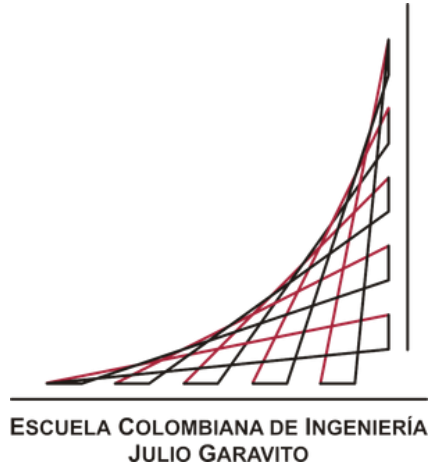


DESARROLLO DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GERENCIA DE PