |
| 6.3.3 Manejo de cambios.....   | 53 |
| 6.3.4 Mejoras en la comunicación entre profesionales .....                     | 54 |
| 6.3.5 Transparencia del proceso entre todas las partes .....                   | 55 |
| 6.3.6 Control y aseguramiento de calidad .....                                 | 56 |
| 6.3.7 Control de la documentación.....   | 57 |
| 6.4 Generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto..... | 57 |
| 6.4.1 Necesidades y objetivos .....  | 60 |
| 6.4.2 Estudio de alternativas .....  | 61 |
| 6.4.3 Licitación y Contratación .....  | 62 |
| 6.4.4 Diseño .....   | 63 |

---

|  |    |
|--|----|
| 6.4.5 Construcción.....                              | 67 |
| 6.4.6 Sostenibilidad .....                           | 72 |
| 6.4.7 Periodo de garantía .....                      | 73 |
| 6.4.8 Puesta en funcionamiento y mantenimiento ..... | 73 |
| 6.5 Aspectos claves para su implementación .....     | 74 |
| 6.5.1 A nivel Estado: .....                          | 75 |
| 7. GLOSARIO .....                                    | 77 |
| 8. REFERENCIAS.....                                  | 80 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Implementación de BIM alrededor del mundo.....   | 15 |
| Figura 2. Ciudad de residencia: Selección .....   | 29 |
| Figura 3. Rango de edad: Selección única.....   | 29 |
| Figura 4. Profesión: Selección única .....  | 29 |
| Figura 5. Experiencia profesional: Selección múltiple .....                                       | 30 |
| Figura 6. Prácticas en presentación de proyectos: Pregunta abierta .....                          | 30 |
| Figura 7. Es suficiente presentar proyectos en planos 2D.....                                     | 30 |
| Figura 8. Formatos en que le exigen presentar los proyectos: Pregunta abierta .....               | 31 |
| Figura 9. Formatos en que maneja para presentar los proyectos: Pregunta abierta.....              | 31 |
| Figura 10. Cómo relaciona su trabajo con otras especialidades: Selección múltiple.....            | 31 |
| Figura 11. En qué porcentaje de proyectos colabora con otras especialidades: Selección única..... | 31 |
| Figura 12. Nivel de estandarización de la empresa: Selección única.....                           | 32 |
| Figura 13. Nivel de compromiso con nuevas tecnologías: Selección única.....                       | 32 |
| Figura 14. Nivel de definición de roles: Selección única.....                                     | 32 |
| Figura 15. Software utilizado en diseño: Pregunta abierta.....                                    | 33 |
| Figura 16. Software utilizado en programación y presupuesto: Pregunta abierta .....               | 33 |
| Figura 17. Software utilizado en construcción: Pregunta abierta .....                             | 33 |
| Figura 18. Uso de software BIM: Selección múltiple .....  | 34 |
| Figura 19. Finalidad del software especializado: Pregunta abierta.....                            | 34 |
| Figura 20. Ha oído hablar de BIM: Selección única .....   | 35 |
| Figura 21. Conocimiento de BIM: Selección única .....   | 35 |
| Figura 22. Porqué es usuario de BIM: Selección única.....   | 35 |
| Figura 23. Especialidades en las que usa BIM: Selección múltiple.....                             | 36 |
| Figura 24. En qué etapas utiliza BIM: Selección múltiple .....                                    | 36 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 25. Ventajas identificadas de BIM: Selección múltiple.....   | 37 |
| Figura 26. Barreras identificadas respecto a BIM: Selección múltiple .....                                  | 37 |
| Figura 27. Ha obtenido beneficios con BIM: Pregunta abierta.....  | 38 |
| Figura 28. Magnitud de los proyectos en los que ha usado BIM: Selección múltiple .....                      | 38 |
| Figura 29. Percepción de BIM: Selección múltiple .....  | 39 |
| Figura 30. Costos asociados al cambio de tecnología: Pregunta abierta .....                                 | 39 |
| Figura 31. Pasos establecidos en la Propuesta de estándar .....   | 40 |
| Figura 32. Resumen definición de requisitos BIM .....   | 41 |
| Figura 33. Resumen roles y responsabilidades del equipo.....  | 47 |
| Figura 34. Resumen gestión de calidad (parte 1) .....   | 50 |
| Figura 35. Resumen gestión de calidad (parte 2) .....   | 51 |
| Figura 36. Resumen generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto (parte 1)<br>..... | 57 |
| Figura 37. Resumen generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto (parte 2)<br>..... | 58 |
| Figura 38. Resumen aspectos claves para su implementación.....  | 74 |

## 1. INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción actualmente, se presentan múltiples inconsistencias relacionadas con la escasa utilización de herramientas avanzadas de gestión, que permitan la coordinación y verificación de la información planteada por las diversas disciplinas involucradas en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos (Perez, 2015). En el caso de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, comúnmente se observa que en la etapa de construcción de un proyecto, se presentan una serie de imprevistos que afectan los procesos constructivos y de mantenimiento de las construcciones; lo anterior, debido a falencias en la calidad de los procesos de coordinación y los métodos utilizados para la planeación de estas infraestructuras (Ruíz López, 2017). En consecuencia, los inconvenientes presentados durante el ciclo de vida de los proyectos, repercuten tanto en los tiempos y costos de ejecución de los mismos, como en la calidad del producto entregado.

En la actualidad, una cantidad considerable de países alrededor del mundo, se encuentran trabajando en la implementación de metodologías BIM. Es importante mencionar, que la implementación regulatoria de la metodología BIM en proyectos de inversión pública en estos países, varía de acuerdo al nivel de desarrollo de sus documentos mandatorios.

En relación con lo anterior, existen países como: Estados Unidos, Reino Unido, Finlandia y Hong Kong, que basados en los resultados positivos que se han obtenido a partir de la aplicación de la metodología BIM en sus proyectos de construcción de edificación; actualmente requieren el uso de BIM en todos sus proyectos de inversión pública. Sin embargo, hay países en donde el nivel de desarrollo y la exigencia de aplicación de esta metodología, se está realizando paulatinamente, es decir, sólo algunos proyectos de inversión pública que cumplan con determinadas características establecidas; son susceptibles para su aplicación, como por ejemplo:

1. El gobierno de Alemania, estableció el uso obligatorio de la metodología BIM a partir del año 2017, en los proyectos cuya inversión sea mayor a 100 millones de euros.
2. La organización gubernamental Building & Construction Authority de Singapur, adoptó la metodología BIM con el objeto de elevar la productividad en la construcción. Desde el año 2015, BIM se utiliza de manera obligatoria en proyectos de construcción mayores a 5000 m<sup>2</sup> (Council, 2014).
3. El gobierno de Korea del Sur mediante el Public Procurement Service, estableció el uso obligatorio de BIM a partir del año 2016, para todos los proyectos cuya inversión sea mayor a los 50 millones de euros y para todos los proyectos del sector público (Council, 2014).

Con base en lo anterior, se recomienda inicialmente que la metodología BIM en Colombia sea aplicada a construcciones civiles clasificadas como megaproyectos de construcción, ya que este tipo de proyectos poseen unas condiciones particulares que requieren largos tiempos de ejecución, exigen presupuestos muy elevados para la economía en la cual se desarrollan, involucran un alto número de actores públicos y privados y representan mayores riesgos y altas complejidades tecnológicas, jurídicas y ambientales para llevarlos a cabo (Abedrapo B,

2011). Sin embargo, a partir de la identificación de los beneficios que traerá consigo la implementación de esta metodología para el sector, el estándar deberá continuar desarrollándose y ajustándose, con el objeto que con el tiempo, se requiera su uso obligatorio en todos los proyectos de inversión pública del país; tal y como se ha llevado a cabo en los otros países que están más avanzados en este tema.

Teniendo como punto de partida los grandes beneficios que ha generado la implementación de la metodología BIM en otros países al ser adoptada durante el ciclo de vida completo de una obra, y basados en los resultados obtenidos por medio de la encuesta realizada para el desarrollo de la presente investigación; se logró identificar que en el sector de la construcción pública en Colombia, el término BIM es un concepto cada vez más relevante, pero a pesar de los grandes beneficios que genera, es alto el desconocimiento sobre software avanzados de gestión, así como es baja la tasa de utilización de los mismos.

En relación con lo anterior, y con base en la urgencia identificada con respecto a la incorporación de nuevas técnicas y metodologías que permitan optimizar los recursos que se encuentran implicados durante el desarrollo de los proyectos financiados con recursos públicos, el objetivo del presente documento es presentar una propuesta de un primer estándar respecto a la implementación de BIM en el sector público en Colombia, con el fin de pactar los aspectos que debe tener en cuenta el Estado para iniciar el proceso de implementación obligatoria en un futuro.

## 2. DEFINICIÓN BIM

El término BIM es el acrónimo de Building Information Modelling. No existe una definición universal del término, esta puede variar dependiendo del punto de vista del usuario, del tipo de organización, al igual que del trabajo que se desarrolle. (Abbasnejad & Izadi Moud, 2013).

El concepto referente a BIM fue mencionado inicialmente por el Profesor del Instituto Tecnológico de Georgia, Chuck Eastman, en 1975 a través del concepto “Building Description System”. Más adelante, el término BIM fue usado por el arquitecto Phil Bernstein, y popularizado a través de Jerry Laiserin, analista industrial que lo usaba para referirse a la representación en formato digital de los procesos de construcción (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).

En la literatura especializada sobre el tema se pueden encontrar diferentes definiciones al respecto:

- El profesor Eastman en su guía de BIM del 2011 para constructores, diseñadores, dueños y contratistas la describe como “una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones”. Estos modelos representan digitalmente los objetos, los cuales contienen datos y permiten ser manipulados de una manera inteligente. Se logra con eso que los cambios de los datos se vean representados en todas las vistas del componente obteniendo un modelo coordinado (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).
- Los estándares nacionales de BIM de Estados Unidos, la definen como “una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, formando una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio” (Sciences, 2015).
- En la tesis de Oya 2015 se define BIM como “...un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad” (Oya Sala, 2015).
- De acuerdo a la asociación Building Smart Spanish Chapter, BIM es definida como “una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos su agentes” (Building Smart Spanish Chapter, 2017).
- Ghaffarianhoseinia indica que BIM se podría describir generalmente como una variedad de actividades en el Diseño Asistido por Ordenador (CAD por sus siglas en inglés), con

el que se logran representar los elementos de la construcción en términos de sus atributos geométricos y funcionales y sus relaciones. Lo define como un conjunto de tecnologías y soluciones con el objetivo de mejorar la colaboración entre organizaciones en la industria de la construcción, que mejorará la productividad al tiempo que mejorará las prácticas de diseño, construcción y mantenimiento (Ghaffarianhoseinia, y otros, 2017).

## 2.1 Usos de BIM

De acuerdo a las definiciones previamente descritas, BIM no comprende únicamente la elaboración de un modelo 3D, presenta 7 dimensiones diferentes que se pueden adicionar dependiendo de la necesidad y el objetivo de su implementación.

Con su implementación completa, se logra la evolución del modelo tradicional basado en planos 2D, incorporando la información geométrica detallada y parametrización de cada uno de los elementos (3D), información de tiempos (4D), información de costos (5D), información ambiental (6D) y de mantenimiento (7D) (Building Smart Spanish Chapter, 2017), esto aplicable a todas las fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio o concepción hasta su cierre o demolición.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Universidad de Pennsylvania, clasifica los usos que podría tener la implementación de BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto los cuales están determinados por el nivel de desarrollo que tenga el modelo (Kreinder & Messner, 2013):

- Modelado de condiciones existentes de un proyecto para obtener información para otro proyecto o para su modernización.
- Estimación de costos en cada fase del proyecto incluyendo operación y mantenimiento
- Planificación del trabajo incluyendo tiempos y costos.
- Análisis del lugar donde ubicar de forma óptima el proyecto.
- Evaluación de manera eficiente y precisa el rendimiento del diseño en cuanto a requisitos espaciales.
- Utilización de modelo para toma de decisiones en cuanto al diseño arquitectónico.
- Validación de códigos universales verificando los parámetros del modelo contra códigos específicos.
- Usar el modelo para obtener la certificación LEED y otros certificados de sostenibilidad.
- Usar el modelo para poder realizar los cálculos, los análisis y estudios relativos a estructuras, instalaciones, estudios energéticos, etc.
- Detección de interferencias entre los modelos de las diferentes especialidades, permitiendo eliminar los conflictos en la obra.
- Ubicación y planificación de uso de equipos en obra.
- Utilizar la información digital del modelo para facilitar la fabricación de elementos constructivos singulares.
- Usar el modelo para resolver diseños de elementos y estructuras complejas durante la fase de obra.

- Ubicar y gestionar la implantación en obra de las casetas, vestuarios, maquinaria. Permite también establecer flujo de personal, etc.
- Entrega del modelo as built con las instrucciones específicas para la operación y el mantenimiento.
- Usar el modelo para poder actuar con mayor rapidez y eficacia en caso de cualquier emergencia.
- Usar el modelo para poder gestionar a corto y largo plazo las repercusiones financieras de cambios físicos en el edificio.
- Medir el rendimiento de un edificio comparado con lo que se ha especificado en diseño. Control de la energía que se utiliza, análisis de iluminación, control de ventilación, etc.
- Establecer un programa de mantenimiento del edificio o la infraestructura.

## 2.2 Beneficios de BIM

El beneficio clave de usar BIM es lograr la representación y análisis de un proyecto a través de la modelación de los diferentes sistemas que lo componen integrados en una sola base de datos. Dentro de otros beneficios principales obtenidos indicados por Azhar (2011) y por Ulloa & Salinas (2013) se pueden destacar:

- Procesos más rápidos y eficaces: la información es más fácil de compartir.
- Rápida generación de múltiples alternativas de diseño: los diseñadores pueden manipular eficientemente la geometría manteniendo la coherencia del diseño. Las simulaciones pueden realizarse rápidamente, comparando los resultados obtenidos permitiendo soluciones mejoradas e innovadoras.
- Costos de vida útil y datos ambientales controlados: el desempeño ambiental es más predecible, y los costos del ciclo de vida del proyecto tienen mayor precisión.
- Uso de los datos del modelo para el análisis predictivo del desempeño de la edificación: algunos software BIM tienen herramientas de análisis de ingeniería (elementos finitos y análisis de energía), estimación de costos de construcción, etc.
- Mantenimiento de la información y la integridad del diseño del modelo: las herramientas BIM almacenan cada pieza de información una vez, sin tener que almacenar la información en múltiples dibujos o vistas.
- Generación automática de dibujos y documentos: con sólo algunos datos de entrada se pueden tener dibujos y documentos de manera automática. Al realizar cambios en el modelo, éstos serán actualizados en dibujos y documentos.
- Colaboración en el diseño y la construcción: Se puede dar de manera interna donde múltiples usuarios dentro de una organización editan el mismo modelo de manera simultánea; o de manera externa donde se comparten vistas del modelo no editable con los interesados.
- Rápida generación y evaluación de alternativas de planes de construcción: se tienen numerosos paquetes para la visualización 4D de las programaciones.
- Comunicación basada en objetos en línea /electrónicos: se permite la visualización de los procesos y productos usando gráficos para dar la información a los trabajadores en las obras.

- Estimaciones: el software contiene información para generar cantidades de materiales, estimaciones de tamaños y áreas, productividad; costos de materiales. Esto evita que se procesen manualmente las cantidades y asimismo, las informaciones de costos acompañan los cambios en los diseños.
- Dibujos para compras y fabricación: los modelos pueden ofrecer detalles constructivos e información para fabricación. Esto reduce el costo, puesto que la fabricación puede realizarse de manera más precisa.
- Detección de conflictos, interferencias y soluciones: los modelos son creados en 3D, por lo cual se puede realizar una verificación visual de los diferentes sistemas para identificar posibles interferencias. La solución puede ser probada para ver si se resuelve el problema y determinar si se crea otra.

De acuerdo al estudio realizado por el Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE) de la Universidad de Stanford, basado en el análisis de 32 proyectos que utilizan BIM, se indican beneficios tales como (Azhar, 2011):

- Eliminación de hasta 40% de cambios no presupuestados.
- Precisión de la estimación de costes dentro del 3%.
- Reducción de hasta un 80% en el tiempo empleado para generar una estimación de costos.
- Un ahorro de hasta el 10% del valor del contrato a través de detecciones de interferencias.
- Reducción de hasta 7% en tiempo de proyecto.

### 3. ESCALA DE DOCUMENTACIÓN NORMATIVA BIM

Para la implementación de BIM, es importante entender que existen diferentes escalas normativas respecto a su uso e implementación. Las escalas son las siguientes:

- A nivel País, se encuentra el desarrollo de estándares
- A nivel de empresa, se encuentra el plan de implementación BIM (BIP por sus siglas en inglés), el cual tiene como base los estándares del País.
- A nivel de proyecto se encuentra el plan de ejecución BIM (BEP por sus siglas en inglés), que se basa en el plan de implementación BIM.

A continuación se desarrollan estos conceptos, para tener un mejor entendimiento de la propuesta de estándar planteada en este documento:

#### 4.1 Estándar BIM:

Los estándares BIM, presentan las guías realizadas a nivel nacional impulsadas por el gobierno donde se pactan los fundamentos para la elaboración efectiva de modelos de información de construcción. El objetivo del mismo es poder generar una guía de fácil adaptación que apunta a soportar en términos de BIM el ciclo completo de un proyecto (Building Smart Spanish Chapter, 2014).

El estándar BIM establece un proceso para adoptar BIM en proyectos de construcción, el cual sirve como guía para que contratistas puedan generar una especificación de cómo implementar BIM. La planificación, especificación e implementación de BIM asegura que haya un retorno sustancial de la inversión en el proceso para todos los participantes del proyecto (Construction industry Council Hong Kong).

A nivel mundial existen diferentes estándares los cuales serán expuestos en el siguiente capítulo donde se explica la implementación de BIM a nivel mundial.

#### 4.2 Plan de implementación BIM:

El plan de implementación BIM, es realizado por el gerente BIM, con el objetivo de crear el plan de cómo se implementará BIM a nivel empresa.

Para la creación de este plan, la empresa requiere contar con un enfoque estratégico que involucre a toda los interesados, gran capacidad de liderazgo y un respaldo adecuado por parte de los líderes y de los jefes; lo anterior con el fin de cambiar los procesos tradicionales e implementar nuevas formas de trabajo basados en la metodología BIM.

El plan deberá ser realizado por el Director BIM y estará basado en los estándares BIM que rigen al país.

El BIP deberá contener lo siguiente: (BIM forum Chile, 2017):

- Visión a futuro del uso de BIM
- Definición de objetivos e indicadores de medición de progreso
- Definición de roles y responsabilidades
- Creación y programación de hitos respecto a implementación BIM.
- Plan de comunicaciones.
- Cronograma de capacitaciones.
- Plan de adquisición de software y hardware.
- Documentos de referencia.

### 4.3 Plan de ejecución BIM:

El plan de ejecución BIM deberá ser realizado por el representante BIM o el Gerente BIM del proyecto como se define en el capítulo de roles y responsabilidades.

El BEP es definido como un plan detallado donde se indica cómo será ejecutado, monitoreado y organizado el proyecto específico en términos de BIM. La finalidad del mismo es lograr obtener un esquema donde se garantice que todos los involucrados conozcan las oportunidades y responsabilidades respecto a BIM en el proyecto; en este plan se establecen metas, objetivos, responsabilidades de las personas, proceso de ejecución del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo. El BEP deberá contener la siguiente información (BIM acceleration committee, 2017):

- Información general del proyecto.
- Cronograma del proyecto.
- Contactos claves.
- Objetivos BIM incluyendo su prioridad de ejecución.
- Usos BIM con responsables y competencias requeridas para ser implementado.
- Gestión e intercambio de información, donde se resalta el Software, versiones, formato y responsables de acuerdo al uso de BIM; la definición de nombres de archivos y plataforma de intercambio de información para cada especialidad; la definición de sistema de coordenadas y medidas y la definición de los estándares de modelación.
- Cronogramas de reuniones y de intercambio de información
- Entregables del proyecto.
- Control de calidad incluido el responsable y la frecuencia.
- Tabla de elementos BIM, indicando el responsable y el nivel de desarrollo de acuerdo al ciclo de vida del proyecto.
- Documentos y estándares de referencia.

Para mayor información sobre la ejecución de BEP, se podrá consultar el documento *BIM Project Execution Planning Guide* elaborado por el programa de investigación de construcción integrada computarizada de la Universidad Penn State en el año 2011, o el documento *New Zealand BIM Handbook (apéndice Fi)*, elaborado por el comité de aceleración de BIM en Nueva Zelanda en el año 2014.

#### 4. BIM A NIVEL MUNDIAL

El rol del gobierno es crítico e indispensable en la implementación de BIM en cualquier país. De hecho, en algunos países el Gobierno funciona como el mayor incentivador del uso de BIM jugando un papel proactivo en la regulación e implementación de BIM en la industria de la construcción. Algunos pasos que deben tenerse en cuenta en su implementación, son la creación de políticas y programas, el desarrollo de estándares abiertos, la evaluación de información de diseño, la creación de un departamento exclusivo de BIM, y la presentación y promoción de los programas por parte del gobierno (Wong, Wong, & Nadeem, 2011).

De acuerdo a la metodología planteada para el desarrollo de esta propuesta de estándar, se realizó la recolección y análisis de información con respecto a la implementación de la metodología BIM en el ámbito internacional.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se podrá observar lo siguiente:

- Los países que han logrado implementar en sus proyectos la metodología BIM se resaltan en color verde y rojo en el mapa.
- Los países cuyos estándares y guías sirvieron como base para esta investigación se resaltan en color rojo.

La presente propuesta de estándar, ha utilizado como enfoque para su elaboración los documentos desarrollados por:

- Estados Unidos: potencia mundial y pionero en la aplicación de la metodología BIM. En la actualidad, es uno de los mayores consumidores y productores de información en cuanto a la implementación de BIM.
- Reino Unido: potencia Europea y referente mundial. Se encuentra implementado de forma mandatoria la utilización de BIM desde el año 2016. En los documentos desarrollados, se definen las obligaciones contractuales de cada parte involucrada, así como las responsabilidades y las limitaciones asociadas a la utilización de la metodología.
- Finlandia: fue uno de los primeros países en donde la implementación de métodos avanzados de gestión que permitieran llevar a cabo trabajo colaborativo entre las disciplinas involucradas, fue de gran interés. La exigencia de BIM en los proyectos públicos, es una realidad desde el año 2007.
- Hong Kong: referente mundial y potencia asiática. La implementación de esta metodología se realiza desde el año 2011. Dentro de su enfoque se encuentran: objetivos, planificación, implementación BIM, especificaciones del modelo de información de construcción, administración y mantenimiento del proyecto.
- Chile y México: países latinoamericanos, con característica similares a Colombia y actualmente se encuentran desarrollando estándares encaminados a la correcta y exitosa implementación de la metodología BIM al interior de sus proyectos de inversión pública.

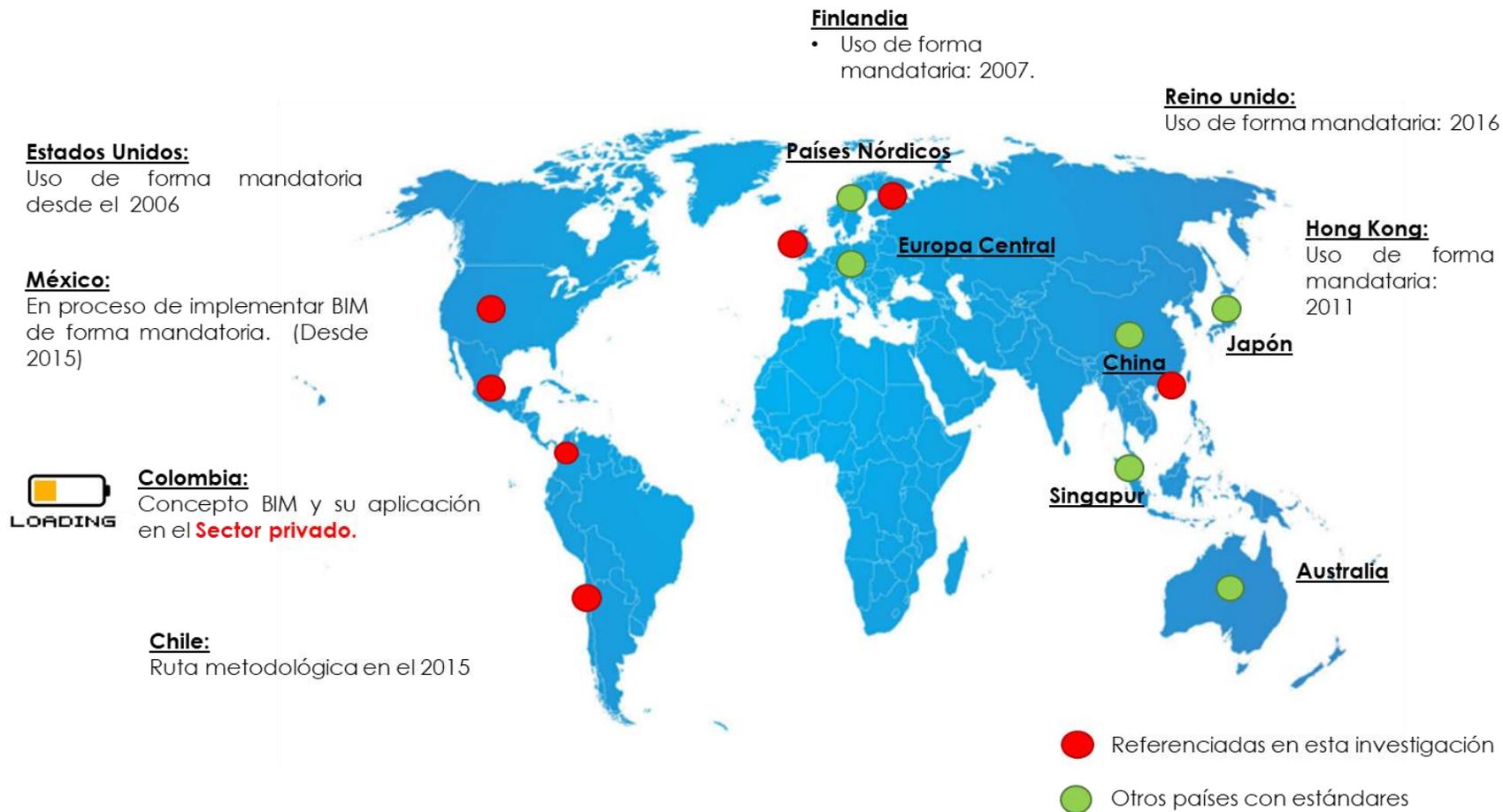


Figura 1 Implementación de BIM alrededor del mundo

A continuación se presenta un análisis de cómo ha sido la implementación de BIM en diferentes países, los entes reguladores y los documentos guía que sirvieron como base para poder crear esta propuesta de estándar que permita implementar la metodología BIM en Colombia.

#### 4.1 Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los mayores consumidores y productores de información en cuanto a la implementación de BIM. La rápida adopción de esta metodología al interior de los proyectos de construcción se atribuye a los beneficios que la implementación de este tipo de metodología colaborativa ha representado para las empresas que han decidido incorporarla a sus procesos.

La importancia en cuanto a la implementación de la metodología BIM durante el ciclo de vida de los proyectos de construcción ha sido tal, que no es sólo el Gobierno de los Estados Unidos el que considera relevante dentro de la planificación de los proyectos, la integración entre: la visualización, coordinación, simulación y optimización en la construcción de los mismos, con el fin de obtener beneficios en cuanto al rendimiento, soluciones, mayor previsibilidad, disminución de residuos, reducción en tiempos de ejecución y sobre costos, entre otros. Es decir, varios estados de los Estados Unidos, universidades y organizaciones privadas están apoyando la adopción de estándares BIM. En consecuencia, se tiene conocimiento que en el año 2010, Wisconsin se convirtió en el primer estado de los Estados Unidos en exigir que todos los proyectos públicos con un presupuesto igual o mayor a US\$5 millones de dólares y toda nueva construcción con un presupuesto igual o mayor a US\$2,5 millones de dólares debía incorporar BIM dentro del ciclo de vida de los mismos (Singh, 2017).

La Administración de Servicios Generales (GSA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos formuló el Programa Nacional 3D-4D-BIM en el año 2003. Este programa estableció una política que imponía la adopción del BIM para todos los proyectos del Servicio de Edificios Públicos. La GSA también colabora activamente con proveedores de BIM, agencias federales, asociaciones profesionales, organizaciones de estándares abiertos e instituciones académicas de investigación para desarrollar una comunidad de líderes BIM dentro de GSA. Hoy en día, se cree que el 72% de las empresas constructoras de los Estados Unidos están utilizando tecnologías BIM para ahorrar costos significativos en los proyectos (Fountain, 2016).

Tal y como se indicó anteriormente, existen varias entidades Gubernamentales y no gubernamentales, que desde el año 2003 han aunado esfuerzos para desarrollar e implementar estándares BIM en proyectos públicos y al interior de sus organizaciones. Dentro de estas entidades se destacan la GSA (General Service Administration), como agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos, y la NIBS (National Institute of Building Sciences) que es una organización no gubernamental sin fines de lucro que reúne con éxito a representantes

del gobierno, profesionales, la industria, entre otros. Estas organizaciones han desarrollado e implementado con éxito los siguientes documentos:

- **GSA - BIM Guide Series**: en la cual se desarrolla un formato educativo de apoyo para las etapas de planeación, diseño y construcción de los proyectos. Además, uno de los principales objetivos de la BIM Guide es proporcionar orientación durante el desarrollo de los proyectos así como establecer los requisitos que se deben tener en cuenta al inicio de nuevos proyectos; lo anterior asegura que la implementación de la metodología BIM sea más beneficiosa y eficiente durante todo el ciclo de vida del proyecto, representando así beneficios a propietarios, operadores, y cualquier miembro del público interesado (General Service Administration , 2017).
- **NBIMS - National Building Information Modeling Standard**: se establecen la infraestructura y las normas necesarias para fomentar la innovación de los procesos a través de estándares consensuados entre las partes involucradas en el desarrollo del proyecto, lo anterior con el fin de que los usuarios involucrados puedan acceder de manera eficiente a la información del mismo; de manera que se puedan construir modelos detallados que permitan entregar productos precisos y obtener beneficios en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos y así se logren crear y operar instalaciones optimizadas (NBIMS-US, 2017).

Es importante mencionar, que desde enero de 2017, se publicó la National BIM Guide for Owners con el fin de proporcionar al equipo involucrado en todo el ciclo de vida de los proyectos, un proceso documentado que incluye los criterios, especificaciones, expectativas de diseño, así como el procedimiento a seguir durante todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura, con lo cual pretende ser una referencia consistente y sólida que logre la inclusión de BIM en los documentos contractuales. Otro de los objetivos de esta Guía, que ha sido desarrollada bajo la asistencia de la NBIMS (National Institute of Building Sciences), es producir una documentación BIM estándar aplicable tanto durante las fases de diseño y construcción, como durante el mantenimiento y la operación de los proyectos resultantes de las mismas. Esta guía se basa en las guías BIM extranjeras, federales, estatales y locales que existen actualmente, es decir que para su creación no se ha realizado una nueva investigación sino que se ha utilizado información ya existente, tales como un conjunto de documentos y prácticas incluidas en el National BIM Standard-United States (National Institute of Building Sciences, 2017).

## 4.2 Reino Unido

En junio de 2011, el gobierno del Reino Unido publicó el “Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy”, donde el gobierno anunciaba su intención de requerir BIM en todos los proyectos de construcción a partir de 2016 (es.BIM, 2017). Conforme a lo anterior, el Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) creó el documento PAS 1192-2:2013 (Specification for information management for the capital/delivery phase of construction Projects using building information modelling), el cual

entró en vigor el pasado 28 de febrero de 2017 y tenía como finalidad incorporar los procesos BIM a todas las obras gubernamentales en etapa de proyecto. Desde el 04 de abril del año 2016, se implementó en el Reino Unido el uso mandatorio PAS 1192-2:2013 para licitaciones públicas; como parte de la estrategia de construcción del Gobierno todas las empresas que trabajen para obras estatales están obligadas a cumplir con esta normativa que tiene como objetivo principal reducir entre un 20% y 30% los costos de las obras públicas. Dicha medida ha acelerado el proceso de implementación de la metodología BIM al interior de las empresas del sector de la construcción del país, debido a que es un requisito de participación dentro de los procesos de adjudicación para proyectos de infraestructura estatal (Ambrosio, 2015).

Un informe publicado por la NBS (National BIM Standard) en el año 2016, reveló que la adopción de BIM en el Reino Unido había alcanzado el 54%, frente al 48% en 2015 (Singh, 2017).

#### 4.2.1 Normalización BIM en el Reino Unido

El Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) ha publicado una serie de documentos y normas que tienen como finalidad incorporar los procesos BIM a todas las obras gubernamentales en etapa de proyecto. En este sentido se han desarrollado los siguientes documentos regulatorios (es.BIM, 2017):

- BS 1192:2007+A1:2015. (Producción colaborativa de información arquitectónica, ingeniería y construcción. Código de Prácticas).
- Protocolo BIM CIC PAS 1192-2:2013. (Especificación para la Gestión de la Información - Fase capital / Entrega de Proyectos).
- PAS 1192-3:2014. (Especificación para la Gestión de la Información - Fase Operativa de Proyectos).
- BS 1192-4:2014. (Producción Colaborativa de la Información - COBie, Código de Prácticas).
- PAS 1192-5:2015. (Especificación para BIM y Seguridad).

El protocolo BIM CIC PAS 1192-2:2013 define las obligaciones contractuales de cada parte, así como las responsabilidades y las limitaciones asociadas a su utilización. El objetivo de este documento es integrar el Nivel 2 en los contratos de adhesión y ha jugado un papel importante en la promoción del uso y el conocimiento de BIM en el Reino Unido (BIM Community, 2016). El nivel 2 es definido como un nivel de trabajo ‘colaborativo’, donde cada una de las partes involucradas participa en la elaboración y actualización de modelos virtuales; por medio de los cuales se puede transmitir información a través de archivos de formato común, que acompañarán y progresivamente sustituirán de manera parcial, la documentación tradicional del proyecto, es decir, los planos del proyecto.

Por otro lado, el Protocolo BIM desarrollado por el Comité AEC de Reino Unido, fue lanzado por primera vez en noviembre de 2009, su versión 2.1 publicada en el año 2015 incluye los protocolos, especificaciones, procedimientos y documentos del Reino Unido (y

documentación internacional pertinente), que permiten proporcionar orientación consistente e independiente de la plataforma, para la implementación y uso de las tecnologías BIM del proyecto. Entre los objetivos para la implementación de este Protocolo se establecen (AEC (UK) Committee, 2015):

- Maximizar la eficiencia de la producción mediante la adopción de la metodología. Esta eficiencia debe estar enfocada hacia el cumplimiento de los niveles de madurez obligatorios establecidos por el Gobierno del Reino Unido.
- Definir las mejores prácticas dentro del ciclo de vida del proyecto, que garanticen la entrega y el intercambio continuo y uniforme de la información durante todo el proyecto.
- Asegurar que los archivos digitales se encuentran estructurados de forma correcta, con el fin de permitir generar una ambiente de trabajo colaborativo entre todos los participantes del proyecto.

### 4.3 Finlandia

Finlandia se encuentra entre los primeros países que adoptaron las tecnologías BIM, con normas y requisitos públicos ya vigentes.

En el año 2002, Finlandia empezó a trabajar en la implementación de tecnologías BIM, y para 2007, la Confederación de Industrias de la Construcción de Finlandia había ordenado que todos los paquetes de software de diseño tuvieran que pasar la Certificación IFC (Industry Foundation Classes). Dentro de las instituciones gubernamentales es obligatorio su uso desde 2007 para todo software de diseño que quiera superar el certificado IFC en concordancia con los requisitos establecidos por el mandato BIM. Cabe señalar que IFC es un estándar creado por buildingSMART Internacional que permite compartir modelos y trabajar independientemente de un software en específico. Este estándar fue creado como solución para un intercambio abierto de información entre las aplicaciones y permite informar sobre los posibles errores y cuestiones relacionadas con los detalles de los elementos del modelo, de forma visual (Singh, 2017).

En el año 2012, la Confederación de Industrias de la Construcción de Finlandia tomó la decisión que BIM sería un elemento clave para todos los cambios a realizar en el sector de la construcción, por lo cual el Building SMART Finland desarrolló e implementó, el documento Common BIM Requirements 2012, como una guía estándar de fácil adaptación que permite reunir y coordinar a todas las disciplinas involucradas dentro del desarrollo del ciclo de vida del proyectos, a través de la confección de modelos BIM precisos que brinden las garantías necesarias con respecto a su uso de manera efectiva dentro del sector (es.BIM, 2017).

En el marco del congreso EUBIM 2013 se planteó una iniciativa de estandarización denominada uBIM cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para usuarios BIM, por lo cual, actualmente se cuenta con una adaptación COBIM finlandés (Common BIM Requirements 2012) realizada por Building SMART Spanish Chapter en el año 2014,

el cual fue desarrollado de forma colaborativa atendiendo las normativas y estándares vigentes (Building Smart Spanish Chapter, 2014).

El objetivo del documento desarrollado, es permitir la coordinación de todas las especialidades involucradas dentro del desarrollo del proyecto, lo anterior, a través de una guía estandarizada que estará en evolución constante y que además podrá ser adaptada y aplicada, de manera que la modelación BIM pueda otorgar garantías de precisión, para que el uso de la información existente del proyecto, permita prestar beneficios a la ejecución en cuanto a calidad, eficiencia, seguridad y conforme con un desarrollo sostenible.

El documento desarrollado consta de 13 guías para el usuario BIM, que establecen los requisitos a tener en cuenta para la construcción de un modelo BIM satisfactorio; en consecuencia, se establecen las prioridades y objetivos específicos para uso y aplicación del modelo. Las 13 guías incluidas dentro del documento Common BIM Requirements 2012 son las siguientes (Building Smart Spanish Chapter, 2014):

- 1) Parte general.
- 2) Modelación del estado actual.
- 3) Diseño arquitectónico.
- 4) Diseño de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias.
- 5) Diseño estructural.
- 6) Aseguramiento de la calidad.
- 7) Mediciones en BIM.
- 8) Uso de modelos en visualización.
- 9) Uso de modelos en análisis de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias.
- 10) Análisis energético.
- 11) Gestión del proyecto BIM.
- 12) BIM para el mantenimiento y operación.
- 13) Uso de modelos BIM durante la fase de construcción.

#### 4.4 Hong Kong

El Instituto de Modelación de la Información de Construcción de Hong Kong (HKIBIM), fue establecido en el año 2009. Entre sus objetivos principales se encuentran: Promover la educación general, la comprensión, la apreciación y despertar el interés hacia la implementación de BIM durante el ciclo de vida de los proyectos, así también como establecer y avanzar en el desarrollo de las normas de construcción que permitan optimizar la gestión de la información en la industria de la construcción.

A continuación se presenta el enfoque principal que se incluye dentro del documento de especificaciones publicadas en el año 2011 por HKIBIM (Hong Kong Institute of Building Information Modelling, 2011):

- Objetivos del proyecto BIM: Planificación de la implementación BIM.

- Especificación del modelo de información de construcción: Modelación.
- Planificación de Recurso: Administración y mantenimiento.

BIM ha ido ganando terreno en Hong Kong con el tiempo. El CIC (Construction industry Council Hong Kong), fue creado en el año 2007 para establecer un consenso sobre cuestiones estratégicas a largo plazo, se encarga de transmitir las necesidades y aspiraciones de la industria de la construcción al Gobierno, por lo tanto, funciona como un canal de comunicación para que el Gobierno solicite asesoramiento sobre todas las cuestiones relacionadas con la construcción. En 2013. La CIC publicó el "Building Information Modelling Standards Draft", el cual es una hoja de ruta basada en los estándares actuales establecidos por la Autoridad de Vivienda de Hong Kong en el año 2014, MTR Corporation y HKIBIM (Singh, 2017).

#### 4.5 Chile

La industria de la construcción en Chile representa el 7,5% del PIB y genera 8,7% del empleo del país. De acuerdo a lo indicado por Carolina Soto, directora ejecutiva del Plan BIM en Chile, el 35% de los recursos invertidos en construcción se pierden entre algunas causas por fragmentación entre etapas y actores críticos, baja adopción de métodos avanzados de gestión de información y baja capacitación de los trabajadores del sector. De igual forma indica que de la inversión que realiza el Ministerio de obras públicas, 96% de los contratos se modifican, se genera un 30% en retrasos de tiempo de lo originalmente planeado, y de lo invertido en el 2016 un 7% ha sido por sobrecostos. De igual forma se evidencia que pese a que el 80% de la inversión en una edificación corresponde a etapas de operación y cierre, esta no se planifica en el inicio del proyecto (Soto, 2017).

Teniendo en cuenta la importancia de la industria de la construcción en Chile, la Corporación de Fomento de la producción (CORFO), el Ministerio de obras públicas (MOP), la Cámara Chilena de Construcción entre otras entidades públicas y privadas, crearon a través de la iniciativa TRANSFORMA el programa Construye 2025.

El programa busca convertir a Chile en un referente internacional en productividad y sustentabilidad de la construcción durante todo el ciclo de vida de la edificación, debido a que actualmente en Chile los proyectos de edificación se planifican en poco tiempo con metodologías y herramientas obsoletas que implica una generación de mayores costos y tiempo de los originalmente concebidos (Transforma, economía productiva y diversificada, 2017).

Dentro de las principales iniciativas del programa, se encuentra el “Plan BIM, Modernización de la Industria de la Construcción”. El objetivo del plan es “desarrollar un proceso colaborativo público-privado para incrementar la productividad y sostenibilidad – social, económica y ambiental – de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones, que promuevan la modernización de ésta. Se busca lograr este aumento de productividad y

sostenibilidad en todo el ciclo de vida de las obras, desde su diseño hasta su operación (Soto, Carolina; Plan BIM CORFO, 2016).

Sus objetivos específicos son los siguientes:

- Aumentar la productividad de la industria de la construcción a través de la reducción de costos e ineficiencias a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos.
- Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo el ciclo de vida.
- Reducir costos, plazos e ineficiencias en todo el ciclo de vida.
- Mejorar la predictibilidad, control de costos y plazos de la construcción.
- Aumentar la trazabilidad y transparencia de la información de proyectos.
- Proveer mejores herramientas para la participación ciudadana de proyectos.
- Fomentar una industria colaborativa y el uso de estándares comunes.
- Asegurar el cumplimiento normativo y reducir los tiempos de aprobación de permisos de edificación.

De acuerdo a la hoja de ruta planteada en el plan, las acciones del plan BIM iniciaron en el año 2015, y se espera para el año 2020 la exigencia de BIM para todos los proyectos que involucren recursos públicos.

Para lograr estos objetivos, en el plan se definen 6 líneas de acción indicando lo que se deben ejecutar en cada una de estas (Soto, Carolina; Plan BIM CORFO, 2016):

- Estandarización de procesos: Para esta acción se debe realizar el levantamiento actual de procesos, lograr integrar el diseño y la construcción a través de guías y estándares y a través de laboratorios realizados por diferentes Ministerios.
- Formación del capital humano: Para lograrlo se deberá capacitar tanto a mandantes como a usuarios, a través de la educación de técnico, pregrado, o posgrado.
- Herramientas BIM: Se debe fomentar el uso de formatos abiertos y adaptar las herramientas al contexto local.
- Normativo y contractual: Se debe desarrollar el marco legal, y las respectivas modificaciones contractuales tanto al diseño como a la construcción.
- Estandarización de componentes: Se deben generar librerías de componente que respondan a la normativa planteada.
- Ciclo de vida del proyecto: El plan aplica para el diseño, construcción y operación. Se deben generar procedimientos de traspaso de información entre estas tres fases.

#### 4.5.1 Creación de primer estándar BIM en Chile

Como uno de los documentos predecesores del “Plan BIM, Modernización de la industria de la construcción”, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Universidad del Bío-Bío, quienes hacen parte de las entidades que apoyan el programa Construye 2025, en el año 2013 generaron el documento titulado “Términos de referencia, Uso de modelos BIM –

Dirección de arquitectura MOP”. La finalidad de este documento es “definir conceptos, requerimientos, métodos y ejemplos acerca del uso de las tecnologías BIM en proyectos nuevos de edificación pública y en términos de desarrollo del país apuntar a la creación de un Estándar BIM Chileno que beneficie directamente al MOP en su toma de decisiones e indirectamente a la industria de la construcción, arquitectura e ingeniería” (Universidad del Biobío, 2013).

Analizando el documento de referencia, se evidencia que los temas tratados principalmente son los siguientes:

- Descripción de los conceptos básicos de BIM: Se describen algunos conceptos básicos de BIM y sus beneficios. Hacen claridad que para ser exitoso, el alcance para cada etapa debe estar definido desde el origen del proyecto, y los profesionales que desarrollen la metodología deberán estar capacitados para tal fin.
- Análisis de iniciativas oficiales de otros países (Estados Unidos, Finlandia, Noruega): Del análisis realizado concluyen que las entidades gubernamentales son los principales impulsores del uso masivo de BIM, y que a pesar de existir resistencia inicial al cambio, el tiempo y la constancia han dejado conocer las ventajas que traería implementar BIM.
- Aplicación de BIM en Chile: A través del análisis de diferentes casos de estudio de BIM en obras de Chile tanto en ingeniería como en construcción, logran determinar ventajas ahorros en tiempos, costos, al igual que aterrizar las barreras en el país del por qué no existe una mayor implementación.
- Términos de referencia para proyectos del MOP: Basados en el análisis respecto a la situación del país, y el análisis respecto a regulaciones extranjeras, generan unos términos de referencia mínimos que deberían cumplir los proyectos del Ministerio de Obras públicas. La solicitud de información del proyecto, el nivel de detalle y el equipo humano exigido depende del tipo de proyecto, cuantía y área a desarrollar.

#### 4.6 México

Con el objetivo de buscar la implementación de tecnología para el incremento de la productividad de la industria de la construcción en México, en 1994 la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) creó la Fundación de la Industria de la Construcción (FIC) (García, 2014).

Posteriormente, en el año 2014 y teniendo en cuenta que para el 2013 la industria de la construcción se posicionaba como la quinta actividad económica que mayor valor agregado generaba a la producción nacional y la segunda actividad económica con mayor capacidad de generación de empleo (García, 2014), y con el fin de acelerar el proceso de implementación de BIM y obtener una norma BIM en México (NMX), la FIC creó el grupo BIM Forum México con participantes de los diferentes grupos de interés de la industria.

Por otra parte, en el ámbito académico se ha ido introduciendo BIM como materia obligatoria en las principales universidades, todo en búsqueda de lograr apuntar a un mayor desarrollo y

mejor competitividad de sector de la construcción en México. Aunque aún está en desarrollo la primera Norma BIM en México “Industria de la Construcción-NMX-000-11-2015 Modelado de Información para la Construcción”, se ha generado el uso de BIM para proyectos públicos como lo es el Nuevo Aeropuerto Internacional de México, en el cual todas las disciplinas involucradas usan la metodología BIM (Cruz, 2017).

#### 4.6.1 Recomendaciones para desarrollar estrategia BIM en México

Con el propósito de contribuir a la estrategia para el desarrollo de BIM en México, en el año 2015, la embajada del Reino Unido en México creó el documento titulado “Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia”, basados en la experiencia tenida en el Reino Unido (ARCADIS, 2015).

Analizando el documento de referencia vemos que los temas tratados principalmente son los siguientes:

- Generalidades del BIM y la estrategia de implementación en el Reino Unido.
- Recomendaciones para el desarrollo de una estrategia del BIM en México.
- Análisis de la disponibilidad de BIM en México.
- Análisis de la estrategia de BIM en el Reino Unido, su implementación y casos prácticos.
- Recomendaciones e implicaciones para la implementación de BIM en México.

Cabe resaltar, que basados en la experiencia del Reino Unido, las principales recomendaciones para el desarrollo de una estrategia de BIM en México se presentan a continuación y se desarrollan a profundidad en el texto de referencia:

- Concentrarse en estrategias eficientes para la adopción de la metodología BIM, con las cuales el cliente y los usuarios finales puedan obtener beneficios inmediatos.
- Debe incluirse en el contenido el aspecto tecnológico, de procesos y cultural.
- La estrategia debe estar enfocada en atender los intereses y necesidades específicas encontradas.
- Deben desarrollarse normas y procesos para facilitar el intercambio de información.
- Debe realizarse en fases para tener el tiempo suficiente para el desarrollo de capacidades, habilidades y procesos.

## 5. BIM EN COLOMBIA

### 5.1 Proyectos públicos en Colombia

En el país contamos con leyes y guías que regulan el uso de los recursos públicos y con base en las cuales se ejecuta la contratación de obras públicas.

La ley 80 de 1993 nació como un marco normativo de la actividad estatal que indica el estatuto general de contratación de la administración pública, indicando las principales reglas y principios por las que se debe regir la contratación (Congreso de Colombia, 1993).

El artículo 32 de la ley 80 define el contrato de obra pública como “aquel que celebran las entidades estatales para la construcción, mantenimiento, instalación y en general para la realización de cualquier otro trabajo material sobre bienes inmuebles”.

Esta ley ha sido modificada y complementada por la ley 1150 del 2017, por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos; la ley 1474 del 2011 por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública; y la ley 1682 del 2013 por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.

Con el fin de generar una política clara y unificada en materia de compras y de contratación pública, que sirvieran como guía a los administradores públicos en la gestión y ejecución de recursos para poder medir, monitorear y evaluar y lograr una mayor transparencia en las compras y contratación pública, el 3 de noviembre del 2011 se crea la Agencia Nacional de contratación pública – *Colombia compra eficiente* (Republica de Colombia, 2011).

Dentro de las guías de *Colombia Compra Eficiente*, que sirven para analizar cómo se hace la contratación y seguimiento y control a las obras públicas en el país resaltamos la guía para los procesos de contratación de obra pública y la guía de supervisores y interventores.

#### 5.1.1 Guía procesos de contratación de obra pública (G-GPCOP-01):

La guía de procesos de contratación de obra pública creada por el Gobierno de Colombia a través de *Colombia Compra Eficiente*, es publicada con el propósito de difundir las normas, reglas, procedimientos, medios tecnológicos y mejores prácticas para el sistema de compra pública (Colombia Compra Eficiente, 2017) .

La guía se divide en 3 fases: planeación de procesos en contratación de obra pública, ejecución de procesos en contratación de obra pública y calidad en contratos de obra pública.

Del documento es importante hacer énfasis en lo siguiente:

- En la fase de planeación se solicita que se cuente con los estudios de ingeniería, aspectos presupuestales, identificación de impactos, identificación de permisos, autorizaciones y licencias y una proyección de la gestión predial. De igual forma se identifica la modalidad de selección y el método de forma de pago.
- En la fase de ejecución se hace énfasis en la necesidad de contratar un interventor o un supervisor quien realice el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico para la correcta ejecución del contrato.
- Finalmente en la fase de calidad no solamente se relaciona la calidad de materiales si no en la conformidad de los mismos de acuerdo a sus especificaciones.

Es importante recalcar que esta guía indica la necesidad de tener la información técnica respectiva de apoyo a la contratación, pero no se establecen requisitos de los parámetros para presentar esta información.

### 5.1.2 Guía supervisores e interventores (G-EFSICE-02):

La Guía para el ejercicio de las funciones de supervisión e interventoría de los contratos suscritos por las Entidades Estatales publicada por el Gobierno de Colombia a través de *Colombia Compra Eficiente*, hace énfasis en los roles de supervisores e interventorías, su selección y designación, ejercicio, responsabilidades y prohibiciones.

Como se indica en la guía, tanto la interventoría como la supervisión deben realizar una revisión y seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico de acuerdo con su nivel de especialización. Dentro de su ejercicio cabe resaltar que deben hacer seguimiento del cumplimiento del plazo del contrato y de los cronogramas previstos en el contrato, al igual que la identificación de la necesidad de cambios o ajustes. Las faltas que comentan en sus funciones por actuaciones u omisiones podrán ser castigadas civil, fiscal, penal o disciplinariamente.

La guía indica la importancia de la supervisión e interventoría, pero no se indican los procedimientos mínimos que deberían realizarse en el cumplimiento de sus obligaciones.

### 5.1.3 Manuales para la presentación de proyectos:

Cada una de las Entidades Estatales establece los lineamientos que los Entes Territoriales deben atender para presentar proyectos de infraestructura que busquen ser financiados en el marco de la gestión de cada uno de los programas propios de la entidad. En estas guías y manuales propias de cada Entidad se brindan orientaciones encaminadas a abordar la planeación, formulación, ejecución y operación de los proyectos.

Se revisaron diferentes guías de las entidades dentro de las que se encuentran:

- Guía para la presentación de proyectos del Fondo Nacional de Seguridad y Convivencia ciudadana – FOSECON, desarrollada por el Ministerio del Interior en el 2016
- Guía No 47- Formulación de proyectos del sector educativo en el marco del sistema General de Regalías, desarrollado por el Ministerio de Educación en el año 2013
- Guía General para la planeación, formulación, ejecución y operación de proyectos de infraestructura cultural, desarrollada por el Ministerio de Cultura en el año 2011
- Manual para la presentación de proyectos de infraestructura social, desarrollada por Prosperidad Social en el año 2017.
- Manual para la destinación de recursos y presentación de proyectos desarrollado por el Ministerio de comercio, industria y turismo en el año 2012.

Respecto a la inversión pública en infraestructura, las guías y manuales previamente indicadas, dentro de sus requisitos de financiación de este tipo de proyectos solicitan de manera general las siguientes exigencias relacionadas con la presentación de los proyectos:

- Planteamiento claro del proyecto
- Entrega del proyecto arquitectónico (cuando aplique)
- Entrega de estudios y diseños técnicos (cuando aplique)
- Entrega de licencias (cuando aplique)
- Entrega de presupuestos
- Entrega de guías y presupuestos para operación y mantenimiento (cuando aplique)

Dentro de los requisitos técnicos generales se pueden destacar (Prosperidad Social, 2017):

- Memorias de cálculo de cantidades de obra
- Presupuesto detallado con APUs e insumos
- Topografía y estudio de suelos
- Diseño por especialidad con especificaciones, memorias de cálculo y detalles constructivos, plantas y cortes.
- Especificaciones técnicas de construcción
- Cronograma de ejecución

La documentación solicitada respecto a los proyectos se solicita en formato físico impreso y en formato digital en PDF. En caso de aportar diseños se debe presentar en formato DWG y las carteras topográficas en .TXT (Prosperidad Social, 2017).

Las diferentes leyes, decretos y guías que regulan la presentación, ejecución, seguimiento y control de inversión pública en proyectos de edificación en el País, indican que para su financiación deben ser proyectos que técnicamente cumplan con cierto nivel de desarrollo dependiendo de nivel de madurez del proyecto, y deja en claro los diferentes requisitos técnicos debidamente soportados como planos, especificaciones y presupuestos. De igual forma define el ejercicio que debe cumplir la interventoría y supervisión con el fin de lograr hacer el seguimiento adecuado en las diferentes etapas de un proyecto.

Sin embargo, la falta de interrelación entre las diferentes fases de un proyecto, la falta de involucramiento de los diferentes actores entre las fases del proyecto, y la exigencia básica de presentar la mayoría de documentos en PDF, .DWG o algún formato de texto, generan brechas a la hora de cumplir con lo estipulado. De esta forma, lograr el seguimiento y control exigido en los manuales, puede presentar tropiezos principalmente en lo relacionado con el manejo de la información y consecución de información de origen de los proyectos.

## 5.2 Estado de implementación BIM en Colombia

La realización de encuestas a profesionales y estudiantes relacionados con el sector de ingeniería y construcción en el año 2016, determina que aun cuando la implementación y el uso de BIM en el país es muy bajo, el 100% está de acuerdo en que en los próximos 10 años lo usarán continuamente y los que no lo usan indican que es por falta de solicitud de los clientes. Se identifica además que los mayores beneficios se obtienen en términos de calidad, integración y estimaciones, y que las barreras están ligadas a los altos costos de la implementación, falta de personal capacitado, y resistencia al cambio. De acuerdo a esta investigación, para lograr el uso de BIM en el país es necesario que el gobierno promueva los estándares de implementación, y así mismo que dé incentivos al respecto. Por otra parte, se requiere la modificación de los programas de pregrado y posgrado donde se incluya la metodología BIM y sus herramientas. (Gomez Sanchez, Rojas Quintero, & Aibinu, 2016).

Encuestas realizadas en el año 2015, identificaron que solo el 18% de los encuestados usan frecuentemente BIM, sin embargo un gran porcentaje de profesionales, por temor, precaución, desconocimiento o por los costos asociados al cambio de tecnología desaprovechan las ventajas de BIM. De igual forma, se presenta desconocimiento sobre las características completas de BIM, ya que los encuestados indican no conocer sobre las dimensiones 4D, 5D, 6D y 7D. (Botero, Isaza, & Vásquez, 2015).

Por otra parte, se evidencia que el concepto BIM y su aplicación en los proyectos en Colombia, está tomando fuerza en el Sector privado, siendo impulsado por las grandes constructoras del país como lo son Amarilo, Colpatria y Construcciones Planificadas, al igual que por la creación de empresas consultoras especializadas.

Con el objetivo de realizar un sondeo del estado del uso de BIM (Building Information Modeling) en proyectos de edificación financiados con recursos públicos, se realizó una encuesta virtual dirigida a arquitectos, ingenieros, constructores, y en general a profesionales involucrados en proyectos constructivos financiados con recursos públicos en Colombia. La divulgación de esta encuesta se realizó por correo electrónico y en grupos de interés de redes sociales.

De las 478 encuestas se obtuvo respuesta de 276 personas, aun cuando se enviaron en repetidas ocasiones las solicitudes para su diligenciamiento. La encuesta constó de 33

preguntas que se dividieron en 6 secciones de acuerdo al tema. Los resultados por secciones fueron los siguientes:

### 5.2.1 Caracterización del encuestado:

El objetivo de esta sección era determinar la caracterización del personal encuestado, el cual de acuerdo a los resultados fue un grupo heterogéneo de diferentes ciudades, edades y profesiones.

La Figura 2 y Figura 3 caracterizan la ciudad de residencia y el rango de edad de los encuestados, indicando que la mayoría, con el 63% viven en Bogotá y su edad oscila entre los 31 y 40 años principalmente (49%). El 22% indicó vivir en otras ciudades principales como Cali, Medellín, Bucaramanga y Barranquilla.

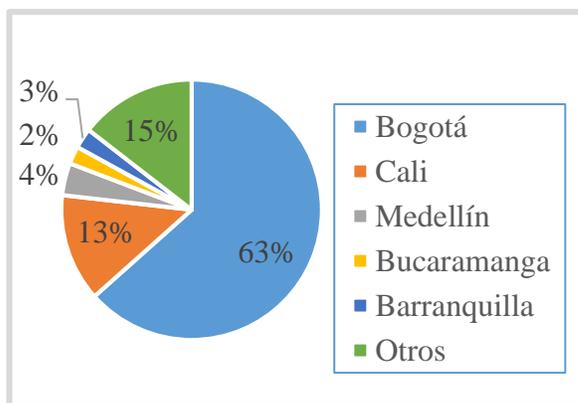


Figura 2. Ciudad de residencia: Selección

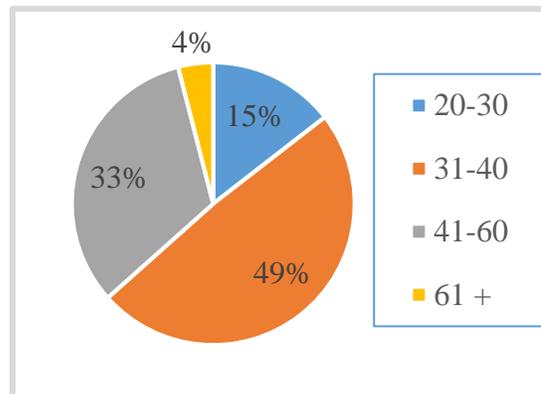


Figura 3. Rango de edad: Selección única

Las profesiones principales de los encuestados fueron ingeniería civil con el 49% y arquitectura con el 33% como se puede ver en la Figura 4. Por otra parte, como se evidencia en la Figura 5, la principal experiencia de los encuestados fue en construcción con el 65%, seguido de supervisión a proyectos (54%), en diseño (52%) y en interventoría (44%).

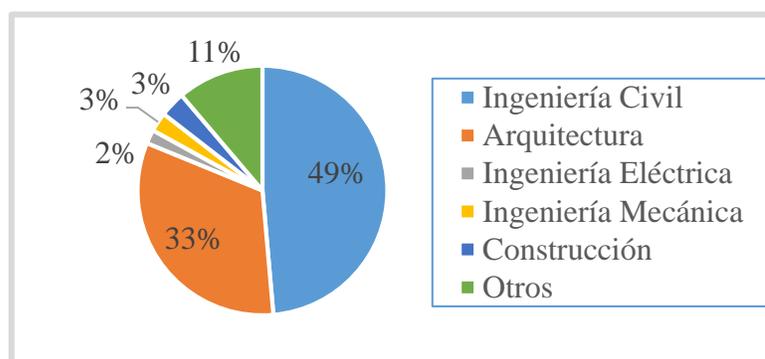


Figura 4. Profesión: Selección única

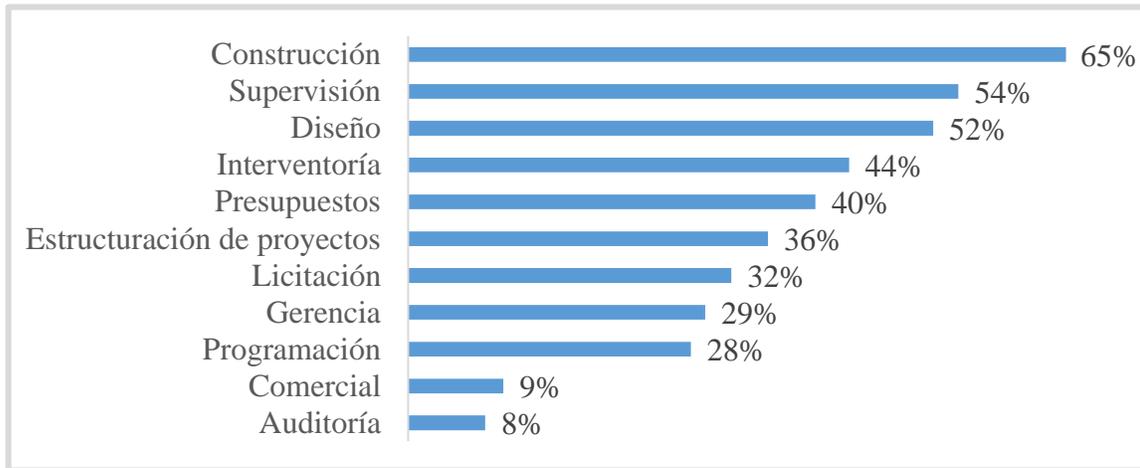


Figura 5. Experiencia profesional: Selección múltiple

Respecto a la pregunta No. 5, ¿con cuáles entidades del estado ha participado en proyectos directa o indirectamente?, el 100% de los encuestados relacionaron una o varias entidades de orden regional o nacional con el que han trabajado.

### 5.2.2 Prácticas y procesos sobre la gestión de proyectos:

El objetivo de esta sección era determinar las prácticas más comunes respecto a la presentación de proyectos, y determinar algunos puntos clave respecto a la gestión de proyectos dentro de las empresas en las que laboran los encuestados.

Se preguntó de forma abierta las prácticas de presentación de proyectos que se usan normalmente en los proyectos en el sector público (Figura 6), evidenciando que la mayoría, con el 94% indican que le exigen presentar sus proyectos en planos 2D (digitales o PDF); sin embargo se evidencia que el 83% de los encuestados no considera suficiente presentar proyectos solamente en planos 2D (Figura 7).

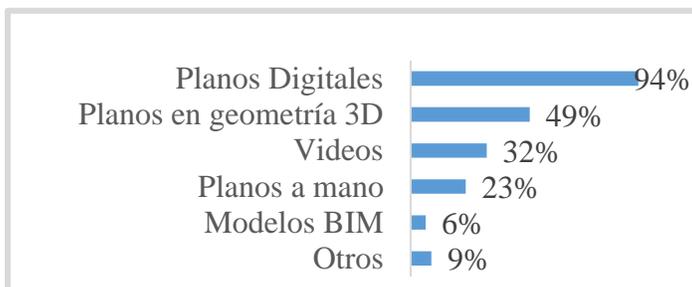


Figura 6. Prácticas en presentación de proyectos: Pregunta abierta



Figura 7. Es suficiente presentar proyectos en planos 2D

En concordancia con la respuesta referente a prácticas de presentación de proyectos, se evidencia en la Figura 8 que el principal formato en el que le exigen presentar a los

encuestados los proyectos, son los relacionados con software AutoCAD (83%), seguido de Excel (45%) y PDF(41%); de igual forma, se cuestionó cuáles formatos manejan durante la ejecución de los proyectos (Figura 9) evidenciando que aparte de los exigidos utilizan otro tipo de formatos relacionados con software como Sketchup, Revit o ArchiCAD que en total suman el 17%.

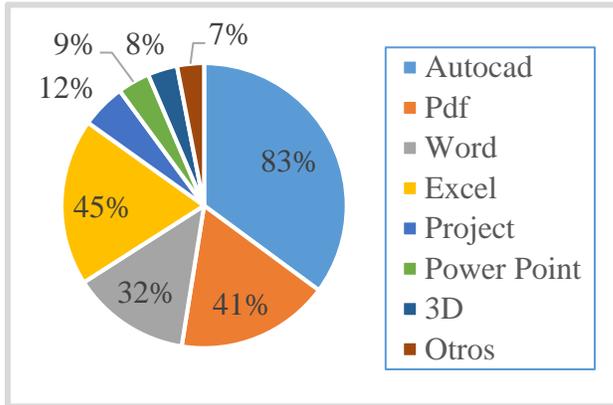


Figura 8. Formatos en que le exigen presentar los proyectos: Pregunta abierta

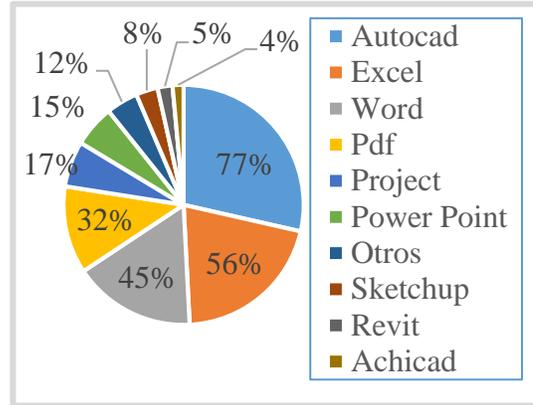


Figura 9. Formatos en que maneja para presentar los proyectos: Pregunta abierta

En relación al trabajo colaborativo y la forma de relacionar su trabajo con otras especialidades, la mayoría de encuestados indicaron que lo relacionaban a través de mesas de trabajo periódica (85%), remitiendo la información a otras especialidades (80%) o a compartiendo la información al subir la información a una nube (53%), como se evidencia en la Figura 10. Por otra parte, dentro de las prácticas de gestión de proyectos, el 54% de los encuestados indican que en menos del 50% de sus proyectos trabaja de forma colaborativa con otros involucrados, lo cual evidencia un bajo porcentaje de trabajo colaborativo entre especialidades como se puede ver en la Figura 11.

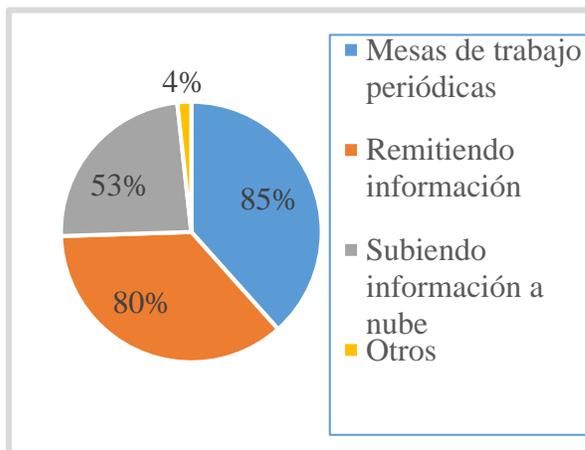


Figura 10. Cómo relaciona su trabajo con otras especialidades: Selección múltiple

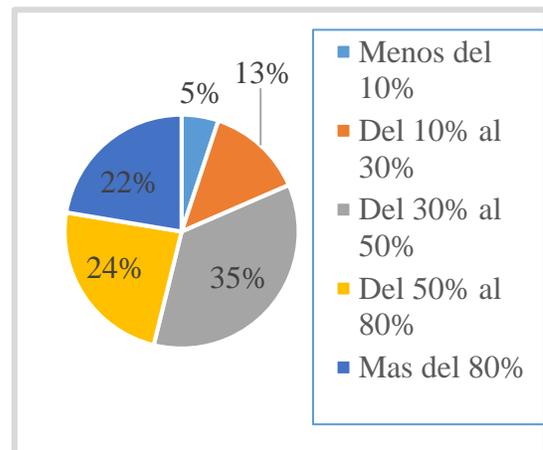


Figura 11. En qué porcentaje de proyectos colabora con otras especialidades: Selección única

En relación a las empresas del sector público en que han trabajado, el 58% de los encuestados indica que existe algún grado de estandarización en su empresa (no obligatorio) (Figura 12), el 51% indica que su empresa tiene algún interés en actualización de nuevas tecnologías (Figura 13), y el 47% indica que los roles de trabajo pueden ser compartidos (Figura 14).

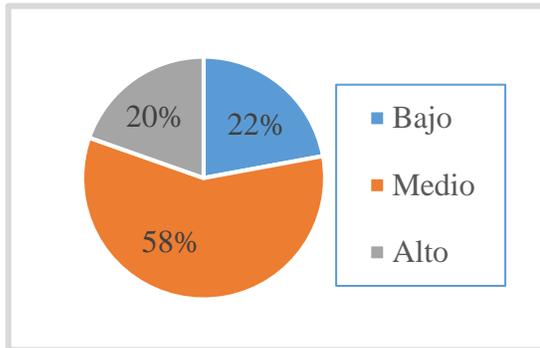


Figura 12. Nivel de estandarización de la empresa: Selección única

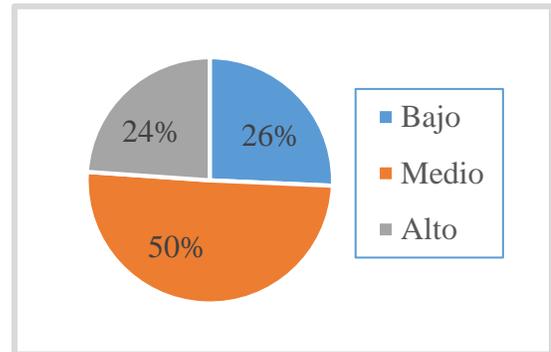


Figura 13. Nivel de compromiso con nuevas tecnologías: Selección única

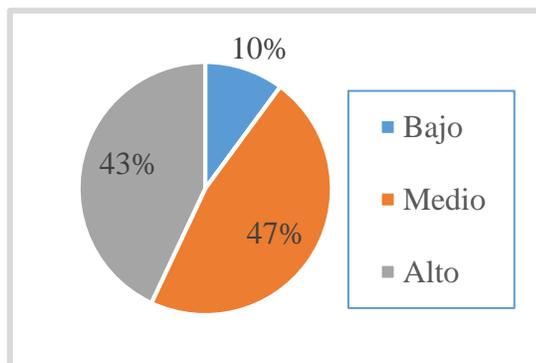


Figura 14. Nivel de definición de roles: Selección única

### 5.2.3 Software utilizado

El objetivo de esta sección era determinar los software que utilizan principalmente los encuestados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, al igual que su uso y conocimiento de software especializado de BIM.

Como resultado de las encuestas, se evidencia en las Figura 15, Figura 16 y Figura 17 que el software más utilizado para diseño es AutoCAD (58%), en programación y control Excel (50%) y Project (36%), en construcción AutoCAD (38 %) y Excel (36%).

Respecto a la pregunta sobre el software utilizado para la etapa de mantenimiento de edificaciones y para la etapa de sostenibilidad y evaluación energética, el 82% y el 94% indicaron que no participaban en esa etapa respectivamente. Por lo cual los resultados

obtenidos respecto a software utilizados no es válida por el poco porcentaje de respuestas obtenidas.

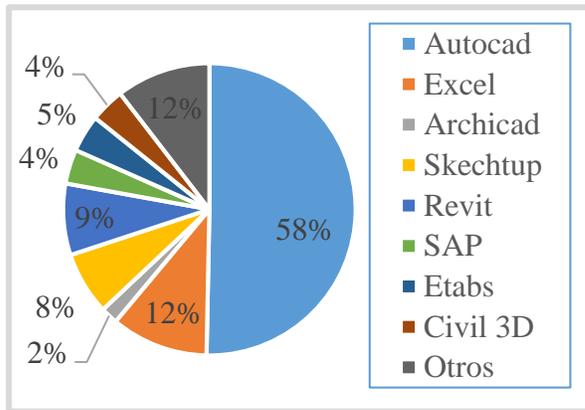


Figura 15. Software utilizado en diseño: Pregunta abierta

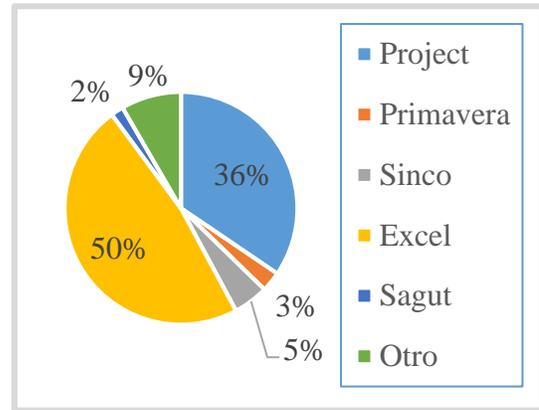


Figura 16. Software utilizado en programación y presupuesto: Pregunta abierta

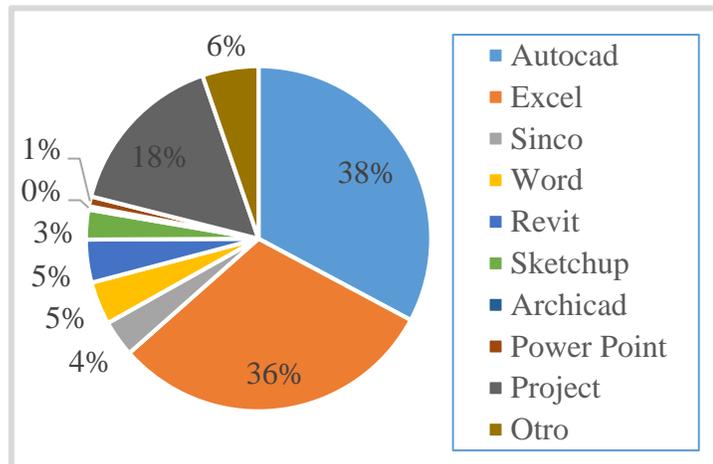


Figura 17. Software utilizado en construcción: Pregunta abierta

Los encuestado que indican tener algún conocimiento de BIM, mencionan que los software más utilizados son Revit (25%) y ArchiCAD (25%); a parte de estos dentro de los más conocidos pero no utilizados se encuentran Navisworks (14%) y Tekla (12%) como se ve reflejado en la Figura 18. Adicional a lo anterior, se evidencia que los software especializados anteriormente descritos se utilizan principalmente con el fin de diseñar (29%) como se observa en la gráfica Figura 19.

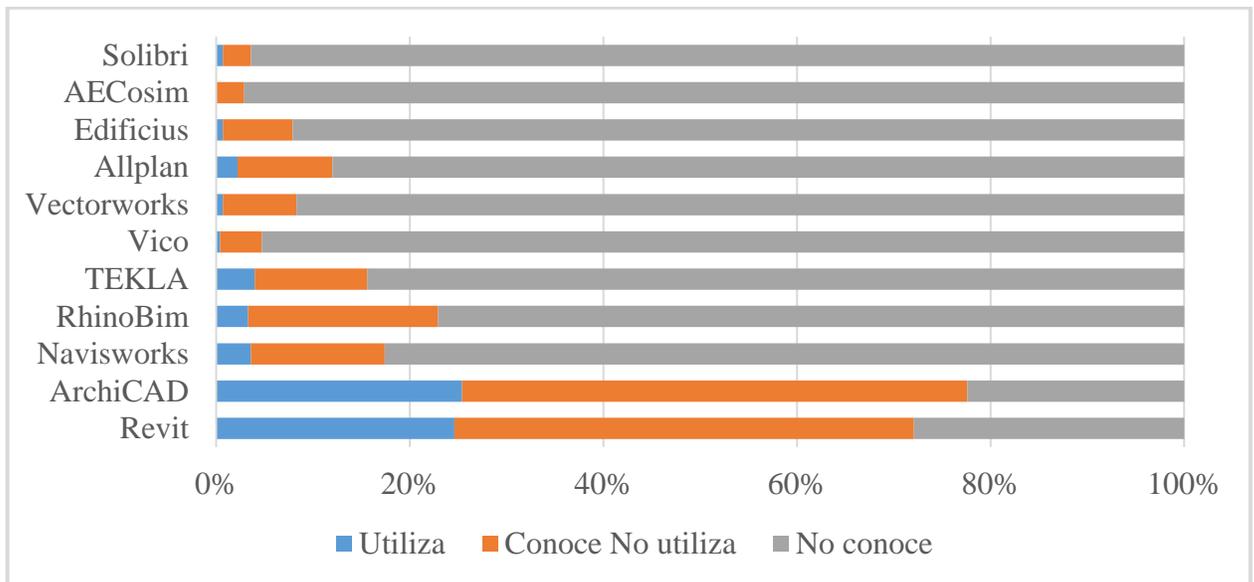


Figura 18. Uso de software BIM: Selección múltiple

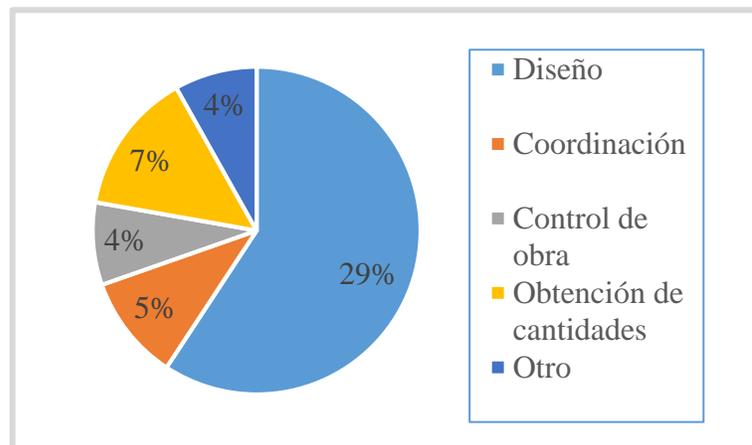


Figura 19. Finalidad del software especializado: Pregunta abierta

#### 5.2.4 ¿Cuánto sabe de BIM?

El objetivo de esta sección era determinar el conocimiento que tienen los encuestados sobre la metodología BIM. Si el encuestado respondía afirmativamente que conocía BIM y que era usuario de BIM por alguna razón, continuaba con la siguiente sección de la encuesta, y en caso contrario se dirigía a la última pregunta de la encuesta.

De los resultados obtenidos se evidencia en la Figura 20, que el 49% de los encuestados indica haber oído hablar del BIM; de estos encuestados solo el 36% posee un conocimiento intermedio – alto y el 50% nivel de conocimiento bajo (Figura 21). De igual forma se evidencia que de los que han oído hablar de BIM (Figura 22), la mayoría (41%), indica que

no es usuario BIM y el 33% indica que es usuario por iniciativa propia. En este punto se resalta que solo el 3% indica ser usuario por exigencia de terceros.

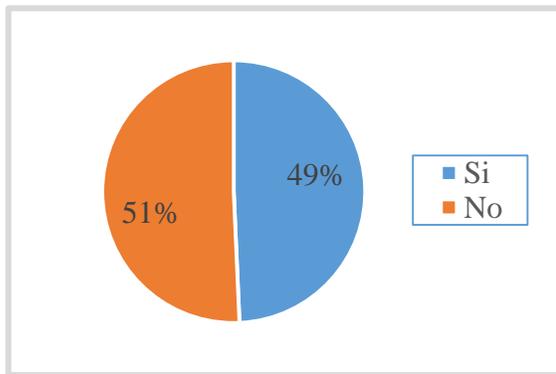


Figura 20. Ha oído hablar de BIM: Selección única

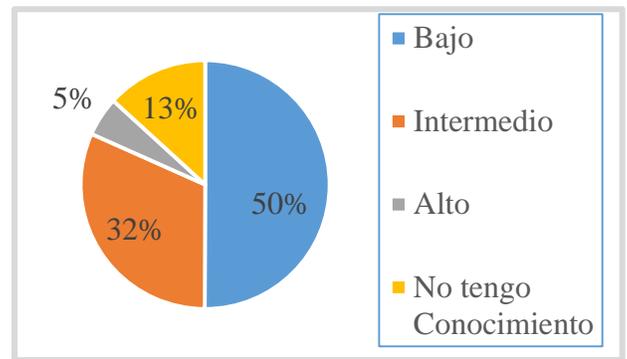


Figura 21. Conocimiento de BIM: Selección única

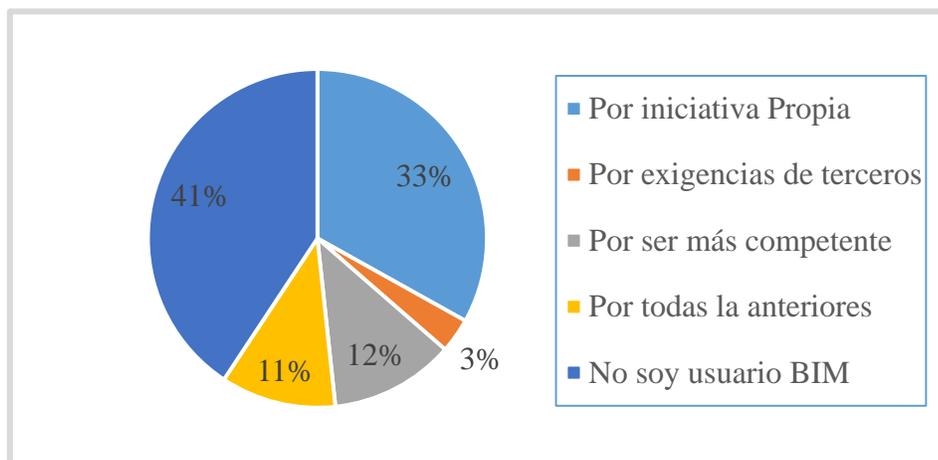


Figura 22. Porqué es usuario de BIM: Selección única

### 5.2.5 Uso de BIM

El objetivo de esta sección era determinar en qué etapas del ciclo de vida de los proyectos los encuestados han utilizado herramientas BIM, y las ventajas y barreras identificadas por ellos respecto a su implementación. A esta sección solo tuvieron acceso los encuestados que indicaron conocer BIM y ser usuarios BIM.

En la Figura 23 se evidencia que de los encuestados que han utilizado BIM, el mayor uso de herramientas BIM se dan para la especialidad arquitectónica (80%), y estructural (70%), seguido de las redes hidrosanitarias (54%), eléctrica (59%) y contraincendio (37%). De igual forma, en relación a los resultados mencionados previamente, se evidencia que el mayor uso de herramientas BIM se da para la etapa de diseño (50%), como se ve en la Figura 24.

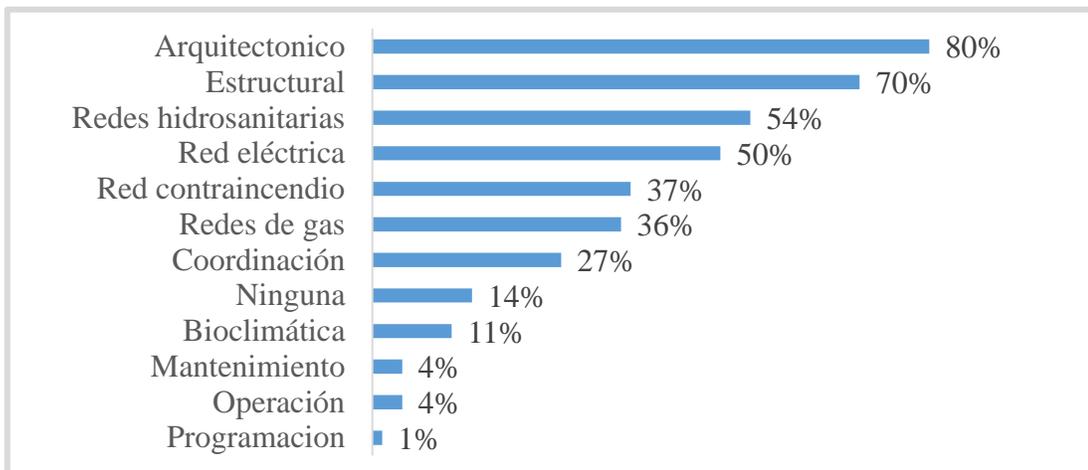


Figura 23. Especialidades en las que usa BIM: Selección múltiple

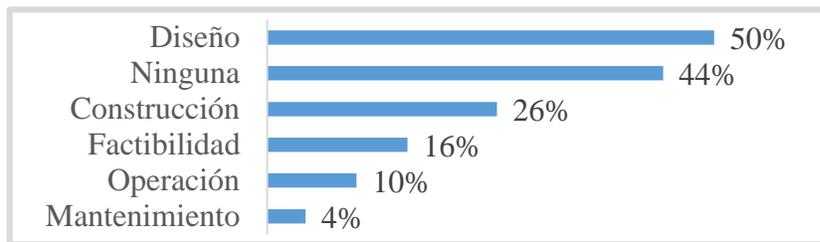


Figura 24. En qué etapas utiliza BIM: Selección múltiple

En la Figura 25 y Figura 26, se identifican las barreras y ventajas identificadas por los encuestados respecto al uso de BIM. La principal barrera asociada identificada es el tiempo de aprendizaje (60%), seguida del costo por el cambio de tecnología (59%), de la falta de apoyo por líderes de las empresas (43%) y la falta de solicitud por el cliente (40%).

La principal ventaja evidenciada es la identificación temprana de interferencias (74%), seguida de facilitar el trabajo entre profesionales (63%) y lograr un seguimiento y control del proyecto más efectivo (71%).

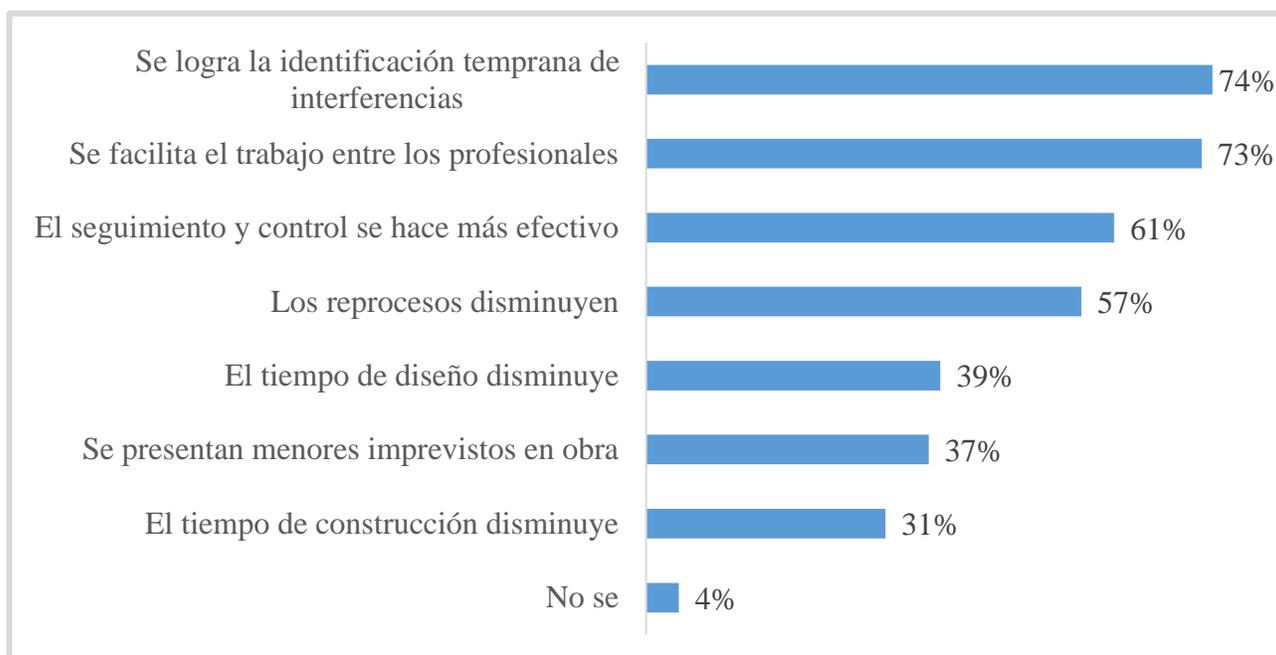


Figura 25. Ventajas identificadas de BIM: Selección múltiple

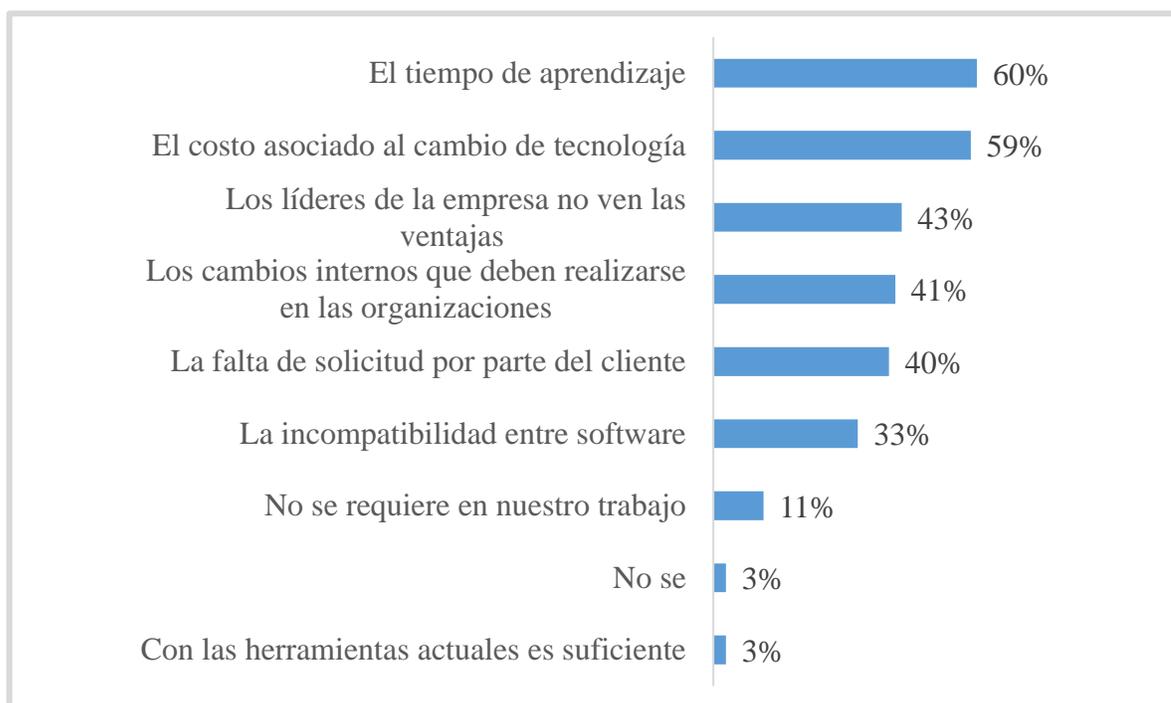


Figura 26. Barreras identificadas respecto a BIM: Selección múltiple

En relación a los beneficios obtenidos, de los encuestados que han utilizado BIM el 33% indica que siempre ha obtenido beneficios, como se ve en la Figura 27. Por otra parte, en la Figura 28 de igual forma, se evidencia que la mayoría de los encuestados usuarios de BIM, no han participado realmente en un proyecto BIM (36%), y de los que han participado la mayoría (33%) ha sido proyectos grandes de más de 800 smmlv.

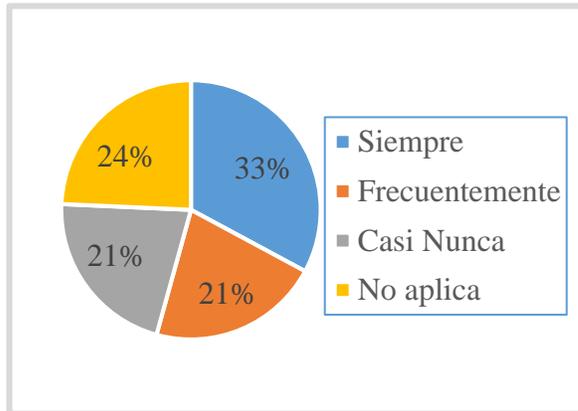


Figura 27. Ha obtenido beneficios con BIM: Pregunta abierta

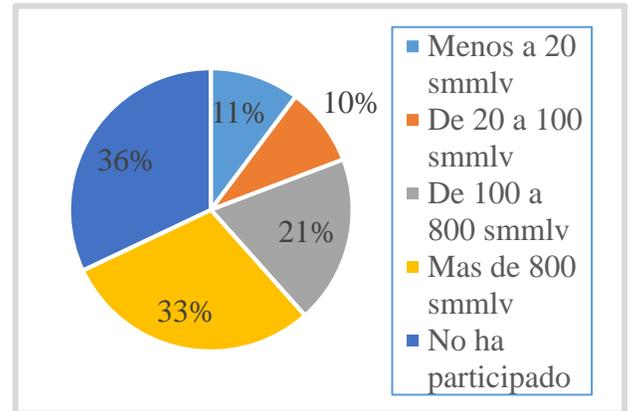


Figura 28. Magnitud de los proyectos en los que ha usado BIM: Selección múltiple

### 5.2.6 Percepción de BIM

El objetivo de esta sección era determinar la percepción sobre algunas afirmaciones relacionadas con el uso de BIM, al igual que determinar los principales costos que identifican los encuestados respecto al cambio de tecnología.

Respecto a las afirmaciones indicadas en la Figura 29, el 87% de los encuestados menciona estar de acuerdo en que BIM será una práctica generalizada en el futuro, en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción, y el 65% está en desacuerdo que sea útil solo en proyectos complejos.

Finalmente, con la pregunta aplicada a todos los encuestados, independientemente que fueran o no usuarios BIM, se evidenció que los mayores costos asociados al cambio de tecnología son principalmente la compra de licencias (49%), capacitaciones del personas (48%) y la compra de equipos (17%), tal como se refleja en la Figura 30.

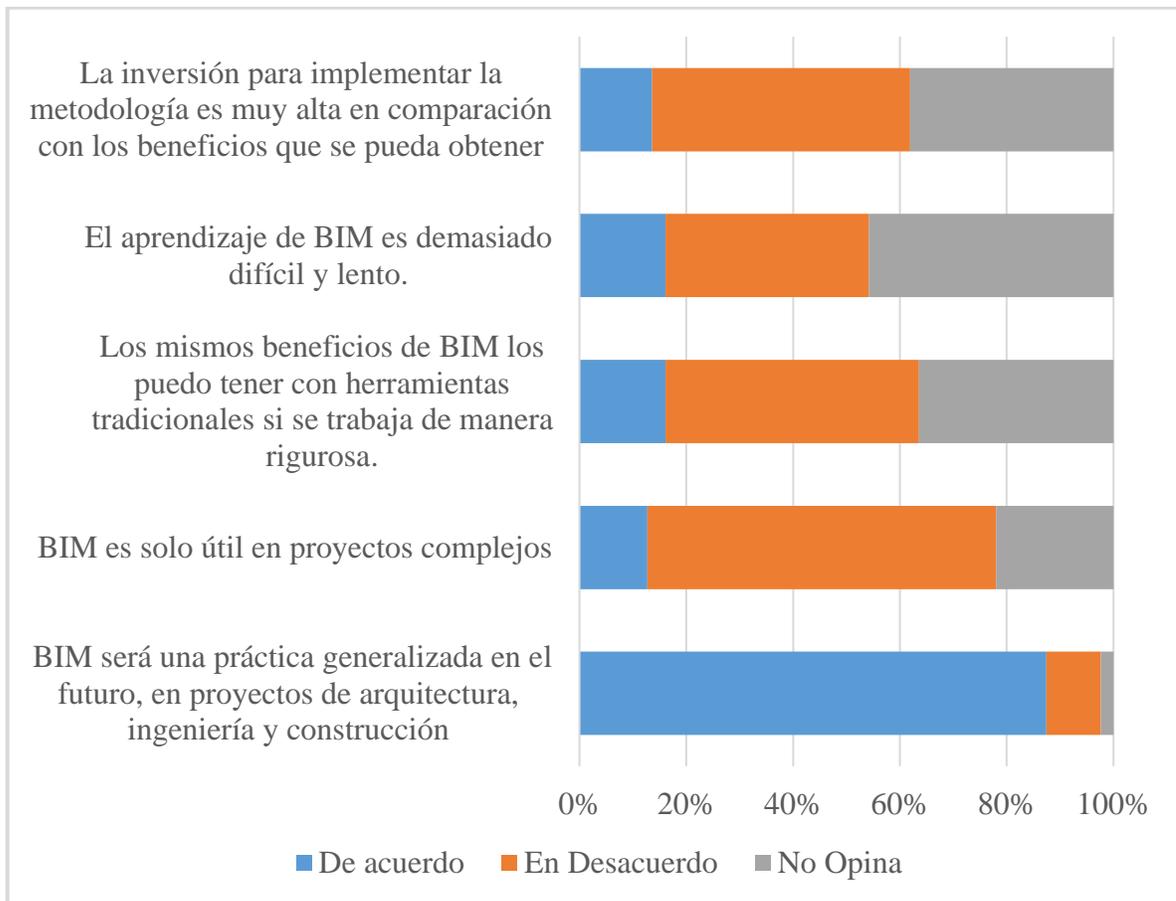


Figura 29. Percepción de BIM: Selección múltiple

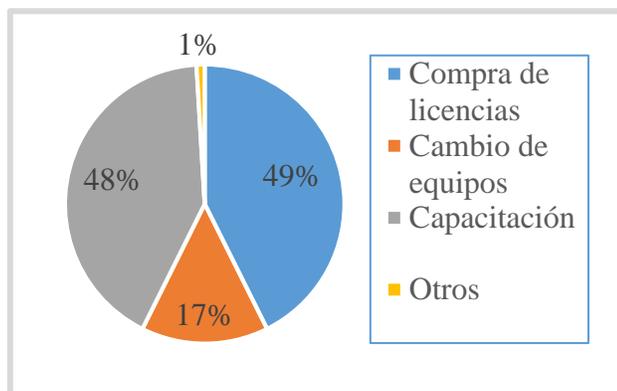


Figura 30. Costos asociados al cambio de tecnología: Pregunta abierta

## 6. PROCESO PARA IMPLEMENTAR BIM

El proceso para implementar BIM definido en esta propuesta de estándar, se entiende como una serie de mínimos y definiciones que deberá tener en cuenta el Estado para aplicar a proyectos susceptibles de ser financiados con recursos públicos de la Nación.

De acuerdo al análisis realizado de las guías y estándares a nivel mundial, los pasos establecidos en esta propuesta de estándar se pueden observar en detalle en la *Figura 31*.

1. Definición de requisitos BIM
2. Definición de roles y responsabilidades
3. Definición de parámetros de gestión de calidad
4. Generación y uso de modelo BIM en el ciclo de vida del proyecto
5. Aspectos claves para su implementación

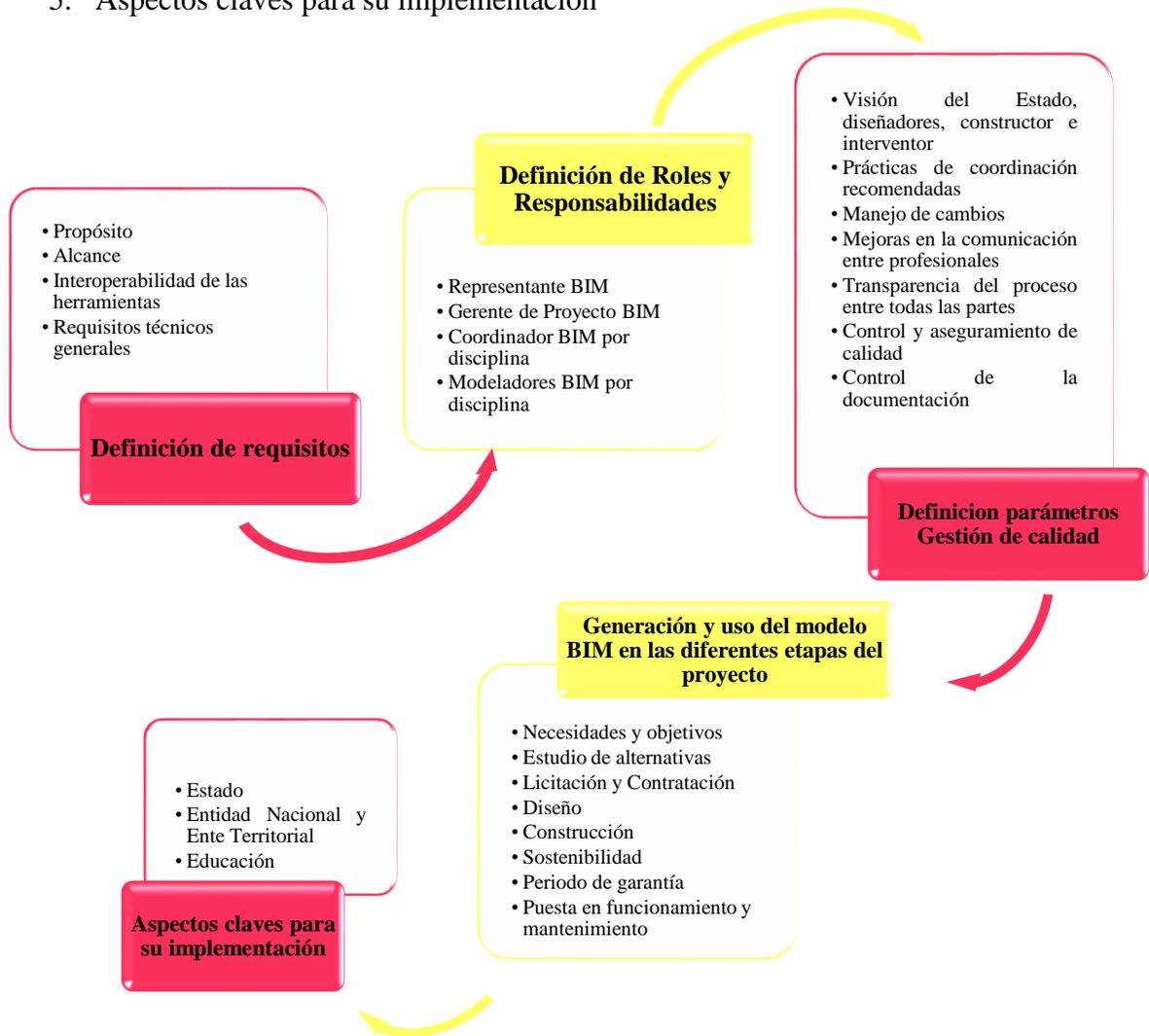


Figura 31. Pasos establecidos en la Propuesta de estándar

Estos requisitos deben quedar plasmados en los manuales para presentación de proyectos de las diferentes entidades de orden nacional, al igual que deben ser tenidos en cuenta por los entes regionales al momento de realizar los documentos de licitación de contratos de diseño, obra y/o mantenimiento.

Los pasos definidos como generales, deberán ser aplicados para el ciclo de vida completo de las edificaciones financiadas con recursos públicos de la Nación. De acuerdo al resultado obtenido en las encuestas, se evidencia que el 83% y el 95% indicaron que en las empresas que han laborado no se realizan trabajos en etapa de mantenimiento o en lo referente a sostenibilidad y evaluación energética. Teniendo en cuenta que un proyecto va desde su concepción hasta su demolición, el Estado a través de sus entidades deberá realizar el seguimiento de la inversión para la implementación de BIM durante todo el ciclo de vida del proyecto.

### 6.1 Definición de requisitos BIM

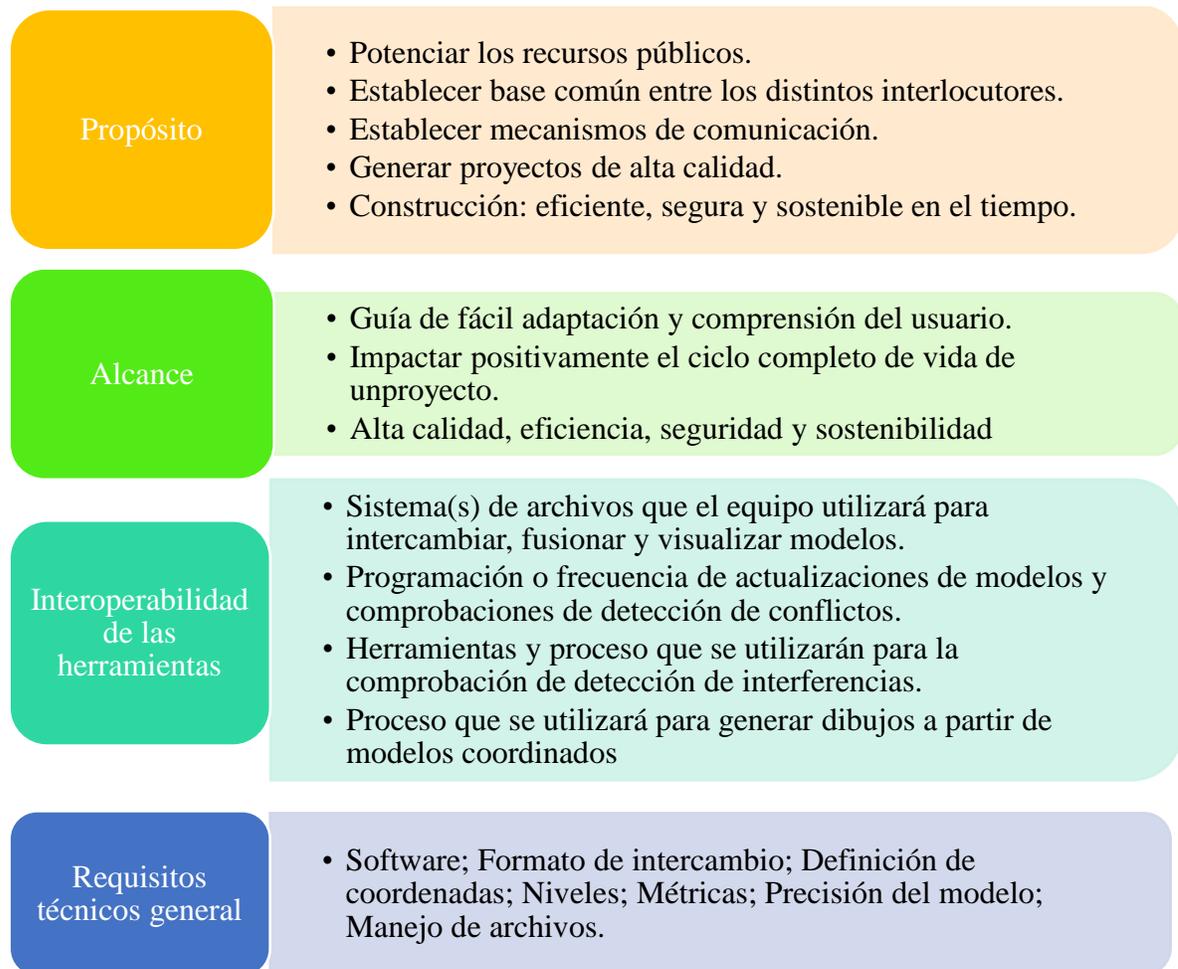


Figura 32. Resumen definición de requisitos BIM

### 6.1.1 Propósito:

Actualmente, en el sector de la construcción en general, se presentan múltiples inconsistencias relacionadas con la escasa utilización de herramientas avanzadas de gestión, que permitan la coordinación y verificación de la información planteada por las diversas disciplinas involucradas en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos (Perez, 2015). En el caso de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, comúnmente se observa que en la etapa de construcción de un proyecto, se presentan una serie de imprevistos que afectan los procesos constructivos y de mantenimiento de las construcciones; lo anterior, debido a falencias en la calidad de los procesos de coordinación y los métodos utilizados para la planeación de estas infraestructuras (Ruíz López, 2017). En consecuencia, los inconvenientes presentados durante el ciclo de vida de los proyectos, repercuten en los tiempos y costos de ejecución de los mismos, así como también en la calidad del producto entregado.

Teniendo como punto de partida los grandes beneficios, que ha generado la implementación en otros países de la metodología BIM al ser adoptada durante el ciclo de vida completo de una obra, y basados en los resultados obtenidos por medio de la encuesta realizada para el desarrollo de la presente investigación; se logró identificar que para el sector de la construcción pública en Colombia, el término BIM es un concepto cada vez más relevante, pero a pesar de los grandes beneficios que genera, todavía el porcentaje de desconocimiento sobre este tipo de metodologías avanzadas de gestión se encuentra alrededor del 51%, y la tasa de utilización de los mismos alrededor del 30%.

En relación con lo anterior, y con base en la urgencia identificada con respecto a la incorporación de nuevas técnicas y metodologías, que permitan optimizar los recursos que se encuentran implicados durante el desarrollo de los proyectos financiados con recursos públicos; el objetivo de esta propuesta de estándar, está enfocado a potenciar los recursos y poder tener una base común entre los distintos interlocutores implicados en la gestión de los proyectos, con el fin de generar un intercambio de información de todo tipo, a lo largo de toda la vida del proyecto, y entre todas las entidades que participan en el proceso; lo anterior, asegurando que la construcción sea de alta calidad, eficiente, segura y conforme con un desarrollo sostenible.

### 6.1.2 Alcance

En relación a los resultados, que se obtuvieron a través de las encuestas realizadas a los profesionales que han estado involucrados durante la ejecución de proyectos de edificación financiada con recursos públicos, y teniendo en cuenta los documentos desarrollados por los países, que han logrado la implementación exitosa de esta metodología en sus proyectos de inversión pública y privada; se incluye dentro del alcance para el desarrollo de la propuesta de estándar, una guía de fácil adaptación y comprensión del usuario, que permita coordinar todas las disciplinas involucradas en el proceso de aplicación y elaboración de modelaciones BIM en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos, y que estas a su vez,

garanticen que al ser usadas de forma adecuada, se obtengan resultados efectivos sobre el producto final; es decir, que la aplicación del siguiente estándar tiene como finalidad impactar de manera positiva el ciclo completo de vida de un proyecto, haciendo que esta sea de alta calidad, eficiente, segura y conforme a un desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta la necesidad identificada en el sector con respecto a la obtención de óptimos resultados durante la ejecución del proyecto, desde el inicio del mismo, se deberá definir el nivel de desarrollo que se requiere en su ejecución. Por lo cual, es importante tener en cuenta, que a mayor nivel de detalle se obtendrá mayor certeza de que la información consignada en el modelamiento del proyecto es correcta, por lo que será necesario emplear mayores recursos, generando mayores costos y mayor plazo en la etapa de planeación inicial; en consecuencia un menor nivel de desarrollo genera menores recursos, menor costo, menor plazo, lo cual repercute en el nivel de certeza de la información consignada en el modelo.

En relación con lo anterior, el American institute of Architects en su el documento “BIM Protocol E202”, estable 5 niveles de desarrollo (LOD por sus siglas en inglés) que se clasifican así:

- LOD 100: incluye el modelo conceptual, el modelo se puede representar de manera gráfica con una representación genérica.
- LOD 200: hace referencia al modelo general. El desarrollo de diseño del modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje de cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación, se puede añadir información no gráfica.
- LOD 300: nivel de precisión del modelo (ayuda a la detección de interferencias), documentos para construcción: El modelo se representa gráficamente como un sistema específico, objeto o ensamblaje en términos de cantidad, tamaño, forma y ubicación. El modelo puede ir acompañado de información no gráfica.
- LOD 350: Se realiza la modelación de los elementos necesarios que permitan la coordinación del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. El modelo puede ir acompañado de información no gráfica.
- LOD 400: nivel de fabricación y ensamble. El modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con detalle, fabricación montaje, y la información de la instalación, la información no gráfica debe ser incluida.
- LOD 500: mantenimiento y operación. El modelo es una representación sobre el terreno verificado en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. La información no gráfica se incluirá en el modelo.

### 6.1.3 Interoperabilidad de las herramientas

Con la interoperabilidad de las herramientas se debe lograr la transferencia de la información entre software sin restricciones, con cambios actualizados y sin pérdidas de datos, independiente del software a utilizar.

Ningún programa de BIM actual abarca todos los usos de BIM, existen programas específicos por especialización, por lo anterior la interoperabilidad de las herramientas es un concepto clave en la implementación de BIM. La interoperabilidad se puede obtener mediante conexión específica entre cada programa o mediante formatos de intercambio de información. Existen formatos específicos para diferentes campos como el CIS/2 para estructuras de acero de diferentes empresas como el i-model de Bentley. Sin embargo, el formato más extendido en BIM es el IFC (Industry Foundation Clases), un formato abierto de Building Smart. La mayoría de los programas que trabajan en BIM leen y escriben archivos IFC, por lo que permite la interoperabilidad entre programas sin necesidad de crear conexiones específicas (Coya, 2018).

De igual forma, con el fin de obtener un intercambio de datos preciso entre diferentes especialidades y software, se han creado otras herramientas a parte de IFC enfocadas en lograr este intercambio, como lo son ente otros CSIX Revit que es un Plugin de Revit que permite el intercambio de información entre SAP2000, ETABS, SAFE y Autodesk Revit Structure; o extensiones que ha creado Graphisoft para lograr la conexión e intercambio de datos entre programas como Rhino, Grasshopper y ArchiCAD.

Por lo anterior, los estructuradores del proyecto deben definir la versión de IFC que deben soportar los software que serán utilizados. Esta información debe estar pactada en los documentos licitatorios del proyecto. (Building Smart Spanish Chapter, 2017), aspecto que debe ser verificado en el seguimiento de los proyectos para evitar el uso de Software que no sean completamente compatibles en los modelos.

Respecto al intercambio de información, en el plan de ejecución de proyecto que realice el Gerente del proyecto BIM (ver numeral 6.2 roles y responsabilidades del equipo), debe quedar claro lo siguiente (National Institute of Building Sciences, 2017):

- Sistema(s) de archivos que el equipo utilizará para intercambiar, fusionar y visualizar modelos.
- Programación o frecuencia de actualizaciones de modelos y comprobaciones de detección de conflictos.
- Herramientas y proceso que se utilizarán para la comprobación de detección de interferencias.
- Proceso que se utilizará para generar dibujos a partir de modelos coordinados

#### 6.1.4 Requisitos técnicos generales

Los requisitos técnicos generales que se deben tener en cuenta para la implementación de BIM son los siguientes.

Software: Desde la planificación del proyecto se deben definir los tipos de software permitidos por especialidad, lo anterior de acuerdo a los objetivos y detalles previamente descritos en propósito y alcance.

Teniendo en cuenta que los software deben ser interoperables, no se recomienda el uso de software propio de empresa que no cuenten con certificados que permitan el intercambio de datos con los otros software, ya que el modelo deberá ser trabajado por diferentes especialidades, y verificado por entidades Estatales que contarán con ciertos software específicamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector de la construcción financiada con recursos públicos, se evidencia que en el sector público el 58% indica que en la etapa de diseño el software que más utilizan es AutoCAD, seguido por Excel con un 12%; en la etapa de costeo y programación el software que más se utiliza es Excel con un 50%, seguido del uso de Project con un 36%; en la etapa de construcción los software más utilizados son AutoCAD y Excel con un 38% y 36% respectivamente.

Aunque no son software especializados en términos de BIM, debido al alto porcentaje de uso actual especialmente de estos 3 software, Excel, AutoCAD y Project, y teniendo en cuenta la dificultad que presentará el cambio, se deberá continuar con el uso de estos. Cabe resaltar, que estos programas no son excluyentes del uso de la metodología BIM. Excel es una herramienta tradicional de tipo universal con el cual se logra agilizar los procesos y facilita el intercambio de información a través de plantillas las cuales pueden personalizarse y formularse para obtener la información deseada. Es una herramienta aliada de BIM al alcance de todo el mundo que podrá ayudar a la forma de trabajar del equipo (Xinaps, 2018). Como herramienta aliada, a través de diferentes software como Revit o ArchiCAD entre otros, se puede exportar los datos a una plantilla de Excel.

Por otra parte, los documentos trabajados en Project y en AutoCAD podrán ser fácilmente exportados a software como Revit, ArchiCAD y Navisworks, software que de acuerdo a la encuesta realizada se encuentran entre los más conocidos con el 48%, 52% y 14% respectivamente.

Formato de intercambio: Teniendo en cuenta que esta propuesta de estándar está guiada a proyectos financiados con recursos públicos, los software utilizados deberán tener certificados que permitan el intercambio de datos con los demás software, lo cual permitirá el intercambio sin pérdida o distorsión de datos o información.

De acuerdo a lo indicado previamente, IFC es el formato más utilizado. Es un formato abierto, no controlado por productores de software el cual se creó para facilitar la interoperabilidad entre varios software durante el ciclo de vida del proyecto. (Biblus, 2017). Sin embargo existen diferentes aplicaciones y plugins con los que cuentan los software especializados que permiten un mejor intercambio de datos.

Debido a que el resultado de encuestas evidencia el uso de Excel como uno de los software mayormente utilizados en diseño, costeo y programación, y construcción, se recomienda continuar el uso de esta herramienta, ya que aun cuando con software BIM se automatiza el

manejo de la información, Excel podrá ser usado para exportar e importar información. Deberá ser establecido en la planeación, el tipo de plantillas de Excel que serán usadas; lo anterior será de ayuda a nivel administrativo (gestión de documentos), a modo de presentación para crear bases de datos para el proyecto (Xinaps, 2018). Sin embargo, debido a que existen diferentes software para manejos de datos, dentro de los cuales se encuentra Numbers, StarOffice Calc, o Excel, la entidad deberá indicar cuál es el programa a utilizar.

Definición de coordenadas: La entidad que dispone de recursos públicos para financiar obra, deberá definir las coordenadas en las que se debe presentar el modelo. Se debe dejar claro, que para poder verificar la información de la ubicación del punto base del proyecto se documentará usando al menos dos puntos conocidos (Building Smart Spanish Chapter, 2017).

Cuando el proyecto no se haga bajo una coordinación, o se realice algún ajuste a diseños ya existentes, es importante que la entidad a través de su supervisor o interventoría compruebe la compatibilidad entre distintas disciplinas. Para esta comprobación podrán usar un modelo sencillo donde se identifiquen claramente entre las diferentes disciplinas los ejes de referencia comunes.

Es recomendable establecer que todo el modelo debe estar en el lado positivo del eje coordinado XYZ (Universidad del Biobío, 2013).

Niveles: El manual de presentación de proyectos debe dejar claro que todas las disciplinas deben usar un método de elevado, donde el modelo se encuentre claramente dividido por niveles y los elementos del modelo pertenezcan al nivel correcto (Building Smart Spanish Chapter, 2017). Los niveles estructurales y de acabado arquitectónico, deben quedar claros en la documentación del proyecto (Council construction industry, 2014). Especialmente cuando se requieren hacer ajustes de los diseños, remodelaciones o mantenimientos, se deben tener claros los niveles del modelo original.

Métricas: Las unidades de medida usada en Colombia son las correspondientes al Sistema Internacional de Unidades (SI), por lo tanto la unidad de medida del modelo debe ser metro, y los ángulos se deberán documentar con dos unidades decimales. (Building Smart Spanish Chapter, 2017). Tal como se realizó en la especificación realizada por el Instituto de BIM de Hong Kong, se recomienda que el manual de presentación de proyectos incluya tablas con los elementos BIM típicos de las construcciones financiadas con recursos públicos, indicando los atributos y unidades de estos.

Precisión del Modelo: De acuerdo a la fase en la que se presente el proyecto a ser financiado con recursos públicos, en las guías de presentación de proyectos de cada entidad debe estar definido el nivel de precisión con el que se debe presentar el proyecto, al igual que el nivel de desarrollo con el que se debe entregar al finalizar la etapa, lo anterior de acuerdo al objetivo de realización del modelo.

El modelo debe ser un modelo evolutivo, donde los principios de modelado deben conservarse fase a fase. Todos los modelos (desde el inicial hasta el as built) deberán realizarse con el nivel de precisión más alto que se requiera, con tolerancias razonables, para no caer en precisiones extremas que generen modelos complicados de manejar (Building Smart Spanish Chapter, 2017).

Manejo de archivos: Para facilitar la labor de revisión, seguimiento y supervisión de los proyectos, la entidad deberá establecer el tipo de nombre que se le debe poner al modelo al igual que sus familias (Council construction industry, 2014). De acuerdo a las encuestas realizadas, el 94% de los encuestados indica que en el sector público les exige presentar sus productos en planos 2D, por lo tanto en los requisitos para presentar proyectos debe quedar claro además del tipo de documentos, cómo se debe nombrar cada uno.

## 6.2 Roles y responsabilidades del equipo



Figura 33. Resumen roles y responsabilidades del equipo

Desde la concepción del proyecto se deben identificar los diferentes roles y responsabilidades que se le deben exigir tanto al consultor, constructor e interventor, para la producción, gestión de los modelos y alimentación de los mismos a través de las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

De acuerdo al resultado obtenido en las encuestas, se evidencia que para la mayoría de encuestados la definición de roles en las empresas es medio – alto; el 47% indica que en sus empresas los roles pueden ser compartidos, y el 43% indica que existe claridad sobre los roles. Lo anterior evidencia que en términos de definición de roles y responsabilidades, en las prácticas generales en empresas que participan en el sector público, es recurrente y utilizada la definición de los roles.

Los roles requeridos deberán ser definidos para cada etapa, y de acuerdo a la necesidad que se tiene. Dependiendo del tamaño del proyecto, una persona podrá tener más de un rol. (Council construction industry, 2014). Los roles y responsabilidades deberán ser pactados en los documentos licitatorios, en la sección de personal mínimo requerido tanto para consultores, constructores como interventores.

Los roles y responsabilidades mínimos con los que deberían contar los proyectos son los siguientes:

- **Representante BIM**: La Entidad Estatal deberá designar un Representante BIM, quien tendrá una comprensión clara del proyecto y será el enlace entre la Entidad y el interventor / diseñador / constructor.

Dentro de las responsabilidades de este representante se encuentran (National Institute of Building Sciences, 2017):

- Representar los requisitos del Estado y ser capaz de comunicarlos efectivamente a otras partes interesadas.
  - Servir de enlace principal entre el Estado y los administradores del proyecto BIM para todas las cuestiones relacionadas con BIM.
  - Supervisar los requisitos de BIM durante las diferentes etapas del proyecto.
  - Recibir, revisar y aprobar los entregables BIM.
  - Desarrollar el plan de ejecución BIM durante la concepción del proyecto.
- **Gerente de Proyecto BIM**: El consultor / constructor e interventor, deberán contar con un gerente de proyecto BIM, tanto para la etapa de concepción, como la de diseño y construcción.

Deberá contar con suficiente experiencia y educación en BIM de acuerdo al tamaño y complejidad del proyecto, así como las competencias necesarias de coordinación BIM (National Institute of Building Sciences, 2017). Cuando la Entidad Estatal no cuente con

un representante BIM por la complejidad del proyecto, el Gerente BIM del proyecto de la interventoría tomará este rol, como principal contacto entre la Entidad y el ejecutor.

Dentro de las responsabilidades de este representante se encuentran (National Institute of Building Sciences, 2017):

- Proponer y coordinar la definición, implementación y cumplimiento del plan de ejecución del proyecto BIM tanto para la etapa de diseño como de construcción.
- Establecer niveles de desarrollo.
- Dirigir el proceso de creación y actualización del modelo BIM.
- Verificar el cumplimiento de los entregables.
- Coordinar todas las actualizaciones para modelos individuales, modelos por especialidad y bases de datos.
- Desarrollar, coordinar, publicar y verificar las configuraciones necesarias requeridas para la integración de datos del proyecto.
- Compilar los datos del proyecto para su revisión y coordinación.
- Facilitar la revisión del diseño.
- Orientar al equipo sobre cómo realizar la revisión del modelo y resolver conflictos detectados.
- Reunirse con las partes interesadas relevantes del proyecto para revisar los documentos de facturación.
- Entregar modelo(s) y datos a la Entidad Estatal para su uso en operaciones.

Por otra parte, deberá realizar coordinación entre las diferentes especialidades en el diseño, al igual que la coordinación entre los diferentes contratistas de obra y monitorear el control y la calidad de los entregables (Construction Industry Council, 2015).

Deberá establecer procedimientos de control de calidad para verificar todos de los modelos son precisos, correctos y que las interferencias entre los diferentes modelos por disciplina están identificados y documentados (Hong Kong Institute of Building Information Modelling, 2011).

- Coordinador BIM por disciplina: El consultor/constructor e interventor, deberán contar con un coordinador por disciplina, que asegure el trabajo de los modeladores de las disciplinas, quien mantendrá contacto directo con el administrador del proyecto BIM.

Dentro de las responsabilidades de este representante se encuentran (Construction Industry Council, 2015):

- Definir los usos BIM específicos de la disciplina, incluido el análisis.
- Realizar la coordinación entre diseñadores y modeladores.
- Llevar a cabo controles de calidad de la especialidad antes de compartir los modelos con otras disciplinas.
- Realizar seguimiento de revisiones, inclusiones, cambios o modificaciones.

- Mantener una biblioteca de objetos y elementos para usar en el proyecto que son compatibles con las plataformas de software seleccionadas.
- Actuar como administrador del modelo y hacer cumplir los estándares en cuanto a modelación, manteniendo la integridad del modelo.
- Modeladores BIM por disciplina: El consultor/constructor e interventor, deberán contar con un grupo de modeladores por disciplina, de acuerdo a la necesidad y complejidad del proyecto.  
Dentro de las responsabilidades se encuentran crear, actualizar, modificar el modelo de acuerdo al nivel de desarrollo especificado en cada etapa del proyecto, al igual que debe generar los diferentes documentos soporte (Construction Industry Council, 2015).

De acuerdo al resultado obtenido en las encuestas, dentro de las prácticas recurrentes en los proyectos referente a relacionar el trabajo entre especialidades, se evidencia que la mayoría, con el 85%, relaciona su trabajo a través de mesas de trabajo, o remitiendo la información para guía de las demás especialidades; de igual forma se evidencia que el 54% de los encuestados indican que en menos del 50% de los proyectos en los que participa no trabaja de forma colaborativa con otros actores del mismo proyecto.

Los resultados anteriores evidencian las prácticas comunes en temas de comunicación entre especialidades, siguiendo en línea con las prácticas actuales, el equipo de proyecto BIM no debe tener el intercambio de información como único medio de comunicación del proyecto. El equipo debe programar reuniones regulares de coordinación BIM, durante las cuales los miembros de los equipos se reúnen para discutir el diseño y problemas de construcción, utilizando el modelo como recurso compartido. Esta frecuencia de reuniones depende de los objetivos que se establezcan para el proyecto (National Institute of Building Sciences, 2017).

### 6.3 Gestión de calidad

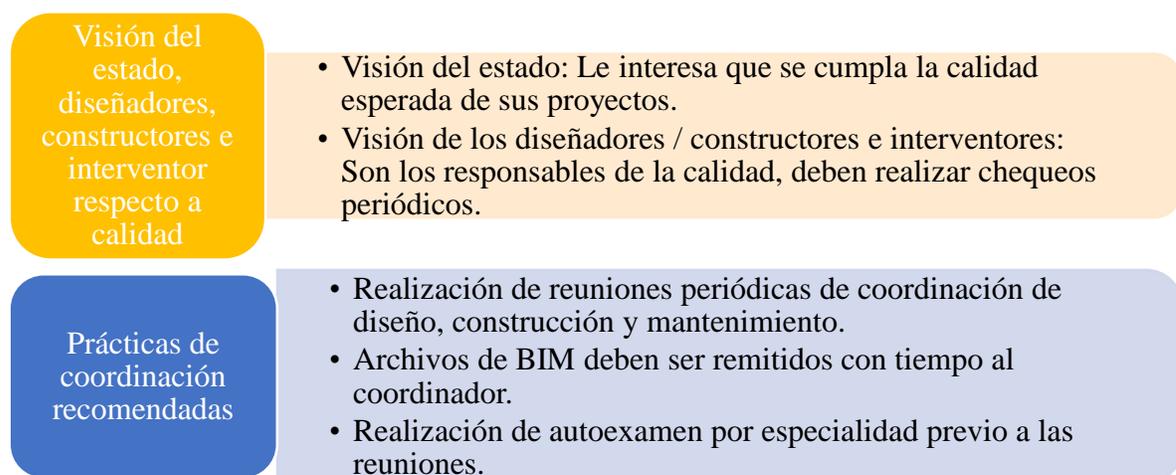


Figura 34. Resumen gestión de calidad (parte 1)

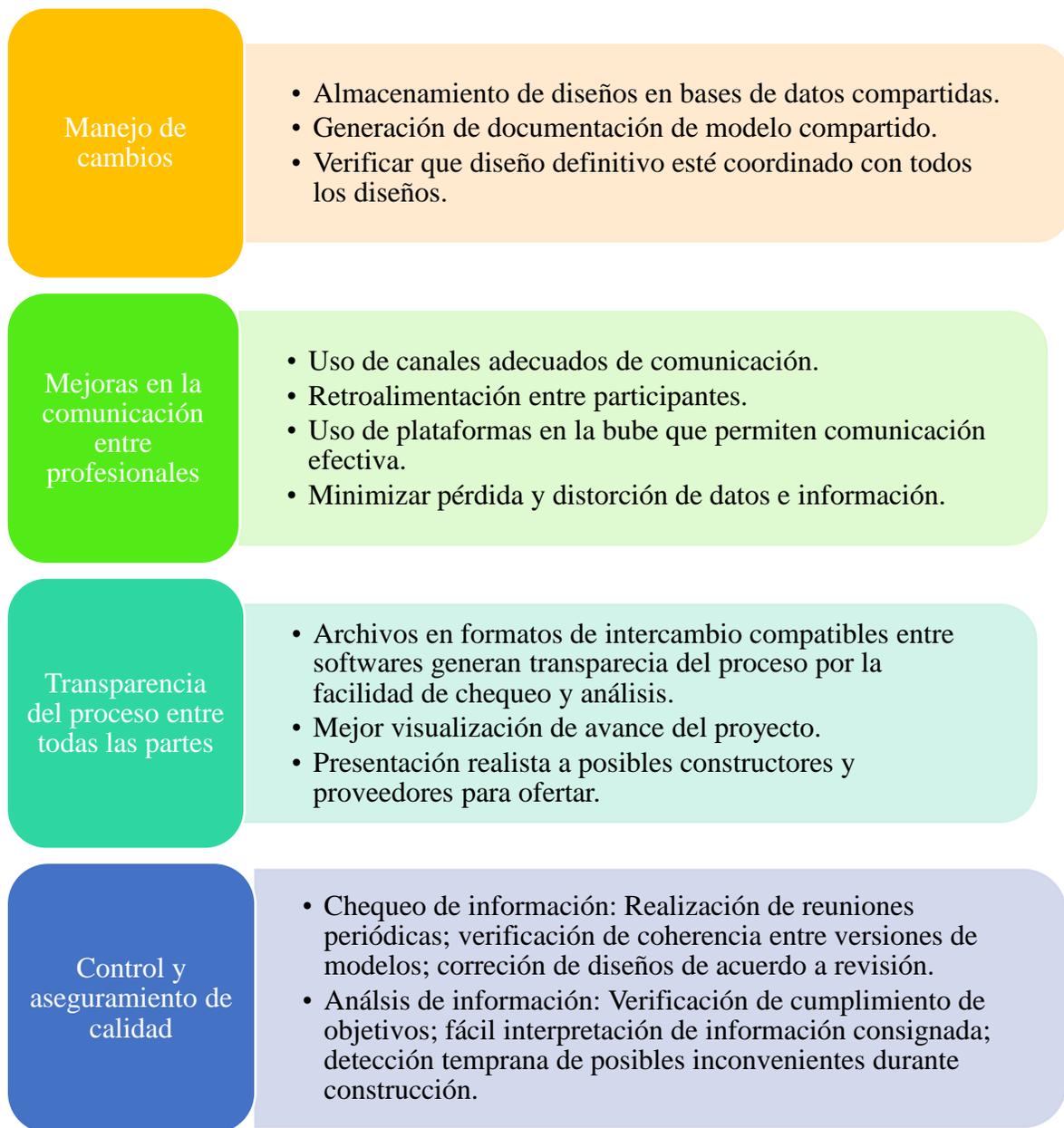


Figura 35. Resumen gestión de calidad (parte 2)

La gestión de la calidad se define como un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que se requieren para generar confianza respecto a que el producto de resultado cumple con los requisitos esperados de calidad (ISO 901, 2018). Para asegurar la calidad del proyecto durante su ciclo de vida, la entidad estatal deberá establecer dentro de los entregables la presentación y cumplimiento del plan de calidad respecto a BIM, obligación estipulada desde los documentos licitatorios.

De acuerdo al resultado de las encuestas, se evidencia el desconocimiento y falta de uso que existe en el sector público de BIM, en el cual el 51% de los encuestados nunca ha oído hablar sobre el término; de los que han oído sobre este término el 50% indica que su conocimiento es bajo, al igual que el 41% indica que es usuario por iniciativa propia mas no por exigencia o necesidad en su trabajo. Lo anterior evidencia una gran brecha en conocimiento de esta metodología en el sector, por lo cual se requiere en búsqueda de asegurar la calidad del producto que las Entidades exijan al constructor/diseñador/interventor un equipo especializado BIM, con los roles mínimos estipulados en capítulos anteriores.

En el siguiente capítulo se presentan los aspectos que se deben tener en cuenta en cuanto a calidad, y el control mínimo que se requiere para asegurar la misma a lo largo de la vida del proyecto.

### 6.3.1 Visión del Estado, diseñadores, constructor e interventor

Visión del Estado respecto a Calidad: Para el Estado, a través de sus entidades, es de vital importancia que se cumpla con la calidad esperada de sus proyectos en sus diferentes fases, especialmente detectando interferencias o problemas a edades tempranas del proyecto con lo cual se esperan lograr ahorros en tiempos y costos de ejecución de los mismos.

De acuerdo a los resultados de las encuestas, los encuestados indican que en el sector público les exigen presentar sus proyectos en Planos 2D – AutoCAD (83%) o en PDF (41%). Lo anterior evidencia que no se da uso de herramientas modernas respecto a presentación de proyectos. Teniendo en cuenta que los funcionarios del estado no serán los técnicos especializados en BIM, se deberá establecer el uso de herramientas visuales que ofrece esta metodología BIM para poder demostrar el aseguramiento de la calidad del proyecto.

Visión de los diseñadores, constructores e interventores respecto a calidad: El ejecutor (diseñador /constructor) es el responsable de la calidad de su diseño y ejecución de la obra respectivamente, incluyendo en estas etapas el modelo BIM, el cual será realizado por los diferentes modeladores de cada especialidad y liderado por el gerente del proyecto BIM como se explicó en capítulos anteriores. El interventor, dentro de sus obligaciones deberá hacer chequeos periódicos y plantear puntos de control para asegurar la calidad en las diferentes etapas del proyecto.

Se evidencia en las encuestas, que aunque en las entidades públicas se soliciten presentar proyectos en AutoCAD, Excel o PDF únicamente, las personas que trabajan en este sector utilizan otro tipo de herramientas como Revit, ArchiCAD, Sketchup, y otros. Para obtener mayores beneficios, el diseñador y constructor deberán evitar que algunos aspectos del proyecto se trabajen por métodos tradicionales y otros por BIM, para así evitar reproceso. Lo anterior indica que deberán internamente modificar sus políticas de calidad, enfocándolas a BIM para cuando sea para Proyectos financiados con recursos públicos.

De acuerdo a la visión de los ejecutores, entre etapa y etapa del proyecto deben quedar claros los parámetros de diseño y modelación, junto con sus niveles de desarrollo especificados, para así lograr la calidad esperada del proyecto.

### 6.3.2 Prácticas de coordinación recomendadas

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector de la construcción financiada con recursos público, se encontró que el 85% de los profesionales de este sector, relacionan su trabajo con otras especialidades mediante la ejecución de mesas de trabajo periódicas, o subiendo la información a un servidor en la nube (80%). De igual forma se evidencia que el 54% de los encuestados indican que en menos del 50% de los proyectos en los que participa no trabaja de forma colaborativa con otros actores del mismo proyecto.

Dentro de las buenas prácticas recomendables para obtener la calidad esperada, se encuentra la realización de reuniones periódicas de coordinación tanto de diseño como de avance de construcción o mantenimiento, donde se evidencie el estado del proyecto y se logren sacar a relucir los asuntos de mayor importancia. Para optimizar estas reuniones, los archivos BIM en el formato establecido en el plan de ejecución del proyecto, deberán ser entregados al coordinador con tiempo suficiente, para que este analice el avance y el modelo. Cada una de las especialidades, de acuerdo a su objeto y su nivel de desarrollo especificado, deben realizar un autoexamen previo a la reunión, verificando que están cumpliendo con su alcance (Building Smart Spanish Chapter, 2017).

Los resultados obtenidos en las encuestas, evidencian que dentro de las prácticas comunes de empresas del sector público se encuentra la realización de reuniones periódicas y mesas de trabajo, las cuales, tal como se indica en el Building Smart Spanish Chapter, deberán ser enfocadas a los requerimientos BIM para poder así obtener la calidad esperada del proyecto.

### 6.3.3 Manejo de cambios

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector de la construcción financiada con recursos públicos, se encontró que el 85% de los profesionales de este sector relacionan su trabajo con otras especialidades mediante la ejecución de mesas de trabajo periódicas, y así mismo, los software pioneros utilizados para el intercambio de información entre las diferentes etapas del ciclo de vida (etapas de diseño, programación y presupuesto, control y construcción), son AutoCAD y Excel. En cuanto a las etapas de mantenimiento y sostenibilidad, más del 83% y 95% de los profesionales que respondieron la encuesta, manifestaron no aplicar ningún software en estas etapas respectivamente.

Con base en lo anteriormente expuesto, se puede concluir que en la actualidad las diferentes etapas del ciclo de la vida del proyecto tienen un enfoque tradicional de gestión y gerencia

de proyectos, basado en el uso de planos 2D, guías, documentación y procedimientos que se adaptan de acuerdo a las necesidades de cada organización en particular. En la mayoría de casos estas metodologías de gestión, son aplicadas de manera exitosa dentro de las mismas. Es importante aclarar, que el manejo de información dentro de cada organización permite con el tiempo y a pesar de las dificultades cumplir con los objetivos establecidos; lo anterior, no quiere decir que se estén utilizando los canales de comunicación de forma adecuada, los cuales son importantes para una correcta gestión en el manejo de cambios que se realicen en las distintas etapas del ciclo de vida de los mismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, los diferentes diseños deberán estar almacenados y coordinados en una única base de datos compartida, de forma que cualquier modificación del diseño de la edificación se verá reflejado automáticamente en cada vista. Se consigue así, no sólo agilizar la creación de la documentación, sino también proporcionar una garantía de calidad y rigor en la coordinación automática de los diferentes agentes intervinientes en el proyecto, tanto ejecutores (diseñador y constructor) como cliente (el Estado).

En este orden de ideas, se deberá verificar que el diseño definitivo se encuentre coordinado con los demás diseños; lo anterior, evitará re procesos en etapas de diseños, en etapa de ejecución y en etapa de operación disminuyendo así los costos y evitando pérdidas de tiempo.

#### 6.3.4 Mejoras en la comunicación entre profesionales

Como se observa en los resultados de la encuesta realizada, los profesionales relacionados con el sector de construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos indicaron que la forma de relacionar su trabajo con otras especialidades, se realiza a través de mesas de trabajo (85%) y de la remisión de información a otras especialidades (80%). Estos métodos de gestión, aunque sirven para llevar a cabo la ejecución de los proyectos; se consideran que no son suficientes, teniendo en cuenta las deficiencias que se presentan durante el desarrollo de los mismos, lo cual, a largo plazo genera múltiples inconvenientes, tales como:

- Falta de capacidad para identificar los conflictos entre especialidades en las etapas de planeación y diseño.
- Retrasos en los procesos de construcción debido a los conflictos identificados en campo.
- Incremento de la supervisión de campo, para solucionar interferencias detectadas durante la ejecución del proyecto.
- Incremento de carga administrativa para documentar solicitudes de información y órdenes de cambio, teniendo en cuenta la identificación de los conflictos en el campo, después de que el presupuesto ha sido aprobado.
- Otros.

La comunicación es una cualidad importantísima en el momento de gestionar eficazmente un proyecto. Una comunicación inadecuada entre los distintos agentes que participan en un proyecto se traduce directamente en errores y malentendidos que se pueden evitar. Una de

las barreras más evidentes en el momento de una correcta comunicación es el uso de canales inadecuados, el exceso de información y la falta de retroalimentación entre los agentes.

Una buena opción para el intercambio de información son las plataformas en la nube, teniendo en cuenta que permiten que la comunicación se realice de manera efectiva entre los diferentes grupos de trabajo involucrados, minimizando así la pérdida y distorsión de los datos e información; y de esta manera asegurar una mejor calidad del diseño y de la construcción impactando positivamente, los resultados finales del proyecto, en cuanto a costos y tiempos.

### 6.3.5 Transparencia del proceso entre todas las partes

En relación con los resultados obtenidos mediante la encuesta realizada en el sector de construcción financiada con recursos públicos en Colombia, los profesionales encuestados indicaron que el 51% no han oído hablar de la metodología BIM; mientras que el 50% indicaron haber oído hablar de BIM durante su vida profesional. De la población que indicó haber oído hablar de BIM, solo el 32% manifestó tener un conocimiento medio de la metodología y un 5% un conocimiento alto. Con respecto a lo anterior, el 44% de los profesionales encuestados que indicaron tener conocimiento medio o alto de BIM, señalaron que en los proyectos públicos en los que han participado no han usado BIM en ninguna etapa del ciclo de vida de los proyectos.

Con base a lo anterior, se puede observar que existe un desconocimiento en el sector con respecto a los beneficios que representa el uso de esta metodología en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto; por lo cual, se considera importante afianzar en el sector, el uso de archivos y herramientas que faciliten el intercambio y procesamiento de la información entre los diferentes involucrados del proyecto.

Según Building Smart Spanish Chapter (2014), el formato IFC permite consignar toda la información de la edificación que se encuentra relacionada con las diferentes etapas del ciclo de vida de la misma a través de un formato estándar, desde el anteproyecto hasta la ejecución y su mantenimiento, pasando por las distintas fases de diseño y planificación.

Teniendo en cuenta lo anterior, los archivos IFC facilitan el chequeo y análisis de la información, así mismo, permiten una mejor visualización de la forma en la que está avanzando en las diferentes fases del proyecto, teniendo en cuenta los cambios y ajustes requeridos por las diferentes partes involucradas en los procesos, lo anterior, incluye los requisitos solicitados por el Estado.

Así como se indicó en la sección “Mejoras de la comunicación entre profesionales”, el uso de formatos IFC, conlleva a que se obtengan productos de mayor calidad, que impacten directamente los costos y tiempos de construcción, teniendo en cuenta que existirá coherencia

entre la información intercambiada entre las partes involucradas, permitiendo un mejor proceso en las etapas de construcción y mantenimiento de la edificación.

### 6.3.6 Control y aseguramiento de calidad

Como se indicó en capítulos anteriores, los profesionales encuestados manifestaron que principalmente, el intercambio de información y la relación con las demás especialidades involucradas en el desarrollo de los proyectos, se hace a través de mesas de trabajo (85%) y de la remisión de información a otras especialidades (80%); sin embargo, en relación a las metodologías avanzadas de gestión, se puede señalar que con las prácticas usadas en la actualidad, existe el riesgo de presentarse errores de comunicación en el intercambio de información, en el chequeo y análisis de la misma entre las partes involucradas (Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013).

De acuerdo al Building Smart Spanish Chapter (2014), existen dos métodos que permiten asegurar la calidad de los diseños; los cuales, con su aplicación, permiten obtener resultados positivos en cuanto ahorro en tiempos y costos durante la ejecución de los proyectos. Estos métodos son el Chequeo y el Análisis de la información.

Por lo cual, se proponen los siguientes dos procesos para el control y aseguramiento de la calidad:

- Chequeo de información: El aseguramiento de calidad, debe empezar por el diseñador de cada especialidad, sin embargo, se deben llevar a cabo reuniones de control periódicas programadas e incluidas dentro de los cronogramas de los proyectos. Dichas reuniones permitirán realizar un chequeo minucioso de los diseños, antes de que estos entren a la fase de diseño definitivo. En este orden de ideas, se deberá incluir dentro de los cronogramas un tiempo adicional contemplado para la etapa de solicitud de cambios y ajustes a los diseños teniendo en cuenta las solicitudes realizadas.

Con base en lo anterior, el grupo involucrado en cada fase del proyecto debe enfocarse en la fusión y coordinación entre cada especialidad y asegurarse de que cada modelo se encuentre en la misma versión y en la misma etapa, lo anterior podrá ayudar a realizar un reporte de posibles cambios que se puedan solicitar durante la diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos. De esta manera, se podrá informar a los involucrados sobre los ajustes solicitados con el fin de que el modelo pueda ser corregido de acuerdo a lo requerido. Los archivos BIM deben ser divulgados únicamente luego de surtir el proceso de chequeo y aprobación del mismo por parte del Estado.

- Análisis de información: A través de la información compartida en los modelos BIM, se puede llegar a concluir en edades tempranas si el desarrollo que se está dando en el proyecto, permitirá cumplir a futuro los objetivos trazados al inicio del proyecto de acuerdo a la planeación y programación inicial. Por medio de BIM, se obtienen diseños coordinados entre las partes involucradas, por lo cual, se podrá realizar una fácil interpretación de la información consignada, así como también se podrá evaluar la

calidad y exactitud de la misma. Adicionalmente, se podrá detectar la magnitud de los inconvenientes que se puedan presentar durante el desarrollo del proyecto, haciendo posible proporcionar una idea de cómo éstos pueden llegar a ser solucionados.

Es importante resaltar, que el análisis de la información es recomendable realizarlo una vez finalice la etapa de chequeo de la información; lo anterior permitirá que el análisis arroje resultados confiables.

### 6.3.7 Control de la documentación

El control de la documentación de diseño, se deberá realizar de la misma forma en la que se planteó en el capítulo de “Control y aseguramiento de la calidad”, teniendo en cuenta que realizar un revisión de la documentación contribuye a controlar y asegurar la calidad del diseño, convirtiéndolo en un diseño óptimo y confiable.

## 6.4 Generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto



Figura 36. Resumen generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto (parte 1)



*Figura 37. Resumen generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto (parte 2)*

Este capítulo presenta el uso de modelos en las diferentes etapas del proyecto. El nivel de información que se requiere para la creación del modelo BIM, varía de acuerdo a las diferentes fases del proyecto y del objetivo para la creación del modelo BIM; el cual puede variar de acuerdo al enfoque, alcance, complejidad y nivel de detalle de la información incorporada dentro del mismo. La correcta implementación de BIM, permitirá simular y pre visualizar todos los aspectos del diseño en la edificación, en la construcción, en la gestión económica, en el seguimiento y control durante la ejecución, y permitirá anticiparse a los inconvenientes e imprevistos que se puedan presentar durante la ejecución de las obras (Aponte, 2016). Todo ello, con el objetivo principal de optimizar la eficiencia y la calidad de los proyectos y reducir los riesgos y costos durante el proceso de su construcción.

A través de la encuesta realizada a profesionales del sector de la construcción, se pudo observar que solo el 49% de los encuestados han oído hablar de la metodología BIM, el 37% de estas personas indicó que tienen un conocimiento alto – intermedio; así mismo, el 74% de

estas personas señaló que entre las principales ventajas asociadas al uso de BIM se encuentra la identificación de interferencias a edades tempranas del proyecto y el 73% señaló que la metodología facilita el trabajo entre los profesionales involucrados. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera importante implementar modelos BIM en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos, que garanticen que el equipo involucrado en la ejecución del proyecto pueda compartir la información disponible del mismo a través de un modelo BIM y así lograr articular el proyecto en las diferentes fases de su ciclo de vida.

Para el desarrollo de la propuesta de estándar, se consideró que las decisiones más importantes de un proyecto son tomadas en etapas tempranas del proyecto, es justo durante estas etapas que se genera el punto de partida para iniciar el proceso de diseño del proyecto y para su posterior ejecución; por lo que se tienen en cuenta: el presupuesto del proyecto, el alcance del proyecto, planificación del proyecto a partir de la disponibilidad de áreas y de la verificación del impacto que tendrá el mismo con el entorno en el cual se desarrollará (detección de interferencias con proyectos existente). A continuación, se presentan las diferentes etapas de diseño, necesarias para llevar a cabo el proceso constructivo del proyecto (Building Smart Spanish Chapter, 2014):

- Modelo conceptual (modelo de pre factibilidad): para la elaboración de este modelo de diseño se deberán definir las variables a considerar durante la modelación, entre más variables se definan, el modelo de esta etapa será más preciso. La definición de estas variables depende de los requerimientos, los resultados esperados y del nivel de precisión solicitado por el cliente.

El modelo de pre factibilidad podrá reflejar la información del proyecto, los ingresos esperados, los costos generados y la utilidad que dejará la ejecución del mismo.

- Modelo de diseño inicial (diseño básico): teniendo como base la evaluación de las necesidades y objetivos establecidos al inicio del proyecto, se realizará la selección de la mejor alternativa que permita llevar a cabo el desarrollo del modelo de diseño básico.

La aplicación de la metodología BIM al modelo de diseño inicial, permitirá coordinar la mejor alternativa de diseño con los requerimientos del cliente; lo anterior, facilitará el desarrollo del proyecto, ya que se logrará una mejor visualización general del mismo y apoyará la comunicación entre los involucrados agilizando la toma de decisiones importantes a edades tempranas del proyecto.

Los diferentes modelos de diseños que componen el modelo BIM, se deberán desarrollar simultáneamente, lo que obligará que la información que contiene el modelo se encuentre constantemente actualizada.

El cliente deberá estar de acuerdo y aprobar la solución básica de diseño, lo anterior, es requisito para llevar a cabo la fase de diseño detallado.

- Modelo de diseño detallado (proyecto de ejecución): este modelo de diseño tiene como punto de partida el diseño básico desarrollado por todas las disciplinas involucradas; sin embargo, la información que se genera y se incluye en este modelo, debe tener mayor precisión y detalle.

Al finalizar la etapa de diseño detallado, las soluciones de diseño presentadas deberán estar aprobadas por el cliente y a su vez, estas deberán tener un nivel de desarrollo tal que el modelo pueda ser utilizado en la etapa de licitación.

- Modelo de diseño de desarrollo: este modelo de diseño permite estudiar el proyecto, realizar la planificación, organización y coordinación del proceso de ejecución del mismo; lo anterior, teniendo en cuenta que si la modelación BIM para la desarrollo del proyecto se encuentra ejecutada correctamente y sin errores, se lograrán obtener beneficios en tiempos, costos, procesos, productividad de la construcción y sostenibilidad del proyecto en el tiempo.
- Modelo de diseño as built: este modelo de diseño se realiza teniendo en cuenta que el proceso de construcción de un proyecto es un proceso dinámico en donde se producen cambios entre lo inicialmente proyectado y lo que finalmente se ejecuta. Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo de diseño as built captura la realidad construida en un modelo BIM, en donde se recogen todas las modificaciones realizadas al proyecto durante el ciclo de vida del mismo, en ese sentido, el modelo as built es un modelo BIM 100% fiel a la realidad.

#### 6.4.1 Necesidades y objetivos

La coordinación de un proyecto en las diferentes fases del ciclo de vida del mismo, es una actividad que puede aparecer durante todas las fases del proyecto. Esta actividad, puede llevarse a cabo mediante la realización de reuniones programadas y agendadas en el cronograma del proyecto desde su inicio; en las cuales el grupo multidisciplinar se presenta y recibe las instrucciones de las tareas a realizar, asimismo, se conciertan las necesidades y objetivos del proyecto que van enfocados a la reducción de errores, inconsistencias, y desperdicios durante la ejecución del mismo (Ruiz, 2017).

A través de la encuesta realizada se logró identificar que los profesionales del sector de la construcción financiada con recursos públicos, utilizan las mesas de trabajo (85%) como método principal para relacionarse con las demás especialidades. La utilización de métodos tradicionales de gestión durante todo el ciclo de vida de los proyectos, no permite articular eficientemente la información, por lo que se pueden presentar fallas de coordinación que solo se evidencian al momento de la construcción.

En consecuencia, se considera importante desde el inicio del proyecto realizar una evaluación de las necesidades y objetivos del Estado, y de los usuarios finales ya sea un ente territorial

o un operador; así como también, de los objetivos establecidos dentro del proyecto, lo que permitirá la elaboración del modelo inicial del proyecto (generación de esquemas iniciales).

La planificación del contenido que se requiere para realizar el modelo BIM al inicio del proyecto, permitirá:

- Enterar a las partes involucradas de los objetivos planteados. A partir de las metas y objetivos trazados se podrá concertar entre los diferentes actores, la información que será requerida para la elaboración del modelo BIM durante las diferentes etapas del proyecto.
- Definir las funciones, deberes y responsabilidades que se requieren para la elaboración del modelo BIM del proyecto, las cuales estarán en conocimiento de todos los participantes a través de las reuniones preliminares que se realicen entre las partes involucradas.
- Establecer los conocimientos técnicos con los que se debe contar para el desarrollo del modelo BIM del proyecto, que permitan cumplir el objetivo del proyecto.
- Planificar las tareas de coordinación en una etapa temprana del proyecto.
- Establecer en una etapa inicial del proyecto, los requisitos entre las interfaces que se van a utilizar durante la ejecución de proyecto en sus diferentes fases del ciclo de vida del mismo. En ese orden de ideas, se deberá definir como se realizará la transferencia de datos y la gestión de la información del proyecto.

En conclusión, durante la evaluación de las necesidades y objetivos del proyecto, se debe tener en cuenta el objetivo por el cual es necesaria la ejecución del mismo, lo cual permitirá preparar la toma de decisiones oportunas durante la ejecución del proyecto.

#### 6.4.2 Estudio de alternativas

La metodología BIM genera un soporte en la comunicación e interacción entre los diferentes agentes involucrados dentro del desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la necesidad existente en el sector de incorporar en los procesos de gestión, un método que admita realizar cambios en cualquiera de las dimensiones de los proyectos y que estos a su vez se reflejen en la información relacionada (Ruiz, 2017).

Esta etapa, incluye un estudio de necesidades y sus requisitos, un estudio de las alternativas de funcionamiento y del costo global de esas alternativas; por lo cual, esta etapa está enfocada en la búsqueda de la solución de diseño más adecuada, a través de la comparación de alternativas, lo que permitirá seleccionar la mejor solución de diseño en cooperación con el usuario final del proyecto. Los modelos de cada disciplina deberán estar siempre disponibles para las demás y quedar archivados, de manera que el historial de cambios pueda ser revisado posteriormente. Se recomienda establecer al inicio del proyecto un protocolo para actualización periódica de la información.

La visualización de los modelos facilitará el intercambio de las diferentes alternativas de proyecto, generando una mayor comprensión de las mismas entre el Estado y los ejecutores

del proyecto; esto permitirá llevar las soluciones de diseño a un nivel más concreto. Con base en lo anterior, en la etapa de evaluación de alternativas podrán definirse los costos del proyecto que se encuentran asociados a la inversión, al ciclo de vida y al impacto ambiental del mismo. Así pues, comparar y coordinar las propuestas y alternativas de diseño a través de las modelaciones de la información, permitirá realizar con relativa facilidad a etapas tempranas del proyecto cambios radicales que impactan el desarrollo del proyecto; cuanto más tarde se detectan los problemas en el proceso, más difícil es resolverlos sin que se genere gran impacto sobre el costo o la calidad final del proyecto.

A etapas iniciales del proyecto, la información contenida en el modelo BIM no está totalmente definida, por lo tanto, será necesario precisarla durante el progreso del proyecto. Esta información aunque sea parcial, permitirá crear modelos básicos capaces de proporcionar la información requerida para la toma de decisiones.

### 6.4.3 Licitación y Contratación

La situación actual, en el sector de la construcción pública en Colombia, requiere dejar atrás los métodos tradicionales con los que actualmente se realiza la planificación, diseño y construcción de los proyectos; y en este orden de ideas evolucionar hacia la aplicación de metodologías avanzadas de gestión que permitan dar un salto cualitativo en los procesos que involucran todo el ciclo de vida de una edificación (Aponte, 2016).

Revisados los resultados arrojados en la encuesta realizada a profesionales del sector de la construcción financiada con recursos públicos en Colombia, en lo relacionado con los software utilizados durante las fases de diseños, costeo y programación, construcción, mantenimiento y sostenibilidad; se considera importante realizar las siguientes precisiones:

- En la fase de diseño, el 67% de las personas encuestadas indicaron que los software más utilizados son Excel y AutoCAD.
- El 50% de los encuestados, indicaron que el software que más aplican para el desarrollo de la fase de costeo y programación es Excel.
- Durante la fase de construcción, el 74% de los encuestados, indicaron usar los software Excel y AutoCAD para el seguimiento y control en esta fase del ciclo de vida de los proyectos.
- El 83% de los encuestados, manifestaron que no están involucrados en las fases de mantenimiento y el 95% lo indicaron para la fase de sostenibilidad. El 21% de los encuestados que manifestaron haber trabajado en las etapas de mantenimiento y sostenibilidad; indicaron que los software que han usado durante la ejecución de estas etapas son Excel y Revit, respectivamente.

En relación con lo descrito anteriormente, se puede observar que para la ejecución de proyectos de edificación financiada con recursos públicos en Colombia, actualmente no existe una exigencia clara con respecto a los software que deben utilizar los contratistas

durante ejecución de las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos; por el contrario, cada contratista utiliza las herramientas tecnológicas que mejor se adapten a sus condiciones.

Durante la fase de planificación del proyecto, la cual se encuentra basada en los requisitos y objetivos iniciales, se examinan los diferentes métodos para el desarrollo del proyecto y la viabilidad de las alternativas. Es durante esta etapa, en la cual se definen los requisitos que se establecerán en la fase de licitación y contratación, en lo referente a las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

En la etapa de licitación y contratación, los modelos BIM, los renders y demás documentos que se puedan generar partir de los mismos; deberán ser entregados a los contratistas con el propósito de facilitar la preparación de las ofertas de licitación y así puedan realizar una planificación preliminar de la ejecución del proyecto.

Los proponentes teniendo como base la información suministrada (renders, modelos BIM 3D, modelo inicial) podrán familiarizarse con las necesidades y objetivos planteados en la fase inicial del proyecto; es así como las ofertas deberán estar basadas en la información presentada con los pliegos de licitación.

En los pliegos de licitación deberán estar definidas las tareas de modelado de información (requerimiento BIM) para las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.

#### *6.4.3.1 Definición de BIM en los documentos contractuales*

Los documentos que se establecen como contractuales deben dejar claro desde el inicio, que para el desarrollo del proyecto se utilizará la metodología BIM. En ese orden de ideas, entre los documentos contractuales se deben incluir los requisitos, objetivos y necesidades del proyecto, que podrían influenciar en los costos que presenten los proponentes a la hora de participar en una licitación o invitación.

Teniendo en cuenta, que dentro de los pliegos de condiciones se definirán los requisitos de modelación, se deberá incluir en la documentación que se adjunta a la licitación los modelos de información existente a manera de documentación técnica. De igual forma, el proponente tendrá derecho a revisar la información técnica y los modelos existentes previamente, antes de la firma del contrato.

#### **6.4.4 Diseño**

El diseño consiste básicamente en la generación de todos los documentos gráficos y escritos que contendrán la información clara y suficiente para posteriormente ejecutar la construcción. El Estado, como cliente deberá estar presente tanto en la generación del diseño conceptual, como en las diferentes etapas de planeación previas a la contratación; de igual forma mediante sus supervisores e interventores deberá realizar su respectivo seguimiento y control utilizando la metodología BIM.

En los documentos licitatorios debe quedar claro y preciso el nivel de desarrollo que se espera obtener de los diseños, al igual que debe estar definido el alcance del proyecto y los documentos finales que se espera recibir, lo anterior basado en la necesidad específica del Estado que originó el proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas, las etapas en las que principalmente trabajan los encuestados son diseño y construcción; aprovechando la fortaleza del sector en la etapa de diseño, se deberá generar en esta etapa un modelo con el nivel de desarrollo necesario para que sea útil y eficiente en las siguientes etapas del ciclo de vida de la edificación que culmina en su demolición.

#### *6.4.4.1 Diseño conceptual*

Dependiendo de la complejidad del proyecto y de su magnitud, la Entidad estatal deberá definir si el diseño conceptual será elaborado por una empresa consultora, o directamente por la entidad Estatal.

Desde la concepción del diseño, el Estado deberá dejar claros los parámetros específicos para el proyecto para realizar el Plan de Ejecución BIM, donde se plasmen los requerimientos mínimos que se deben desarrollar en las diferentes etapas. Estos parámetros deberán estar basados en lo que se pacte en el estándar.

Dependiendo de la complejidad del proyecto, y si el Estado no cuenta con la experiencia para establecer los requisitos BIM que deberán pactarse en el plan de ejecución BIM deberá tener un representante BIM como se especificó en el capítulo de roles y responsabilidades.

Durante esta fase, el ejecutor elegido deberá elaborar un primer plan del proyecto, donde se encuentren los objetivos de funcionalidad, objetivos respecto a medio ambiente, costos, otros objetivos especiales, al igual que una matriz de riesgos. Se espera con este diseño conceptual, tener las herramientas suficientes para poder tomar decisiones respecto a inversión y continuidad del proyecto.

El Estado podrá solicitar como entregables para esta etapa, la entrega de la siguiente documentación (Building Smart Spanish Chapter, 2017):

- Un modelo de requisitos mínimos, el cual podrá incluir entre otros: requisitos espaciales más cruciales, objetivo de la huella de carbono o los requisitos para instalaciones futuras.
- Bases para la licitación del proyecto arquitectónico.
- Definición volumétrica preliminar de las edificaciones.
- Borrador del Plan de ejecución del proyecto BIM.
- Se deberá generar un modelo preliminar BIM de espacios o grupos de espacios, en conjunto con su análisis energético preliminar.
- Análisis de riesgos.

La entidad estatal deberá establecer dentro de sus manuales, los requisitos mínimos que se espera que cumplan en esta etapa, ya sea para proyectos completamente nuevos o para intervenciones en proyectos existentes.

#### *6.4.4.2 Planificación del diseño*

La etapa de planificación de los diseños debe estar encaminada principalmente a la definición de los objetivos específicos del diseño, a la formulación de un programa de diseño, a la actualización del Plan de ejecución del proyecto, a la preparación de los términos para elegir al consultor y finalmente a la selección de diseñador que llevará a cabo la consultoría (Building Smart Spanish Chapter, 2017). El Estado a través de su representante deberá participar activamente en esta etapa, ya que aquí se verán reflejados los objetivos que espera del proyecto, al igual que la forma en que se ejecutará el mismo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta se pudo identificar que los encuestados trabajan con BIM principalmente en la etapa de diseño y construcción de los proyectos; de lo anterior cabe resaltar que el 58% indica utilizar AutoCAD como principal programa de diseño y Excel con el 12%. Esto evidencia que el Estado presenta un avance respecto a planificación, contratación y ejecución de diseños, y para implementar BIM deben incluir un capítulo referenciado exclusivamente a este dentro de su planificación.

Teniendo en cuenta que en el diseño conceptual se elaboró un primer borrador del Plan de ejecución BIM, en los documentos licitatorios del diseño el Estado deberá incluir el desarrollo y actualización del Plan de ejecución de BIM a cargo del Gerente del proyecto BIM del contratista supervisado por su par de interventoría. Este documento deberá ser entregado previo a la firma del acta de inicio de la consultoría.

El plan de ejecución BIM durante la planificación del diseño deberá contener entre otros la información general del proyecto y los requerimientos que establezca el Estado.

Los requerimientos BIM solicitados deberán estar plasmados en los documentos licitatorios, donde se debe especificar la siguiente información mínima al consultor (Council construction industry, 2014):

- Definición de los objetivos estratégicos
- Nivel de desarrollo esperado de acuerdo a la etapa
- Lista de entregables BIM para cada escenario
- Requisitos mínimos de contenido de diseño por especialidad
- Definición de las coordenadas y el sistema de origen
- Hitos de entrega del modelo

El Estado deberá establecer de acuerdo a sus objetivos, un documento de acuerdos de servicios, donde se plasme lo que se espera de la consultoría. Este documento deberá ser

parte integral del contrato; de esta forma, el interventor podrá evaluar el cumplimiento de cada uno de los puntos.

Como parte de la planificación, dentro de las obligaciones y responsabilidades establecidas en el contrato, deberán quedar plasmados entre otros los siguientes aspectos referentes a la modelación (Building Smart Spanish Chapter, 2017):

- Modelación de áreas
- Medición de áreas y volúmenes
- Realización de presupuestos
- Ejecución del control de calidad
- Análisis estructural
- Análisis energético
- Análisis acústico y de iluminación
- Análisis de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias
- Planificación de la etapa constructiva
- Verificación de normas referentes a diseño

Cabe aclarar, que las obligaciones previamente descritas deberán ser desarrolladas conforme a la etapa de ejecución del proyecto y el nivel de desarrollo solicitado al respecto.

#### 6.4.4.3 Control de diseño

Como bien se ha mencionado anteriormente, el 74% de los profesionales objeto de la encuesta, indicaron que el seguimiento y control de los proyectos en la fase de construcción la realizan por medio de Excel y AutoCAD, y el control, seguimiento de cambios y coordinación interdisciplinaria se realiza principalmente, mediante la ejecución de mesas de trabajo periódicas (85%).

Como se indica en la guía de supervisores e interventores de *Colombia Compra Eficiente*, tanto la interventoría como la supervisión deben realizar una revisión y seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico de acuerdo con su nivel de especialización. Se deberá incluir la solicitud de realizar el control al diseño BIM, de acuerdo al cumplimiento del plan de ejecución BIM del proyecto.

El control del diseño tiene como finalidad la revisión del cumplimiento de los requisitos y de los objetivos BIM referentes al diseño para cada etapa, logrando así una mayor calidad del producto con menos errores. Se debe verificar el cumplimiento de lo establecido en el plan de ejecución BIM referente al diseño, y el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el contrato de consultoría.

El interventor, a través de su Gerente BIM debe ser el responsable de realizar el seguimiento y control del proyecto en todas sus etapas, principalmente en el diseño, ya que en este punto

es donde se deben centrar los esfuerzos y aumentar el trabajo para así posteriormente evitar retrocesos en la construcción.

El control que realizará el interventor o supervisor dependiendo el caso, deberá establecerse desde el inicio del proyecto indicando las responsabilidades al respecto. Debido a que todos los involucrados no contarán con herramientas o habilidades en el modelado BIM, se recomienda para un mayor control por parte del Estado realizar mesas de trabajo periódicas donde se muestren visualmente a través de modelación BIM los avances referentes al diseño y el cumplimiento de los objetivos y requisitos solicitados.

#### 6.4.4.4 *Coordinación de diseños*

Tal como se indicó en el capítulo de roles y responsabilidades, dentro del personal mínimo se debe incluir un coordinador BIM que sea una persona competente con experiencia técnica en el modelado, ya que será quien se encargará de coordinar a las diferentes especialidades y liderará la coordinación entre todas.

De acuerdo al resultado de las encuestas, se evidencia que del software especializado utilizado, el 5% de los encuestados indica que lo utiliza para labores de coordinación; es decir que existe una brecha respecto al uso de tecnología como herramientas de coordinación.

La coordinación de los diseños, es una acción que permite resolver de forma adelantada la detección temprana de conflictos, lo que generaría reducción de sobrecostos por errores y reprocesos durante el proceso de construcción.

El plan de ejecución del proyecto debe estar determinado como se realizará el proceso de detección y solución de interferencias, el cual deberá estar aprobado previo a la firma del acta de inicio de la consultoría.

#### 6.4.5 Construcción

La modelación BIM permite en la etapa de construcción visualizar el proyecto como un todo. Con la metodología BIM, al contar con un modelo virtual con información completa del proyecto, se puede lograr una mejor planificación de ejecución de la construcción, teniendo en cuenta que se puede contar con un programa detallado de las actividades a ejecutar que son coherentes con el proyecto físico. En este orden de ideas, si se hacen cambios en el modelo, éstos se actualizarán automáticamente en los dibujos y documentos de diseño; lo que facilitará la coordinación entre todos los participantes del proyecto involucrados en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto. Por lo anterior, a través del uso de la modelación BIM durante el ciclo de vida de los proyectos, simular el proceso de construcción y mostrar cómo la obra se vería en cualquier etapa de la misma, permitirá abordar problemas y presentar soluciones durante la ejecución del proyecto (Alzate, 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a profesionales del sector de la construcción financiada con recursos públicos, se pudo identificar que 74% de éstos, durante la etapa de construcción informaron que utilizan AutoCAD y Excel como los software principales para realizar el seguimiento, control de actividades y presupuesto, modificación de diseños, revisión de cálculos, cantidades de obra, entre otros.

Es por lo anterior, que para el desarrollo de la propuesta de estándar, se deberá tener en cuenta que los modelos suponen un beneficio significativo para el desarrollo de las fases del ciclo de vida de los proyectos, ya que son una buena forma de estudiar los diseños y las estructuras, por lo que permiten planificar procedimientos constructivos, de instalación y coordinación del trabajo.

La metodología BIM aplicada en las fases de construcción, permite realizar la verificación y coordinación entre los diferentes diseños del proyecto, lo que facilita y agiliza la comprobación de los procesos de cálculo, así mismo, presenta beneficios tales como permitir realizar un control visual sobre el orden de instalación de los componentes, y lograr la identificación de estructuras críticas del proyecto, como por ejemplo: la cimentación.

El seguimiento del proyecto de construcción, podrá ser documentado y almacenado periódicamente en el modelo con el fin de ilustrar y documentar el avance del mismo. Los cambios generados y la complementación de los planos y demás documentación de diseño guía para la construcción del proyecto; modificarán la versión del modelo, por lo cual la actualización del mismo tendrá que ser distribuida a los involucrados. Los intervalos de actualización del modelo así como las fechas de emisión de planos serán acordados en la reunión inicial de proyecto.

#### *6.4.5.1 Planificación de la construcción*

El diseño y planificación de construcción basados en metodologías BIM, reduce significativamente problemas en la obra, sobre todo en aquellos casos en donde el proyecto es desarrollado desde el diseño con estas metodologías. Una de las formas de garantizar que el modelo BIM sea preciso y presente coherencia entre las fases del ciclo de vida de los proyectos, es solicitando la aplicación de la metodología BIM a edades tempranas del proyecto (desde su concepción), y así contar con uno o varios modelos preliminares que puedan ser incluidos dentro de los pliegos de condiciones, estableciendo los requisitos y obligaciones de manera clara en la documentación contractual (Pérez, 2015).

Como se observó en los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, con respecto a los software utilizados, el 74% de los profesionales que han trabajado en el sector de la construcción financiada con recursos públicos en Colombia, indicaron que usan principalmente las herramientas tecnológicas Excel y AutoCAD para realizar las tareas de seguimiento de cronograma y presupuesto de obra, gestión de cambios, modificaciones al proyecto entre otras actividades. La coordinación y socialización de los cambios realizados con los involucrados en el proyecto se hacen principalmente mediante la ejecución de mesas

de trabajo periódicas (85%) y la remisión de información a través de correos físicos y electrónicos (80%).

Es así como, la planificación de la construcción es muy importante dentro del desarrollo de los proyectos ya que tiene como objetivo la organización de la construcción. Es en esta etapa en donde se deberán especificar las tareas de apoyo, responsabilidades y obligaciones, programación de construcción y definición de los requisitos BIM para la fase de construcción.

Como se indicó en el capítulo “Licitación y contratación” los requisitos que podría afectar el presupuesto deberán ser incluidos dentro de los términos de la licitación, con el fin de que estos puedan ser considerados por el contratista. Adicionalmente, el contratista seleccionado tendrá el derecho de revisar la información y modelaciones existentes previamente a la firma de contrato, lo anterior, con el fin de que este pueda realizar la planificación de la construcción. Las tareas del contratista y las obligaciones detalladas para la implementación BIM se deberán incluir en la documentación contractual en el programa del contrato.

Con base en lo anterior, el Estado podrá solicitar como entregables para la ejecución de la fase de construcción, el suministro de la siguiente documentación:

- Programación de la construcción conforme a la situación de la obra en modelación BIM (definición del contenido y el formato de presentación de la misma).
- Planificación de las áreas de trabajo - modelación BIM de las zonas a intervenir en la ejecución del proyecto.
- Verificación de las soluciones de seguridad y salud en la etapa de construcción por medio del modelo BIM.
- Documentación y formatos que permitan registrar los cambios en el momento de la construcción, asociados al modelo BIM.
- Modelación de planificación de rendimiento de construcción (control de imágenes y listas de chequeo en formatos establecidos, materiales de construcción).

Las fechas reales de ejecución de proyecto deberán registrarse en el modelo BIM periódicamente (diaria o semanalmente) de acuerdo a lo concertado en las mesas de trabajo iniciales. El modelo de visualización de estado de la construcción tendrá que ser distribuido al equipo de trabajo en los formatos y medios acordados.

#### *6.4.5.2 Control de la construcción*

Como bien se ha mencionado anteriormente, el 74% de los profesionales objeto de la encuesta, indicaron que el seguimiento y control de los proyectos en la fase de construcción la realizan por medio de Excel y AutoCAD; el control, seguimiento de cambios y coordinación interdisciplinaria se realiza principalmente, mediante la ejecución mesas de trabajo periódicas (85%).

BIM es definida por el Building Smart Spanish Chapter (2014) como una metodología de trabajo colaborativa que permite la creación y gestión de los proyectos. Con base en lo anterior, se recomienda el uso de esta metodología, teniendo en cuenta que el seguimiento y control de los proyectos basados en metodologías tradicionales de gestión, generan altos costos, mayores plazos en la ejecución de los proyectos, mala calidad del producto entre otras.

El control de la construcción del proyecto, se deberá realizar de acuerdo a los requisitos y objetivos establecidos, a los documentos y modelos existentes, teniendo en cuenta las modificaciones realizadas durante esta fase. Es importante realizar el control de obra de acuerdo a la modelación suministrada, ya que permitirá verificar que las actividades y el presupuesto se estén ejecutando de acuerdo a lo planeado, el rendimiento de las actividades y recursos esté dentro de lo estimado y que los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto cumplan los objetivos y requisitos de calidad, operación y mantenimiento.

La visualización general del proyecto a través del uso de la modelación BIM, permitirá realizar un mejor control de la fase de construcción, teniendo en cuenta que se podrá realizar la planificación y el control de la obra, así como también, la planificación de tareas y la coordinación de trabajos entre las partes involucradas.

#### *6.4.5.3 Inspección final, entrega y recepción de obra*

La integración de los modelos BIM en las diferentes fases del ciclo de vida de los proyectos, entre las cuales, se encuentran integradas las diferentes especialidades involucradas en la ejecución de los proyectos, permite la gestión y control integral de los mismos. Los planes de mantenimiento preventivo actúan de manera automática sobre los elementos del proyecto; así los operarios y técnicos de mantenimiento cuentan con las últimas actualizaciones del modelo BIM, planos, protocolos, procedimientos y manuales (Compadre Plaza & De La Cruz García, 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada a los profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia; se puede observar que 83% de los encuestados manifestaron no utilizar ningún software en la etapa de mantenimiento: de los profesionales que indicaron trabajar en esta etapa el 11% utiliza Excel. Asimismo, el 95% de los encuestados manifestó no utilizar software para la etapa de sostenibilidad del proyecto, y el 2% indicó utilizar Revit en esta etapa.

En relación a lo anterior, y teniendo en cuenta la importancia que representan las fases de mantenimiento y sostenibilidad dentro del ciclo de vida de los proyectos, es importante considerar que una vez entregado el proyecto, se deberán ejecutar las acciones y trabajos necesarios a realizarse de manera continua o periódica, con el fin de proteger obras físicas, equipos, maquinaria y otros activos de la acción del tiempo y del desgaste por su uso y operación, asegurando el máximo rendimiento de las funciones para las cuales estas han sido construidas.

En consecuencia, durante la inspección final del proyecto (puesta en marcha), las funciones de los sistemas son probadas y se dan las instrucciones para su uso, teniendo en cuenta las fases posteriores a la fase de construcción (mantenimiento y sostenibilidad). En la etapa de puesta en marcha, se implementa la actualización y modelación *as built* la cual deberá entregarse al Estado o ente territorial para que sea utilizado para las necesidades de funcionamiento y gestión de las operaciones y el mantenimiento del proyecto. Adicionalmente, se deberá entregar la modelación en lo relativo a diseño y construcción, y también de servicio del proyecto.

Es importante que dentro de la información que se entregue, se deje establecido un procedimiento claro para la actualización de los modelos BIM de operación, mantenimiento y sostenibilidad; asegurando la garantía, calidad del proyecto, actualización y coordinación de la información y compatibilidad entre los programas BIM utilizados.

La necesidad de actualizaciones periódicas depende de la naturaleza del uso del proyecto, el alcance del software, y del nivel de precisión de la información requerido (Building Smart Spanish Chapter, 2014). Dentro del procedimiento de mantenimiento, se deberá considerar y establecer la periodicidad de las actualizaciones del modelo BIM.

#### *6.4.5.4 Modelación general as built*

Desde la etapa precontractual del proyecto, deben quedar definidos los parámetros en los cuales se requiere que se entregue la información durante y al finalizar el proyecto. Teniendo en cuenta que las obras financiadas con recursos públicos serán entregadas a entidades territoriales, estos requisitos de la entrega del modelo *as built* deberán ser establecidos previamente en conjunto con el usuario final, es decir con la entidad territorial ya que la importancia del modelo *as built* depende de la naturaleza del proyecto, complejidad y finalidad del mismo.

Tal como se estableció en capítulos anteriores, el Gerente del proyecto BIM deberá dirigir la actualización del modelo BIM, por lo cual dentro de su función (tanto para el Gerente del Constructor como el del Interventor) deberá definir desde un inicio al personal encargado de actualizar el modelo conforme avanza la obra y sus respectivos alcances.

El ejecutor del proyecto, deberá documentar todos los cambios y desviaciones que se realicen respecto al diseño original durante la etapa de construcción, y estos cambios deberán estar actualizados en el modelo final (*as built*). (Building Smart Spanish Chapter, 2014). Deberán estar definidos en los procedimientos iniciales cuál es la documentación requerida como soporte cuando se realicen cambios, para lo cual el interventor debe cumplir con la exigencia de estos soportes y verificar la actualización del modelo.

El contratista de obra deberá proporcionar toda la información respecto a por ejemplo posición y geometría de las diferentes redes que pueden ser ocultas, y los principales cambios

en la posición de la tubería y los recorridos de los cables. Es importante que se defina un margen de tolerancia al iniciar la construcción (Building Smart Spanish Chapter, 2014).

En razón a la finalidad de la metodología BIM, el modelo as built deberá contener toda la información sobre elementos de construcción, equipos y materiales para ser usados en la fase de mantenimiento. De acuerdo al nivel de desarrollo del modelo y la complejidad del proyecto, dentro de los documentos contractuales se deberán establecer los parámetros que se deben incluir dentro del modelo as built.

Como se evidencia en el resultado de las encuestas, el 54% de los encuestados indican que en menos del 50% de sus proyectos trabaja de forma colaborativa con otros involucrados, e igualmente que la forma de relacionar su trabajo es principalmente a través de mesas de trabajo o remitiéndose información. Para obtener el modelo as built esperado, en el sector público se debe reforzar el trabajo de forma colaborativa, al igual que la metodología para relacionar la información, la cual deberá ser metodología BIM.

#### 6.4.6 Sostenibilidad

De acuerdo al resultado obtenido de la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector público, se evidencia que generalmente las obras del sector público no están enfocadas en ser eficientes y sostenibles, ya que de los encuestados el 95% indica que las empresas en las que trabajan no están involucradas ni en sostenibilidad ni en evaluación energética.

Teniendo en cuenta la situación actual mundial respecto al medio ambiente, todos los proyectos, especialmente los financiados con recursos públicos, deberían estar enfocados desde su diseño a ser más sostenibles y generar conciencia ambiental; aspectos que podrán ser desarrollados mediante la metodología BIM y sus herramientas para análisis energético.

El análisis energético se deberá realizar durante las diferentes fases del proyecto, es decir desde el diseño conceptual hasta la operación y mantenimiento; su requerimiento y alcance deberá estar consignado en los documentos licitatorios del proyecto.

A continuación se indican los requisitos que debería exigir el Estado en términos de análisis energético para las diferentes etapas del proyecto (Building Smart Spanish Chapter, 2017):

- Diseño conceptual: Se deberán realizar análisis preliminares de consumo de energía y de condiciones interiores para diferentes tipos de espacios.
- Durante el perfeccionamiento del diseño: Se deberán realizar simulaciones de confort para los diferentes espacios, definiendo necesidades de aire acondicionado y de uso de materiales.
- Diseño detallado: Se deberán actualizar los análisis energéticos de etapas previas, con las condiciones definitivas del diseño.
- Construcción: Una vez se finalice la construcción y se tenga el modelo as built, se deberá actualizar el cálculo de consumo energético de la edificación.

- Puesta en servicio y garantía: A partir del modelo as built se realizará actualización de análisis energético. Es importante que el ente territorial, como dueño de la edificación, o el operador, lleve un registro detallado de consumos para así poder actualizar los consumos reales en el modelo y verificar el funcionamiento de los diferentes sistemas. El constructor y diseñador deberán en esta etapa dar la garantía para asegurar que la operación del edificio esté de acuerdo a las metas de eficiencia energética.

Debido a la brecha que existe actualmente en el país respecto a la sostenibilidad en las edificaciones públicas, primero se deberán crear políticas ambientales claras al respecto para así poder incluir estas exigencias respecto a la sostenibilidad en el diseño, construcción o mantenimiento de las edificaciones. La emisión de la licencia de construcción debería estar ligada al resultado del análisis energético y al aprovechamiento de materiales, espacios, y condiciones ambientales que generen un menor impacto ambiental.

#### 6.4.7 Periodo de garantía

Los contratos de obra pública en el país deben contar con pólizas que cubran todos los riesgos identificados durante y posteriormente a la ejecución de la obra. Respecto al periodo de garantía, el contratista deberá contar con pólizas que amparen los riesgos posteriores a la ejecución del contrato, como lo son la estabilidad y calidad de la obra, la calidad del servicio, la calidad y correcto funcionamiento de los bienes (Colombia Compra Eficiente, 2017).

El ente territorial, o el operador designado deberán monitorear y recopilar la información referente al rendimiento de la edificación una vez se encuentre esta sea recibida por El Estado. Si no cumple con las metas establecidas desde la concepción del diseño, se deberá solicitar garantía tanto al diseñador y constructor para que realicen los ajustes e inspecciones necesarias y ejecuten las correcciones ante cualquier deficiencia (Building Smart Spanish Chapter, 2017). Por lo anterior en los documentos licitatorios tanto del diseño como de la construcción, se debe reflejar que incluye la garantía de las obras, dentro de la cual debería establecerse una garantía específica a BIM.

#### 6.4.8 Puesta en funcionamiento y mantenimiento

De acuerdo al resultado obtenido de la encuesta realizada a profesionales involucrados en el sector público, se evidencia que generalmente no se realiza mantenimiento de las edificaciones, toda vez que de los encuestados el 83% indica que sus empresas no trabajan en esta etapa.

La fase de mantenimiento es la menos valorada dentro del ciclo de vida útil de un proyecto. Únicamente en los casos de instalaciones industriales se le presta alguna atención a dicha fase. El objetivo de la metodología BIM es que este proceso de mantenimiento se realice en cualquier proyecto independiente de su complejidad y durante todo su ciclo de vida (Pérez, 2015). En búsqueda de conservar la inversión pública, se debe hacer énfasis en que la edificación termina su “vida” en la demolición, por lo cual el Estado deberá incluir dentro de

sus alcances, no solo la inversión para el diseño y construcción de edificaciones, sino también el rubro correspondiente a mantenimiento.

Desde el punto de vista de modelado, los documentos más importantes que se deben generar para esta etapa son el modelo as built y los manuales de operación y mantenimiento. Una vez terminada la obra, y dentro de las funciones establecidas desde la licitación, el contratista deberá entregar el modelo as built como se definió en capítulos anteriores, que contenga con exactitud el resultado final de la construcción. De igual forma, deberá incluir dentro de este modelo la información específica respecto a equipos e instalaciones, al igual que sus correspondientes manuales de mantenimiento.

El ente territorial o entidad operadora de la edificación, deberá contar dentro de su equipo con una persona capacitada en la metodología BIM capaz de extraer información del modelo y crear un modelo específico para las tareas de mantenimiento. El modelo de mantenimiento contendrá la información y objetos precisos para poder realizar las correspondientes simulaciones para la gestión de la edificación (Building Smart Spanish Chapter, 2017).

### 6.5 Aspectos claves para su implementación



Figura 38. Resumen aspectos claves para su implementación

### 6.5.1 A nivel Estado:

El Estado, quien será el encargado de liderar la implementación de BIM a través de la generación de un estándar que repercutirá en la modificación los documentos guías para presentar proyectos a ser financiados con recursos públicos, y en la estructura interna de las entidades, deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El presupuesto Nacional deberá tener disponibilidad anual para temas transversales a la innovación en la construcción.
- Dentro de este, se deberán destinar recursos para reestructurar las entidades, que incluya capacitación en la metodología, y creación de equipos que tengan mayor involucramiento en la formulación, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos, sin chocar con las responsabilidades de la interventoría.
- De acuerdo a las encuestas, se evidencia que el sector público no presenta mucha participación en el mantenimiento de las edificaciones. Dentro del presupuesto para las entidades, deberá existir destinación específica para el mantenimiento de construcciones ya finalizadas.

### 6.5.2 A nivel Entidad Nacional y Ente Territorial:

Los entes territoriales quienes son los que presentan los proyectos a las entidades Nacionales dependiendo de la magnitud, deberán tener en cuenta lo siguiente:

- Generar un Plan de implementación de BIM a nivel ente territorial o Entidad Nacional, basado en el Estándar Nacional.
- Contar con profesionales dentro de su entidad que tengan conocimientos sobre la metodología, para que sean impulsores de la misma internamente y puedan relacionarse con el interventor y contratista en busca de optimizar el ciclo de vida de los proyectos.
- Las entidades, principalmente las de orden territorial, deberán tener un equipo enfocado en el mantenimiento de las edificaciones, teniendo en cuenta que son los responsables de la edificación una vez sea finalizada la construcción y recibida a satisfacción. Estos deberán estar capacitados en BIM para poder obtener la información de la gestión realizada en etapas anteriores (diseño y construcción) y así garantizar una mayor durabilidad de las edificaciones.

### 6.5.3 A nivel Educación:

A través de las encuestas y de la validación del estándar, se evidencia que una de las brechas principales para la falta de uso de metodologías avanzadas de gestión como lo es BIM, se debe al desconocimiento de la herramienta por los profesionales del sector.

Las universidades, y colegios técnicos de profesiones relacionadas con el sector de ingeniería, arquitectura y construcción deben empezar su evolución del CAD al BIM con apoyos e incentivos del Gobierno.

Actualmente, la Cámara Colombia de la Construcción, dentro de su programa de innovación cuenta con la *“Misión para el fortalecimiento de las capacidades técnicas profesionales y la formalización de la educación en torno a BIM”*, que involucra a la Universidades y agremiaciones principales para lograr programas y materias en pregrados, posgrados y educación continua enfocada en el aprendizaje de esta metodología.

Teniendo en cuenta que este estándar está enfocado al sector público, el Estado deberá apoyar mediante alianzas o a través de rubros del Ministerio de Educación, las capacitaciones al personal de las entidades públicas al igual que posteriormente exigir en los Pensum de las universidades los enfoques relativos a BIM para las carreras del sector.

## 7. GLOSARIO

Acuerdos de servicios: acuerdos pactados en los contratos con el fin de poder controlar, medir y gestionar la eficiencia de los servicios contratados.

Alcance: ámbito o propósito para el que se desarrolla un producto o servicio. En el caso de un modelo BIM la definición del alcance será determinante para establecer el nivel de desarrollo que debe adoptarse.

Análisis energético: análisis que se realiza con el fin de controlar o verificar las prestaciones en materia de consumo de energía de la edificación a través del modelo.

Atributo: descriptores que representan las características de los elementos (por ejemplo, nombre, longitud, peso, precio, fabricante, material, modelo, información de garantía, etc.)

BIM (building information modelling): una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Ciclo de vida edificación: son las diferentes fases secuenciales por la que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Es una edificación que inicia con el diseño conceptual, continúa con el diseño detallado, el análisis, la documentación, la fabricación de elementos, el control (costos y tiempo), la logística de obra, operación y mantenimiento, y finalmente con la demolición.

Contratación: acuerdo jurídico establecido entre dos partes, con el fin de que una de las partes desarrolle un determinado objetivo para la otra, a cambio de dinero u otra compensación.

Contratista: persona o entidad, encargada de ejecutar una obra material o se encuentra encargada de prestar un servicio para el gobierno, una corporación o un particular.

Coordinación: acción que permitirá asegurar que el trabajo desarrollado por los distintos miembros del equipo involucrados dentro del desarrollo del proyecto, es coherente entre sí, evitando futuras interferencias.

Cliente: persona física o jurídica pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Design Review: proceso de revisión de los modelos donde se incluyen los comentarios al modelo y se le retornan al proyectista o modelador para que se apliquen los cambios requeridos.

Detección de interferencias (Clash detection): Procedimiento cuya finalidad es localizar las interferencias que se presentan entre los objetos de un modelo, o como resultado de la superposición de modelos de varias disciplinas en un único modelo.

Documentos contractuales: conjunto de documentos que hacen parte de los documentos licitatorios, en los cuales se establecen las características bajo las cuales deberá realizarse el proyecto y las condiciones económicas establecidas para llevar a cabo las obras objeto del alcance.

Edificación pública: edificación que es financiada con los recursos públicos del Estado a cualquier nivel, a través de todos los organismos que forman parte del sector público, y que tiene como objetivo el beneficio de la comunidad.

Elementos BIM: elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos tienen todas las características -físicas y lógicas- de sus componentes reales. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como son los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno virtual antes de que se inicie su construcción real.

Ente territorial: Se entiende como ente o entidad territorial las personas jurídicas, de derecho público, que componen la división político-administrativa del Estado, gozando de autonomía en la gestión de sus intereses. Son entidades territoriales los departamentos, municipios, distritos y los territorios indígenas y eventualmente, las regiones y provincias

Entidad estatal: Entidad cuyo patrimonio pertenece exclusivamente al estado, las cuales por disposición de la ley deban aplicar la Ley 80 de 1993

Guía: documento que sirve ayuda para llevar a cabo tareas.

IFC (industry foundation classes): es un formato de archivo que permite el intercambio de un modelado BIM sin pérdida de datos. Se trata de un archivo de código abierto, no controlado por ningún desarrollador de software en particular. Está creado para facilitar la interoperabilidad entre los distintos software BIM que existen en el mercado

Interoperabilidad: la capacidad de intercambiar datos entre aplicaciones (entre softwares BIM), permitiendo estandarizar el flujo de trabajo y facilitando la automatización de tareas.

Licitación: procedimiento para solicitar ofertas y seleccionar la más adecuada conforme a los criterios establecidos.

Modelo: representación geométrica tridimensional de un objeto. Esta representación suele hacerse de forma virtual mediante ordenadores y software adecuado.

Modelo: es la representación geométrica tridimensional de un objeto; usualmente se hace mediante el uso de software y a través del uso de ordenadores. Cuando se hace de forma física se le denomina maqueta.

Modelo As built: Modelo que contempla todos los modelos BIM involucrados dentro del proyecto, actualizados durante la etapa de construcción con las respectivas modificaciones efectuadas en obra, para representar un modelo conforme con lo construido.

Modelo BIM: modelo virtual que incorpora geometría 3D e información relacionada con los materiales, costos, tiempos, y demás información relevante que facilite la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto.

Supervisión: control de un trabajo que lleva a cabo un superior responsable a las tareas desarrolladas dentro del alcance del proyecto.

Nivel de desarrollo: Conocido como LOD por sus siglas en inglés, indica el nivel acordado hasta donde debe desarrollarse un modelo BIM dependiendo de la fase de trabajo contratada. Indica el contenido a nivel de modelado y la información con la que debe contar el modelo.

Parametrizar: acción de asignar parámetros o variables a diferentes familias o tipos con el fin de poder controlar sus propiedades. La parametrización permite crear elementos en el modelo BIM aplicando reglas y fórmulas automatizando y acelerando el proceso.

Plan de ejecución BIM (BIM Execution Plan BEP): Un plan que se crea con el propósito de establecer objetivos claros y específicos para el proyectos en temas de BIM, estandarizar métodos de comunicación, definir roles y responsabilidades, y controlar el proyecto costo, cronograma, alcance y calidad. Se define cómo el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado.

Plan de implementación BIM (BIM Implementation Plan BIP): Es el plan y guía de implementación de metodología BIM a nivel empresa, el cual se deberá basar en el estándar que rija al país.

Presupuesto Nacional: el presupuesto es la herramienta que le permite al sector público cumplir con la producción de bienes y servicios públicos para satisfacción de las necesidades de la población de conformidad con el rol asignado al Estado en la economía y sociedad del país.

Reunión: acto en el que concurren simultáneamente varias personas para tratar un asunto común.

Sistema de unidades: unidades adoptadas dentro de la modelación BIM, con el fin de que exista coherencia entre la información. Este sistema de unidades deberá definirse inicialmente en el BEP.

## 8. REFERENCIAS

- Abbasnejad, B., & Izadi Moud, H. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 287-294.
- Abedrabo B, E. (2011). Aspectos institucionales para el desarrollo de megaproyectos de infraestructura de transporte en Latinoamérica. Colombia.
- AEC (UK) Committee. (Junio de 2015). AEC (UK) BIM Technology - Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering. Versión 2.1. Reino Unido.
- Alzate, M. F. (Febrero de 2017). Impacto económico del uso en el desarrollo de proyectos de construcción en la ciudad de Manizales. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ambrosio, F. (09 de Marzo de 2015). Normativa BIM para obras públicas en el Reino Unido. *Clarín Arquitectura*. Obtenido de <http://www.iac.com.co/el-bim-en-colombia/>
- Aponte, L. X. (2016). Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM.
- ARCADIS. (2015). *Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia*. Mexico.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- Biblus. (20 de 03 de 2017). Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/ifc-que-es-y-relacion-con-el-bim/>
- BIM acceleration committee. (2017). *The new Zealand BIM Handbook*. Nueva Zelanda.
- BIM Community. (14 de 11 de 2016). *BIM: Reconociendo tus obligaciones y limitaciones*. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/338/bim-reconociendo-tus-obligaciones-y-limitaciones>
- BIM forum Chile. (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*.

- Botero, L. F., Isaza, J. A., & Vásquez, A. (2015). Estado de la práctica de BIM en Colombia 2015. *Sibragec Elagec 2015*, (págs. 494-502). Sao Carlos.
- Building Smart Spanish Chapter. (07 de Octubre de 2014). *Building Smart.es*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADas-ubim/>
- Building Smart Spanish Chapter*. (30 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>
- Colombia Compra Eficiente. (2017). Guía para Procesos de contratación de obra pública.
- Compadre Plaza, R., & De La Cruz García, M. (Noviembre de 2017). Metodología de gestión, operación y mantenimiento inteligente con servicio integral de Facility Management. Ingeniería, Instalación y mantenimiento - Energética XXI.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 80 de 1993. *Estatuto general de contratación de la administración pública*.
- Construction Industry Council. (23 de 04 de 2015). *The Hong Kong Institute of Building Information Modelling (HKIBIM)*. Obtenido de <http://www.hkibim.org/?p=3684>
- Council construction industry. (2014). *Roadmap for building information modeling strategic implementation in Hong Kong's construction industry*. Hong Kong.
- Council, C. I. (2014). *Roadmap for building information modeling strategic implementation in Hong Kong's construction industry*. Hong Kong.
- Coya, J. (2018). *Vision global de la interoperabilidad BIM en programas de estructuras*. Obtenido de ZIGURAT: <https://www.e-zigurat.com/noticias/vision-global-la-interoperabilidad-bim-programas-estructuras/>
- Cruz, D. (Abril de 2017). *El Futuro de BIM en México*. Obtenido de [http://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/#\\_ednref3](http://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/#_ednref3)
- es.BIM. (Mayo de 2017). Definición de Roles. España.
- Fountain, J. W. (Diciembre de 2016). Outsourcing of Building Information Modeling (BIM) Among General Contractors in the United States. Mississippi, United States: College of science and Technology.
- Garcia, J. P. (2014). Fundación de la industria de la construcción. México.

- General Service Administration . (13 de 08 de 2017). GSA. Obtenido de <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/bim-guides>
- Ghaffarianhoseinia, A., Tookeya, J., Ghaffarianhoseinib, A., Naismitha, N., Azhard, S., Efimovaa, O., & Raahemifarb, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits understanding its implementation, risks and challenges. *Renweable and sustainable energy reviews*, 1046 - 1053.
- Gomez Sanchez, J. M., Rojas Quintero, J. S., & Aibinu, A. A. (2016). The status of BIM adoption and implementation experiences of construction companies in Colombia. *VII Elagec - Nuevas tendencias en la construcción sostenible*, (pág. 261). Bogotá.
- Hong Kong Institute of Building Information Modelling. (13 de Junio de 2011). BIM Project Specification. Rev 3.0. Hong Kong.
- ISO 901. (04 de 2018). *ISO 901*. Obtenido de <http://iso9001calidad.com/que-es-la-gestion-de-la-calidad-23.html>
- Kreinder, R., & Messner, J. (2013). *The uses of BIM*. Obtenido de BIM execution Planning: <http://bim.psu.edu>
- National Institute of Building Sciences. (Enero de 2017). National BIM Guide for Owners. Washington, D.C., United States.
- NBIMS-US. (10 de 01 de 2017). *National BIM Standard - United States*. Obtenido de <https://www.nationalbimstandard.org/>
- Oya Sala, T. (Septiembre de 2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura : Un proyecto con REVIT. *Universidad Politécnica de Valencia - Proyecto de grado Grado*. Valencia, España.
- Perez, C. G. (2015). Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. Valencia, España.
- Pérez, C. G. (2015). Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Prosperidad Social. (2017). Manual para la presentación de proyectos de infraestructura social.

- Republica de Colombia. (2011). Decreto No 4170.
- Ruíz López, L. (2017). Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Bogotá, Colombia.
- Ruiz, L. I. (2017). Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Sciences, N. I. (2015). *National BIM Standard-United States*. Obtenido de [https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US\\_FactSheet\\_2015.pdf](https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf)
- Singh, I. (5 de Abril de 2017). *Geospatial world*. Obtenido de <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>
- Soto, C. (2017). Madato Bim en Chile. Santa Cruz, Chile. Obtenido de [http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan\\_BIM-Carolina\\_Soto.pdf](http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan_BIM-Carolina_Soto.pdf)
- Soto, Carolina; Plan BIM CORFO. (24 de marzo de 2016). Estrategia de Gobierno, Plan BIM. Santiago, Chile.
- Transforma, economía productiva y diversificada*. (20 de 08 de 2017). Obtenido de <http://www.chiletransforma.cl/programa/programa-construye-2025/>
- Ulloa Román, K., & Salinas Saavedra, J. (Noviembre de 2013). Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas - Tesis maestría en la dirección de la construcción*. Lima, Perú.
- Universidad del Biobío. (2013). Términos de referencia, uso de modelos BIM. Direccion de arquietectura MOP. Chile.
- Wong, A. K., Wong, F. K., & Nadeem, A. (2011). Government roles in implementing building information modelling systems: comparison between Hong Kong and The United States. *Construction innovation*, 61-67.
- Xinaps. (2018). *BIM News*. Obtenido de [https://www.bimcommunity.com/news/load/170/view\\_original](https://www.bimcommunity.com/news/load/170/view_original)

## **Anexo 3**

**Presentación “Focus group” 12 de junio de 2018**



## Acta de Reunión Focus Group

---

Fecha: Junio 12 de 2018

Hora de inicio: 4:00 p.m

Hora de finalización: 5:40 p.m

Tema:

Focus group "Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia"

Responsable de la reunión: Maria Victoria Florez Domínguez – Claudia Lucía García Murillo.

Asistentes:

Ver firma de asistentes (anexa)

### ORDEN DEL DÍA

---

1. Presentación "PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA".
2. Mesa de trabajo de revisión - Comentarios

### DESARROLLO DE LA REUNIÓN

---

#### **1. PRESENTACIÓN DEL ESTÁNDAR**

El día 12 de junio de 2018, siendo las 4:00 p.m se inició la presentación de la "Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia", la cual se anexa a la presente acta de "Focus Group".

Esta presentación se realizó ante siete profesionales que pertenecen al sector de la construcción.

La presentación se finalizó a las 5:05 p.m. Una vez finalizada se dio inicio a la mesa de trabajo de revisión conjunta y comentarios.



## **2. COMENTARIOS ASISTENTES:**

- La propuesta del estándar recoge las necesidades que actualmente existen en el sector.
- Es una propuesta interesante, que si se logra su implementación permitirá realizar el seguimiento adecuado de los proyectos en todas las fases del ciclo de vida de los mismos.
- El sector actualmente se encuentra realizando el seguimiento y control de los proyectos públicos con base en metodologías poco actualizadas. Al alcance del sector público, se tienen tecnologías que sirven pero que no son suficientes. La base tecnológica para el seguimiento de los proyectos es Excel, autocad (lectores) y archivos PDF.
- Se debe hacer una alta inversión en el sector, para capacitar al personal y para comprar programas tecnológicos que le permitan a las distintas entidades participar más durante la ejecución de todo el ciclo del proyecto.
- Si el estado exigiera que los que van hacer las obras con recursos públicos utilizaran BIM, seguramente los recursos serían más fáciles de manejar, se optimizarían los procesos y al observarse los beneficios, todos los sectores a empezar a implementarlo.
- El uso de la metodología BIM reorganizará los métodos que actualmente se están utilizando para la construcción. Es por esto, que se considera importante que se capacite a todas las carreras relacionadas con el gremio de la construcción. Si BIM, se establece como obligatorio el que no esté capacitado estará desactualizado con respecto a las exigencias establecidas en el mercado. Mirándolo del lado de las empresas, se vuelve un retroceso capacitar personal que posiblemente es rotativo, así como también, el personal que no tiene bases en esta metodología quedará por fuera del proyecto inicialmente, hasta tanto este no se capacita y comprenda la dinámica BIM.
- Las entidades dentro de su estructura interna no están capacitadas ni tienen inherencia en estos procesos formulación y diseños, por lo general son contratados a terceros. De esta manera, sería muy interesante abrir un espacio dentro de las entidades que se encarguen de la interventoría de los diseños desde su formulación. Todas estas entidades están con personal idóneo en estas áreas pero



lastimosamente al ingresar al mundo público todas las expectativas se reducen simplemente a un Excel y un Power point. Si se potencializa este tema al interior de las entidades nacionales y territoriales tendría muchísimo futuro este proyecto y sería de gran ayuda para el seguimiento exhaustivo de los proyectos que son contratados con recursos públicos, teniendo en cuenta que se les daría un excelente manejo a los dineros y a los tiempos.

- Se debería mencionar en el estándar, si existe algún tipo de criterio establecido en otros países, en el cual se indique a qué tipo de proyectos se les debería aplicar este tipo de metodologías.

ANEXOS:                    SI (X)                    NO ( )

ELABORÓ: Maria Victoria Florez Domínguez – Claudia Lucía García Murillo





**EL UNIVERSAL**

## Continúa retraso en obras de colegios

TANIA FLÓREZ DECHAMPS | @EIUniversalCtg | Cartagena | 5 de Mayo de 2016 12:00 am |

Las obras en los cuatro colegios están paralizadas. // ARCHIVO.

En la última reunión entre el contratista a cargo de la reconstrucción y ampliación de cuatro colegios de la ciudad y el Distrito se estableció que ambas partes acordarán una ruta de acción

EL TIEMPO

### Obras i a Cund

Según Inform

ganos en: f t

o en

ciar 54 obras

publmetro Inicio Noticias Deportes Entretenimiento Estilo de Vida Opinión Publmetro TV

# ¿Por qué se demoró tanto la obra del deprimido de la calle 94?

El carrusel de la contratación, la corrupción y la falta de planeación fueron algunos de los factores que llevaron al retraso en la construcción del deprimido de la calle 94.

Por: Ximena Arias  
23 Mar 2017 / 00:14 Hrs.

Foto: Cortesía Alcaldía de Bogotá.

Una muestra de esto es que la administración de Samuel Moreno le adjudicó en el 2009, la construcción de la obra al consorcio Conexión, del contratista Julio Gómez. Sin embargo, Gómez nunca entregó estudios completos ni cronograma de construcción. Su firma fue condenada por el carrusel de la contratación y el proyecto fue paralizado durante 7 meses. Gómez había recibido un adelanto de 13.000 millones de pesos pero nunca los utilizó.

... corrupción de cuatro  
... partes acordarán una ruta de acción

EL TIEMPO  
JUSTICIA | CORTES | CONFLICTO Y NARCOTRÁFICO | INVESTIGACIÓN | DELITOS | SERVICIO

# Escándalo en Uspec: Contraloría rastrea destino de \$ 18.000 millones

El órgano de control detectó 17 anomalías administrativas.



Por: **Justicia** | 12 de mayo 2017, 09:41 p.m.

Contratos de construcción sin diseños definitivos, millonarios anticipos, pagos totales de obras inconclusas, sobrecostos e incumplimientos de los plazos. Esas son algunas de las irregularidades que halló la Contraloría General en una auditoría que realizó a la gestión, durante el 2016, de la Unidad de Servicios Penitenciarios (Uspec).

Además –dice el informe– “se firmaron contratos sin diseños definitivos, lo que conllevó a posteriores retrasos y desfase de precios, así como el pago de costos directos por encima de costos reales, lo que incrementó la utilidad del contratista por concepto de intermediación, en detrimento de los intereses de la entidad estatal, o modificaciones a la cimentación de los proyectos, sin el aval del diseñador”.

Como si fuera poco, **los interventores ordenaron el desembolso de dinero de construcciones sin terminar o que no fueron ejecutadas de acuerdo con las especificaciones suscritas en el contrato.**

Una muestra de esto es que la administración ordenó el pago de un adelanto de cuatro millones de pesos pero nunca los recibió. El contrato, del contratista Julio Gómez. Sin embargo, el cronograma de construcción. Su firma fue condenada por el carrusel de la construcción durante 7 meses. Gómez había recibido un adelanto de 13.000 millones de pesos pero nunca los recibió. Los interventores acordarán una ruta de acción.

# PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA

# IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN COLOMBIA

## Ventajas

- Ahorro en tiempo de ejecución. (**7%** en tiempo de proyecto)
- Ahorro en costos del proyecto. (**40%** de cambios no presupuestados)
- Detección de interferencias. (**10%** del valor a través de detecciones de interferencias)
- Solución eficiente a los problemas que se puedan presentar.
- Anticipación en toma de decisiones críticas a etapas iniciales.
- Centralización de información en un único modelo de información.

## Dificultades

- Resistencia al cambio.
- Inversión representativa.
- Tiempo adopción lento.
- Enseñanza y aprendizaje lento.
- No existe claridad con respecto a los beneficios de BIM.
- Metodologías y herramientas tradicionales.
- La implementación de BIM no es una exigencia.
- Corrupción.

(Azhar 2011)

(Building Smart Spanish Chapter, 2014)

(Ocampo Hurtado, 2015)

(Gómez, Rojas, Ayodeji, 2015)

(Botero, Izasa, Vásquez, 2015)



# IMPLEMENTACIÓN BIM A NIVEL MUNDIAL

## Estados Unidos:

Uso de forma mandatoria: 2006

## México:

En proceso de implementar BIM de forma mandatoria (Desde 2015)



## Colombia:

Concepto BIM y su aplicación en el **Sector privado.**

## Chile:

Ruta metodológica en el 2015

## Finlandia

- Inicio año 2002.
- Mandatoria 2007.

## Reino unido:

Uso de forma mandatoria: 2016

## Países Nórdicos

## Europa Central

## Hong Kong:

Desde año 2011

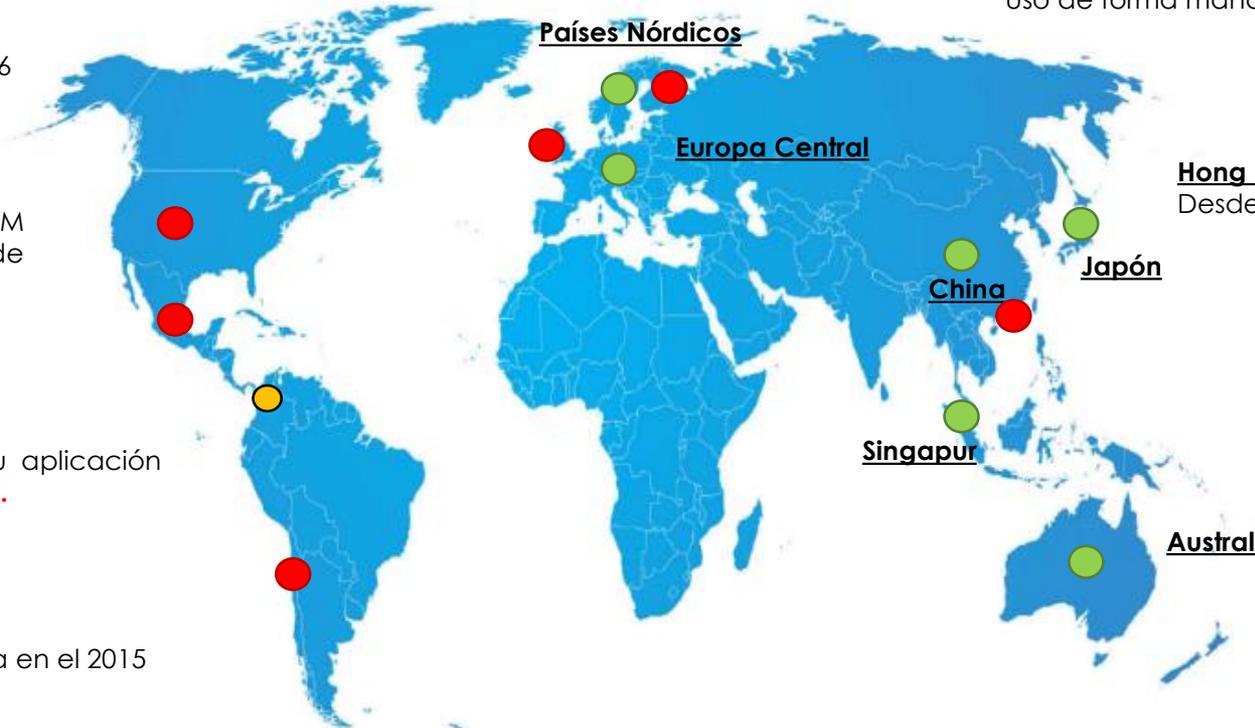
## Japón

## China

## Singapur

## Australia

- Referenciadas en esta investigación
- Otros países con estándares





# RESUMEN: ENTES REGULADORES Y DOCUMENTOS GUÍA

| PAÍSES   |                     |                  |   |                               |                              |  |                         |   |                      |   |   |
|--|---------------------|------------------|---|-------------------------------|------------------------------|--|-------------------------|---|----------------------|---|---|
|  |                     | Estados Unidos   |   |                               | Finlandia                    | Reino Unido                            |                         | Hong Kong                                   |                      | Chile                                     | México  |
| <b>ENTIDAD (G: Gubernamental ó NG: No gubernamental)</b> |                     | GSA (G)          | NIBS (NG)                                       |                               | Building SMART Finland (G)   | The British Standards Institution (NG) | AEC (UK) Committee (NG) | Construction industry Council Hong Kong (G) | HKIBIM (NG)          | MOP (G)                                   | Embajada de Reino Unido en México   |
| <b>DOCUMENTO</b>   |                     | BIM Guide Series | National Building Information Modeling Standard | National BIM Guide for Owners | Common BIM Requirements 2012 | PAS 1192-2:2013                        | AEC (UK) BIM Protocol   |   | HKIBIM Specification | Términos de referencia uso de modelos BIM | Estrategia BIM para México, recomendaciones para el desarrollo de la estrategia |
| <b>ENFOQUE</b>   | <b>Metodológico</b> | X                |   | X                             | X                            | X                                      | X                       | X   | X                    | X   | X   |
|  | <b>Técnico</b>      | X                | X   |                               | X                            |  | X                       | X   | X                    |   |   |



# RESUMEN: ENTES REGULADORES Y DOCUMENTOS GUÍA

| Grupos de contenido |                               | Capítulos                                | Países que lo incluyen en su Estándar  |
|---------------------|-------------------------------|--|--|
| 1                   | Introducción y definición BIM | Definición requisitos generales técnicos | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido<br>4. Hong Kong<br>5. Chile<br>6. México |
|                     |                               | Aspectos Básicos                         |  |
|                     |                               | Requisitos generales técnicos            |  |
|                     |                               | Alcance                                  |  |
| 2                   | Beneficios BIM                | Evaluación y necesidad                   | 1. Estados Unidos<br>2. Reino Unido<br>3. México   |
| 3                   | Estándares                    | Internacionales                          | 1. Estados Unidos<br>2. Reino Unido<br>3. Chile<br>4. México                                 |
|                     |                               | Referencias normativa                    |  |
| 4                   | Evaluación situación actual   | Aplicación BIM                           | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Chile<br>4. México                                   |
|                     |                               | Panorama actual                          |  |
|                     |                               | Ventajas                                 |  |



# RESUMEN: ENTES REGULADORES Y DOCUMENTOS GUÍA

| Grupos |   | Capítulos   | Países que lo incluyen en su Estándar               |
|--------|---|---|---|
| 5      | Roles y responsabilidades   | Roles y responsabilidades del equipo encargado de la ejecución del proyecto | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |
| 6      | Gestión de la Calidad   | Visión y estrategia   | 1. Estados Unidos                                   |
|        |   | Gestión de requisitos y entregables del proyecto                            | 2. Finlandia<br>3. Reino Unido                      |
|        |   | Control de calidad  | 4. Hong Kong  |
| 7      | Generación y uso de lo modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto | Necesidades y objetivos   | 1. Estados Unidos                                   |
|        |   | Estudio de alternativas   | 2. Finlandia  |
|        |   | Licitación y Contratación   | 3. Reino Unido                                      |
|        |   | Planeación  | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia                   |
|        |   | Construcción  | 3. Reino Unido<br>4. Hong Kong                      |
|        |   | Periodo de garantía, sostenibilidad uso y mantenimiento en el tiempo        | 1. Estados Unidos<br>2. Finlandia<br>3. Reino Unido |



# SEGUIMIENTO Y CONTROL PROYECTOS COLOMBIA

## Manuales para presentación de Proyectos

- Ministerio del Interior en el 2016
- Ministerio de Educación en el año 2013
- Ministerio de Cultura en el año 2011
- Prosperidad Social en el año 2017
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en el año 2012.

## Requisitos técnicos

- Memorias de cálculo de cantidades de obra
- Presupuesto detallado con APU's e insumos
- Topografía y estudio de suelos
- Diseño por especialidad con especificaciones, memorias de cálculo y detalles constructivos, plantas y cortes.
- Especificaciones técnicas de construcción
- Cronograma de ejecución (Prosperidad Social, 2017)

Formato  
Digital PDF

DWG

TXT

## Ley 80 de 1993

Estatuto general de contratación  
de administración pública



Colombia Compra Eficiente

## Guía para procesos de contratación obra pública

## Guía para supervisores e interventores

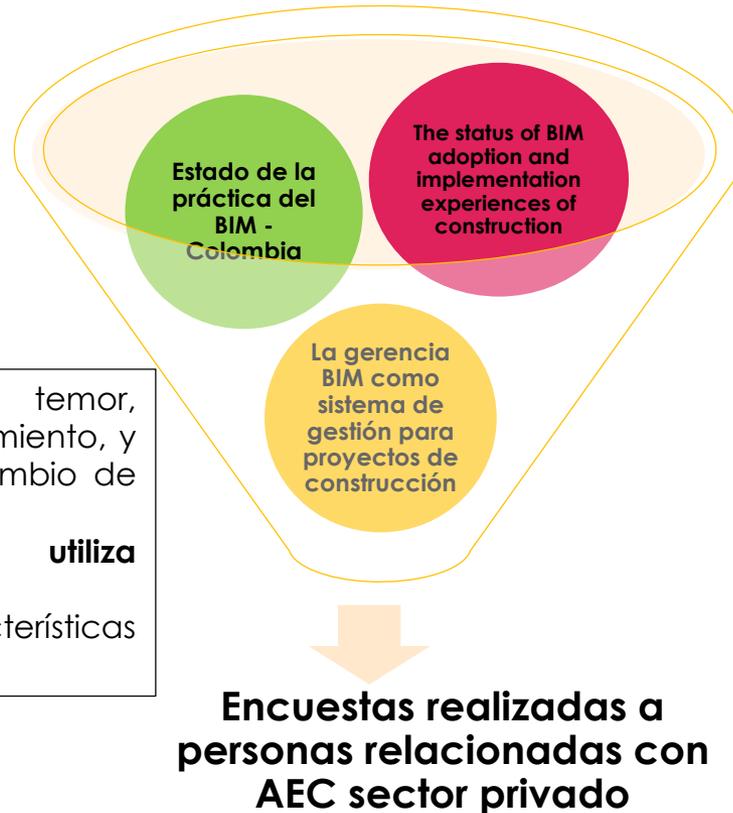
**NO ACLARA  
METODOLOGÍAS A UTILIZAR  
PARA EL SEGUIMIENTO Y  
CONTROL**

“Trabajar en el sector público se volvió un asunto de alto riesgo” (Luis Fernando Andrade Ex presidente ANI, 2017)



# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



- Falta de uso por temor, precaución, desconocimiento, y costos asociados al cambio de tecnología.
- **Solo el 18% utiliza frecuentemente BIM.**
- Desconocidas las características 4D, 5D, 6D y 7D.

- **Baja implementación en Colombia**
- Uso continuo en los próximos 10 años
- Falta de solicitud por parte de clientes
- **Principales barreras:** altos costos de implementación, personal capacitado, y resistencia al cambio.
- Necesidad de legislación e incentivos por parte del Gobierno
- Modificación de programas de pregrado y posgrado.

- En Bogotá se presenta el mayor desarrollo, e indica los **enfoques estratégicos para facilitar transferencia de BIM en Colombia.**
- Estado, entes educadores y empresas privadas deben unirse para formar parte de la solución.
- No es posible sin el Estado como ente regulador.

(Juan M. Gómez, Juan S. Rojas, Ajibade A, 2016)  
(Luis Fernando Botero, Jorge Isaza, Alejandro Vásquez, 2015)  
(Juan Gabriel Ocampo Hurtado, 2014)



# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

Enviadas:  
450

Respondidas: 276

33 Preguntas

## FICHA TÉCNICA ENCUESTA

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Muestra:</b>              | 276 respuestas a la encuesta  |
| <b>Población (universo):</b> | Profesionales del sector de la construcción de edificaciones financiadas con recursos públicos en Colombia, y pudo ser respondida virtualmente a través del formulario gratuito Google Forms  |
| <b>Difusión:</b>             | 1. Base de datos de contratistas que trabajan o han trabajado con entidades públicas en la ejecución de proyectos de infraestructura financiados con recursos públicos, por medio del correo electrónico<br>2. Grupos de Facebook relacionados con ingeniería y arquitectura.<br>3. A través de terceros, con el objeto de que estos a su vez reenviaran la encuesta a sus profesionales conocidos que pudieran aportar a la investigación. |
| <b>% Error:</b>              | 5% con 95% de confianza   |
| <b>Periodo encuesta:</b>     | Octubre de 2017 a Febrero de 2018   |

1

Caracterización del encuestado

2

Prácticas en procesos sobre gestión de proyectos

3

Software utilizado

4

Conocimiento de BIM

5

Uso de BIM

6

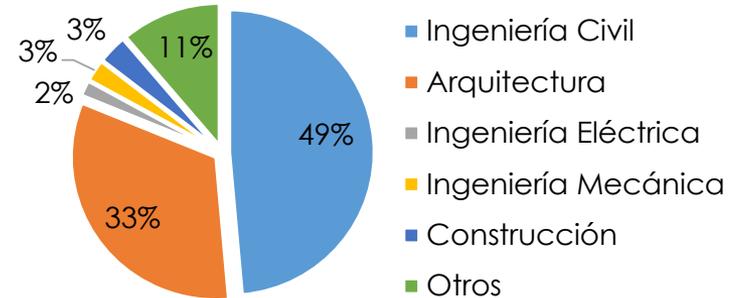
Percepción de BIM



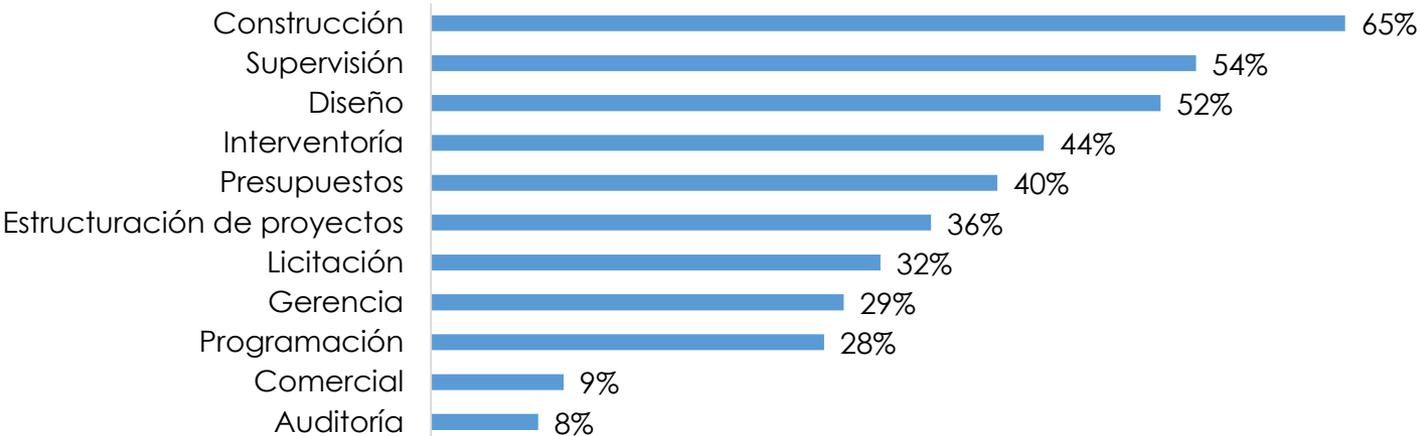
# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

## 1 Caracterización del encuestado

Profesión



Experiencia Profesional



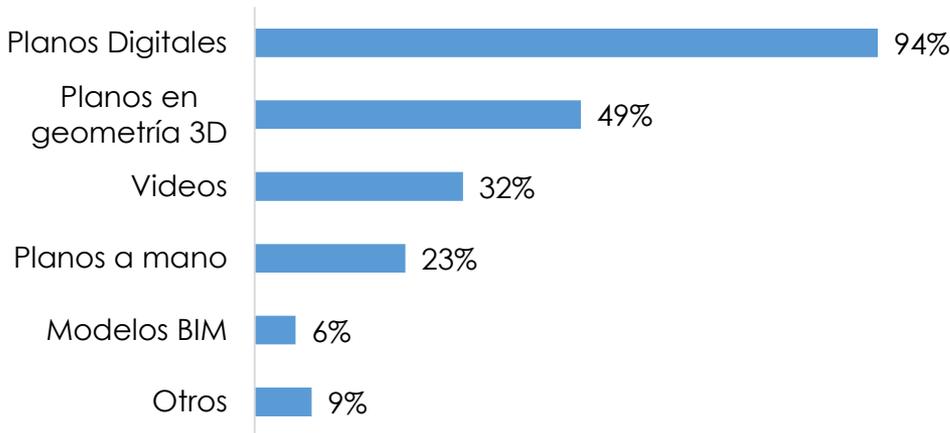


# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

2

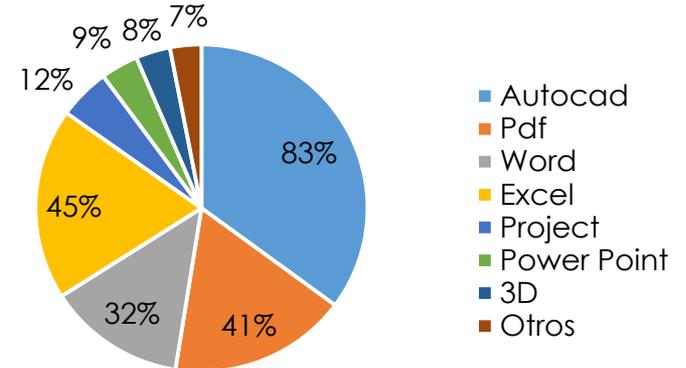
Prácticas en procesos sobre gestión de proyectos

### Prácticas en presentación de proyectos



✓ Planos digitales – 94%

### Formatos en que exigen presentar Proyectos



✓ Autocad – 83%

✓ PDF – 41%

✓ Excel – 45%

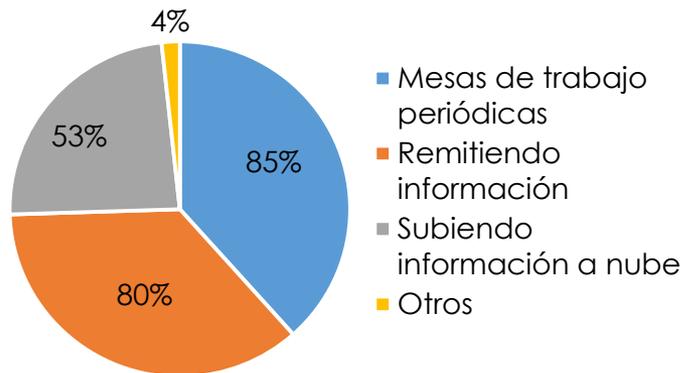


# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

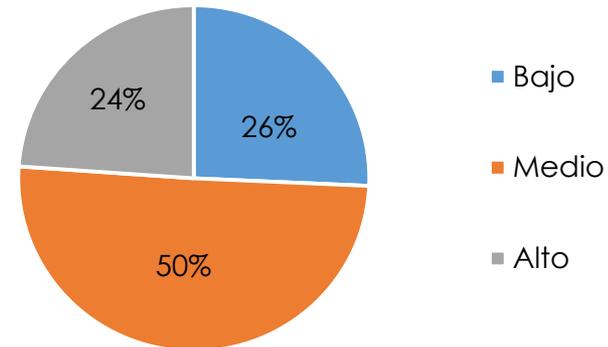
2

## Prácticas en procesos sobre gestión de proyectos

Cómo se relaciona su trabajo con otras especialidades



Nivel de compromiso con nuevas tecnologías



✓ Mesas de trabajo – 85%

✓ Remitiendo información – 80%

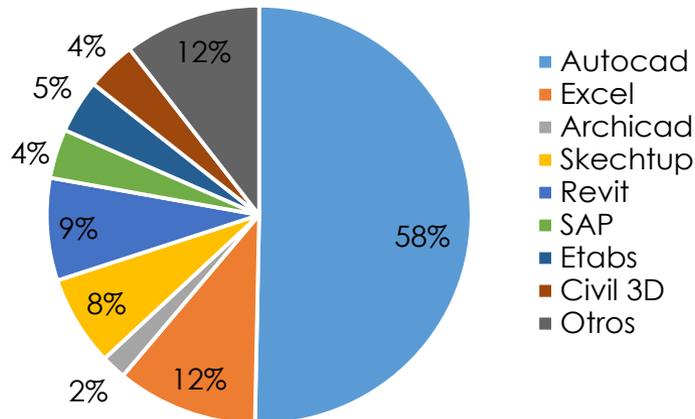


# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

3

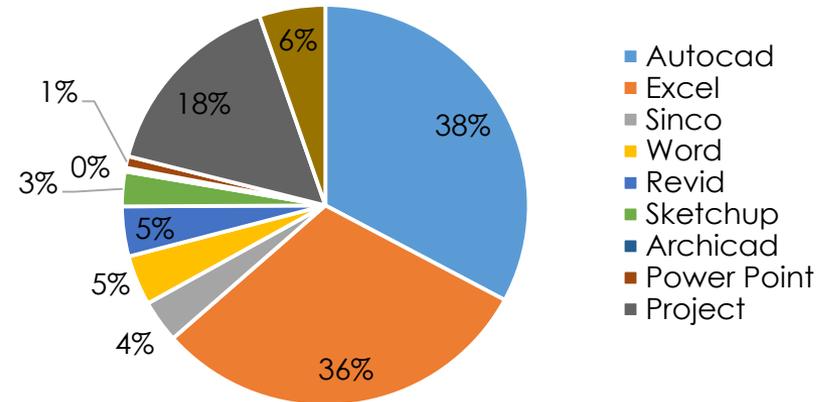
## Software utilizado

Software utilizado diseño



✓ Autocad – 58%

Software utilizado en construcción



✓ Autocad – 38%

✓ Project – 36%

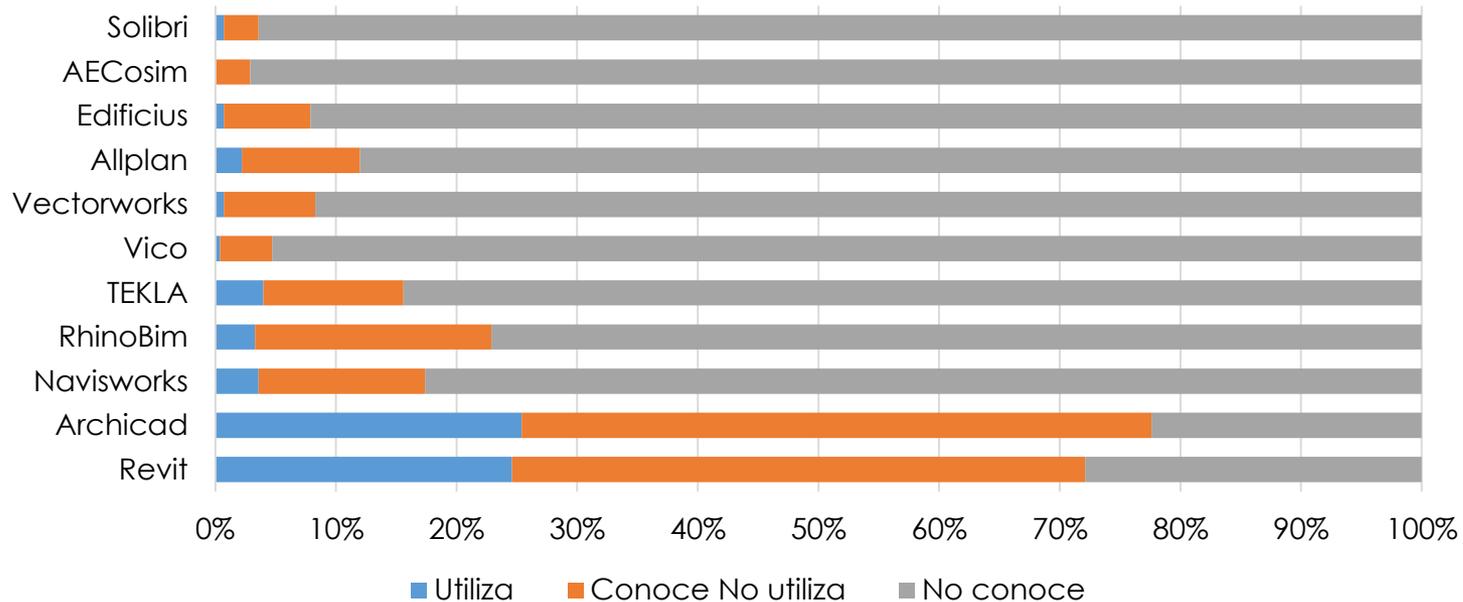


# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

3

## Software utilizado

Uso de Software BIM



### Utiliza

✓ Archicad – 25%

✓ Revit – 25%

### Conoce

✓ Archicad – 52%

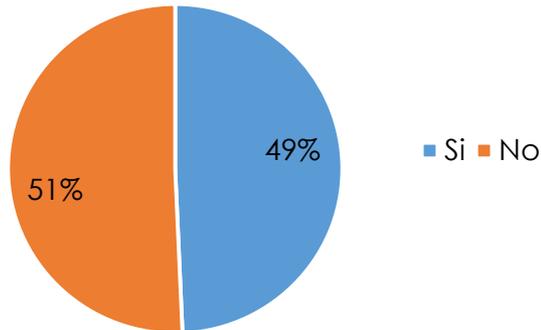
✓ Revit – 48%



# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

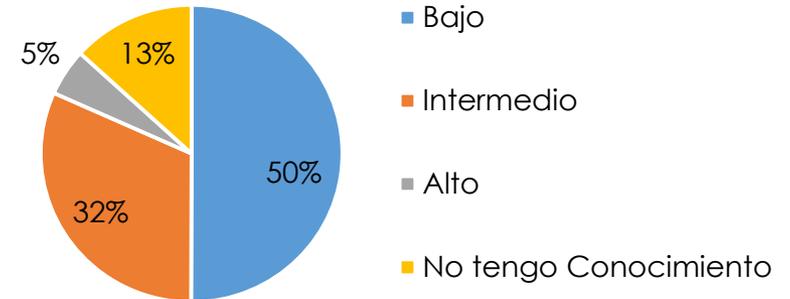
## 4 Conocimiento de BIM

Ha escuchado hablar de BIM?

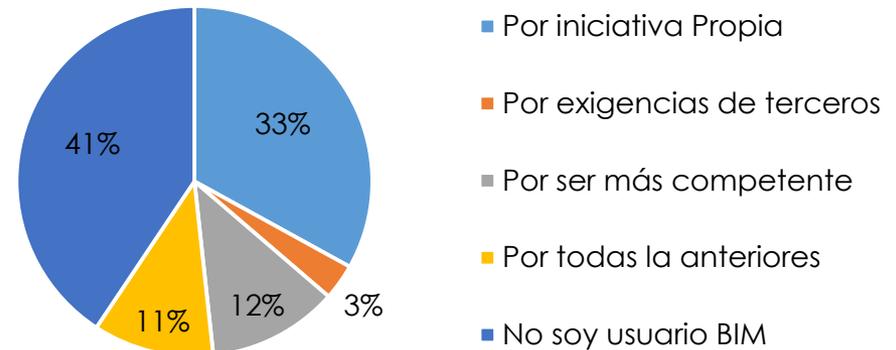


- ✓ **49% no es usuario BIM**
- ✓ **33% es usuario por iniciativa propia**

Conocimiento de BIM



Por qué es usuario BIM?





# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

5

Uso de BIM

## Ventajas identificadas en uso de BIM



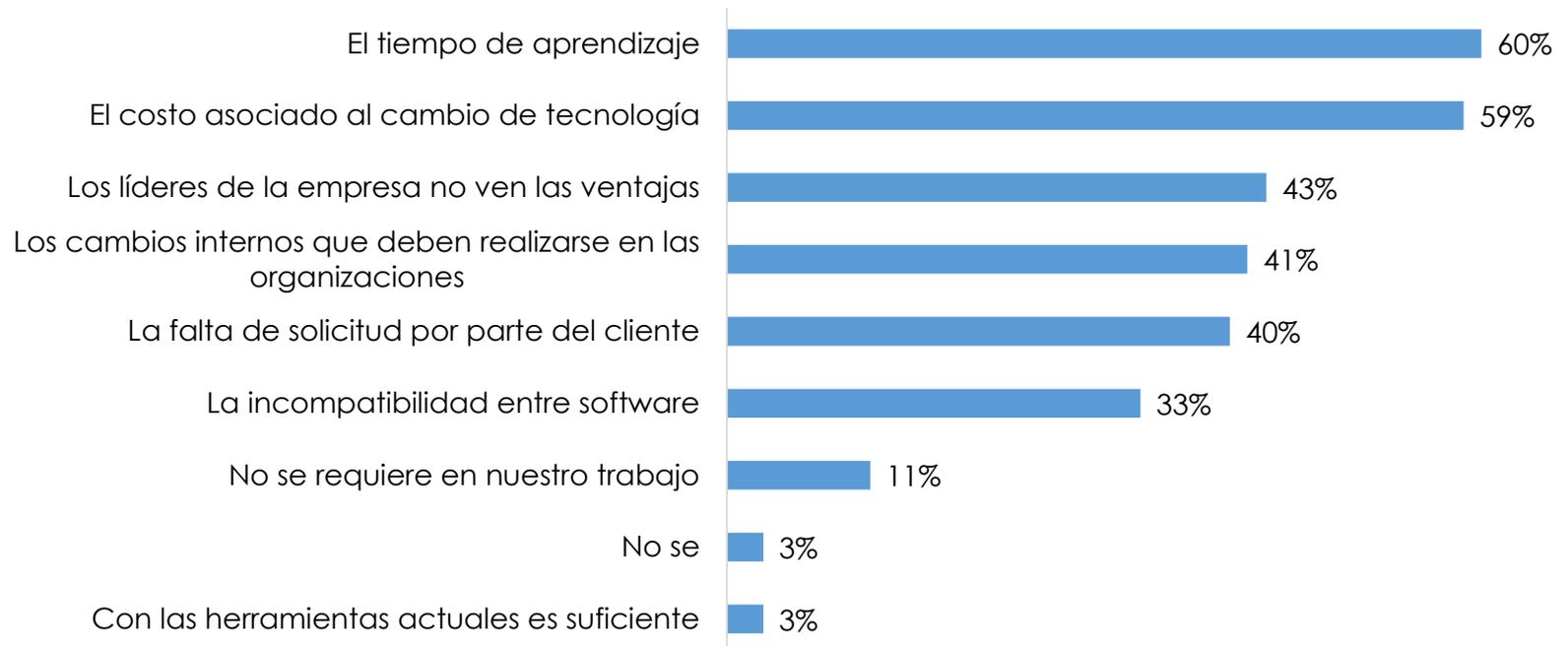


# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

5

Uso de BIM

## Barreras encontradas al utilizar BIM





# IMPLEMENTACIÓN BIM COLOMBIA ENCUESTAS

## 6 Percepción de BIM

Percepción de BIM

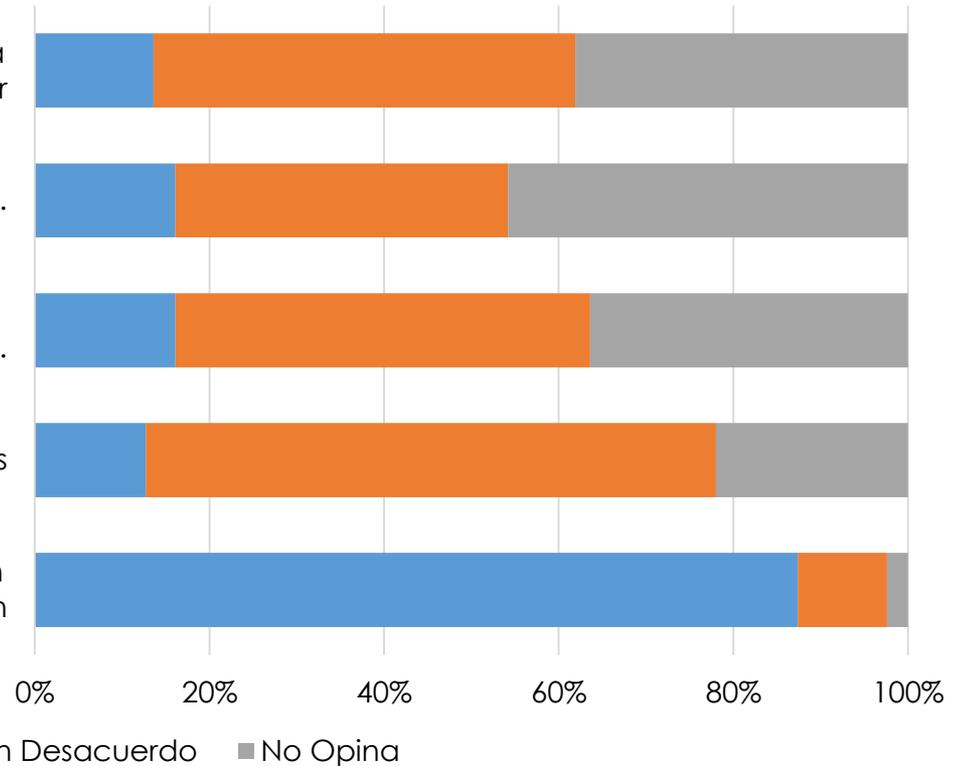
La inversión para implementar la metodología es muy alta en comparación con los beneficios que se pueda obtener

El aprendizaje de BIM es demasiado difícil y lento.

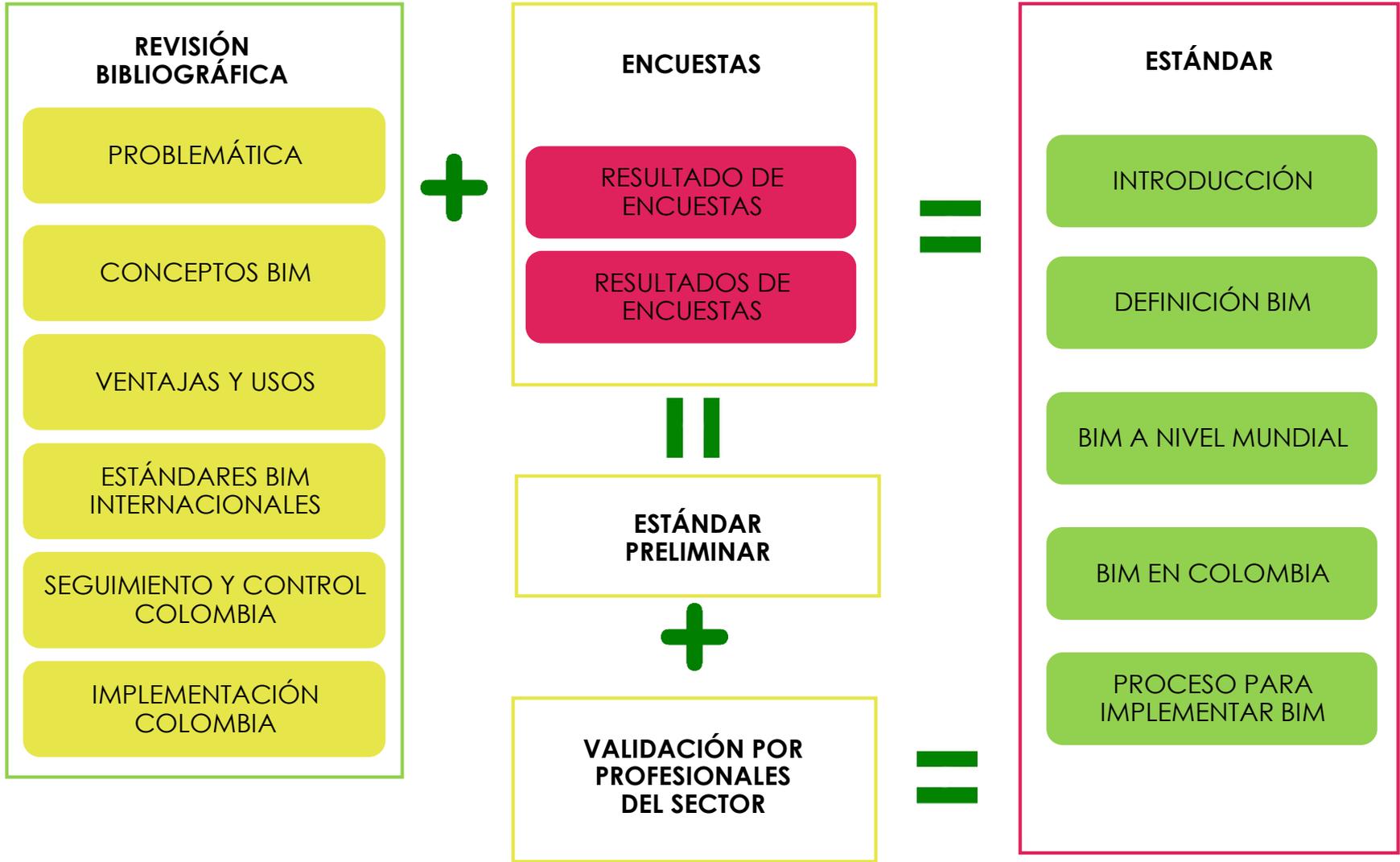
Los mismos beneficios de BIM los puedo tener con herramientas tradicionales si se trabaja de manera rigurosa.

BIM es solo útil en proyectos complejos

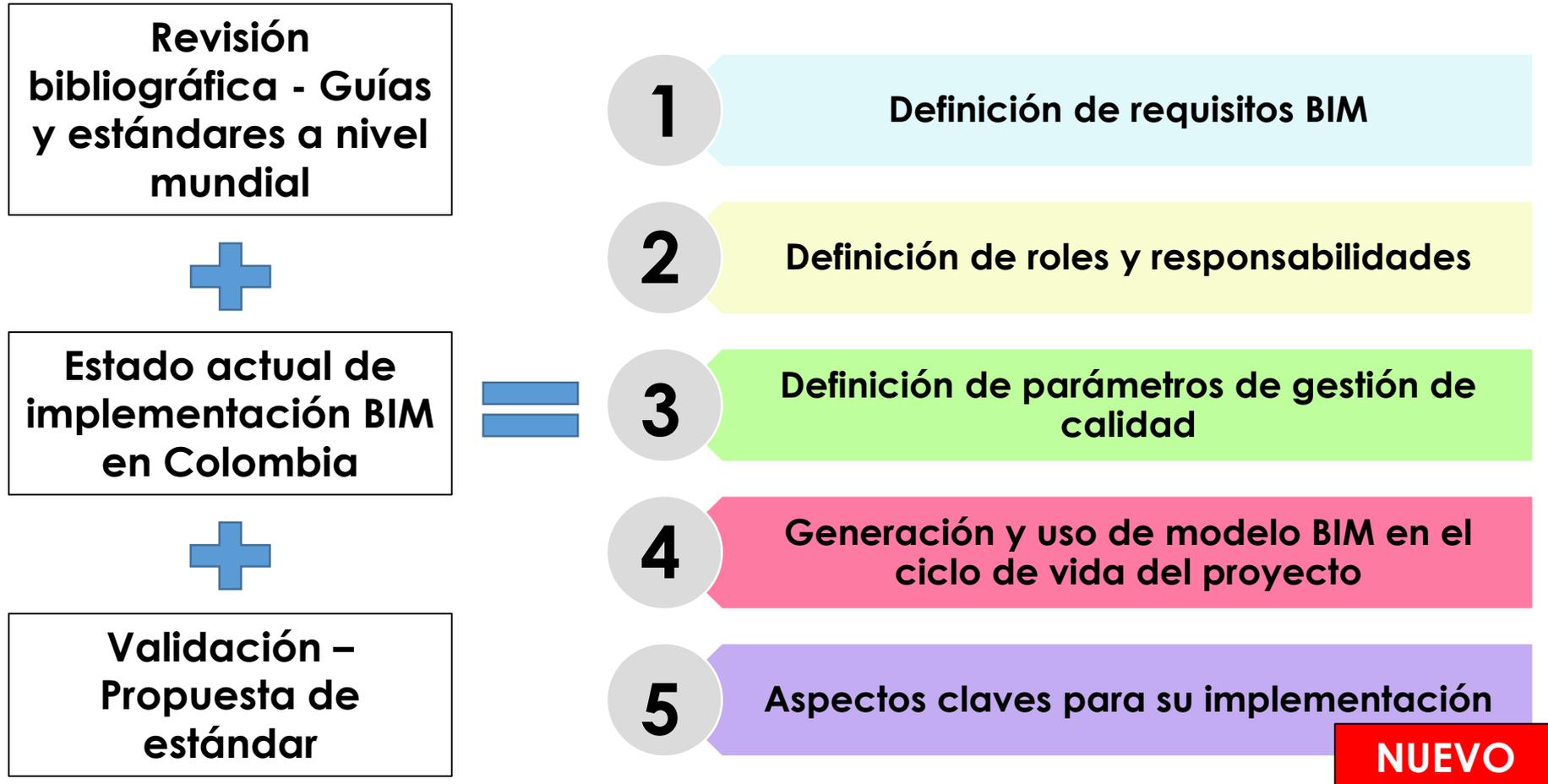
BIM será una práctica generalizada en el futuro, en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción



# ELABORACIÓN DEL ESTÁNDAR



# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA



# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

1

- Propósito
- Alcance
- Interoperabilidad de las herramientas
- Requisitos técnicos generales

## Definición de requisitos

5

- Estado
- Entidad Nacional y Ente Territorial
- Educación

## Aspectos claves para su implementación

2

## Definición de Roles y Responsabilidades

- Representante BIM
- Gerente de Proyecto BIM
- Coordinador BIM por disciplina
- Modeladores BIM por disciplina

## Generación y uso del modelo BIM en las diferentes etapas del proyecto

- Necesidades y objetivos
- Estudio de alternativas
- Licitación y Contratación
- Diseño
- Construcción
- Sostenibilidad
- Período de garantía
- Puesta en funcionamiento y mantenimiento

4

- Visión del Estado, diseñadores, constructor e interventor
- Prácticas de coordinación recomendadas
- Manejo de cambios
- Mejoras en la comunicación entre profesionales
- Transparencia del proceso entre todas las partes
- Control y aseguramiento de calidad
- Control de la documentación

## Definición parámetros Gestión de calidad

3

# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

## CAPÍTULO 1 – DEFINICIÓN DE REQUISITOS BIM:

### PROPÓSITO

- Potenciar los recursos públicos.
- Establecer base común entre los distintos interlocutores.
- Establecer mecanismos de comunicación.
- Generar proyectos de alta calidad.
- Construcción: eficiente, segura y sostenible en el tiempo.

### ALCANCE

- Guía de fácil adaptación y comprensión del usuario.
- Impactar positivamente el ciclo completo de vida de un proyecto.
- Alta calidad, eficiencia, seguridad y sostenibilidad

### INTEROPERABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS

- Sistema(s) de archivos que el equipo utilizará para intercambiar, fusionar y visualizar modelos.
- Programación o frecuencia de actualizaciones de modelos y comprobaciones de detección de conflictos.
- Herramientas y proceso que se utilizarán para la comprobación de detección de interferencias.
- Proceso que se utilizará para generar dibujos a partir de modelos coordinados

### REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES

- Software
- Formato de intercambio
- Definición de coordenadas
- Niveles
- Métricas
- Precisión del modelo
- Manejo de archivos

# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

## CAPÍTULO 2 - ROLES Y RESPONSABILIDADES MÍNIMOS:

### REPRESENTANTE BIM

- Designado por la Entidad Estatal.
- Comprensión clara del proyecto.
- Enlace entre: Entidad y interventor / diseñador / constructor.

### GERENTE DE PROYECTO BIM

- Interventor / diseñador / constructor, deben contar con un Gerente de proyecto BIM (etapas del ciclo de vida).
- La interventoría tomará el rol de REPRESENTANTE BIM en caso de que la entidad estatal no cuente con uno.

### COORDINADOR BIM POR DISCIPLINA

- Interventor / diseñador / constructor, deben contar con un Coordinador BIM por disciplina.
- Aseguran el trabajo de los modeladores de las disciplinas.

### MODELADORES BIM POR DISCIPLINA

- Crear, actualizar, modificar el modelo de acuerdo al nivel de desarrollo especificado en cada etapa del proyecto.
- Generan documentos soportes.

# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

## CAPÍTULO 3 – GESTIÓN DE CALIDAD:

**Visión del Estado, diseñadores, constructor e interventor**

**Prácticas de coordinación recomendadas**

**Manejo de cambios**

**Mejoras en la comunicación entre profesionales**

**Transparencia del proceso entre todas las partes**

**Control y aseguramiento de calidad**

**Control de la documentación**

# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

## CAPÍTULO 4 – GENERACIÓN Y USO DEL MODELO BIM EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO



# PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA

## CAPÍTULO 5 - ASPECTOS CLAVES PARA SU IMPLEMENTACIÓN:

### A NIVEL DE ESTADO

- Liderar la implementación de BIM a través de la generación de un estándar.
- Disponer presupuesto nacional para innovación en construcción.
- Destinación específica para el mantenimiento de construcciones ya finalizadas.

### A NIVEL ENTIDAD NACIONAL Y ENTE TERRITORIAL

- Generar Plan de implementación BIM.
- Incluir profesionales que tengan conocimiento de la metodología BIM.
- Contar con un equipo especializado en mantenimiento de edificaciones (capacitación).

### A NIVEL EDUCACIÓN

- Incentivar y apoyar la evolución de CAD a BIM en universidades, y colegios técnicos.
- Fortalecer las capacidades técnicas profesionales.
- Formaliza la educación en torno a BIM.
- Apoyar mediante alianzas o a través de rubros del Ministerio de Educación, las capacitaciones al personal de las entidades públicas.

# **RECOMENDACIONES → PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA SECTOR PÚBLICO COLOMBIA**

## **Apoyo del estado para actualización e implementación**

- Promoción de la implementación desde las universidades .

## **Generación de financiación, capacitaciones y descuentos a través de entidades estatales**

- Empresas que deseen empezar la implementación de metodologías BIM.
- Empresas del sector arquitectura, ingeniería y construcción que liciten con el estado.

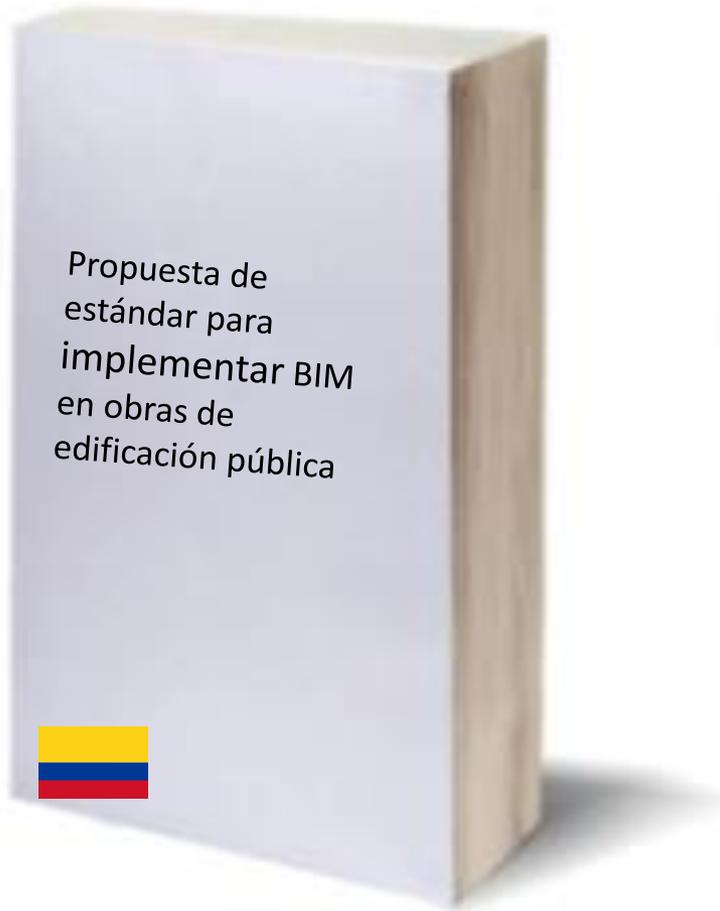
## **Afinar el estándar**

- Unificación de prácticas de gestión de proyectos relacionados con la construcción (todas las entidades e involucrados con el estado).

## **Divulgación de experiencias de aplicación**

- Seminarios.
- Congresos.
- Evidenciar beneficios a través de cursos.

(Fuente: Del autor)



# REFERENCIAS

- ARCADIS. (2015). Estrategia del BIM para México: recomendaciones para el desarrollo de la estrategia. Mexico.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- Botero, L. F., Isaza, J. A., & Vásquez, A. (2015). Estado de la práctica de BIM en Colombia 2015. Sibragec Elagec 2015, (págs. 494-502). Sao Carlos.
- Building Smart Spanish Chapter. (30 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>.
- Council construction industry. (2014). Roadmap for building information modeling strategic implementation in Hong Kong's construction industry. Hong Kong.
- Gomez Sanchez, J. M., Rojas Quintero, J. S., & Aibinu, A. A. (2016). The status of BIM adoption and implementation experiences of construction companies in Colombia. VII Elagec - Nuevas tendencias en la construcción sostenible, (pág. 261). Bogotá.
- Hong Kong Institute of Building Information Modelling. (13 de Junio de 2011). BIM Project Specification. Rev 3.0. Hong Kong.
- NBIMS-US. (10 de 01 de 2017). *National BIM Standard - United States*. Obtenido de <https://www.nationalbimstandard.org/>
- Ocampo Hurtado, Juan Gabriel. (2014). La gerencia BIM como sistema de gestión para proyectos de construcción. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 14 (38), 17-29.
- Sierra Aponte, L. X. (Mayo de 2016). Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM "Building information modeling". Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada .
- Soto, C. (2017). Mandato Bim en Chile. Santa Cruz, Chile. Obtenido de [http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan\\_BIM-Carolina\\_Soto.pdf](http://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan_BIM-Carolina_Soto.pdf)
- Soto, Carolina; Plan BIM CORFO. (24 de marzo de 2016). Estrategia de Gobierno, Plan BIM. Santiago, Chile.
- Universidad del Biobío. (2013). Términos de referencia, uso de modelos BIM. Direccion de arquitectura MOP. Chile.

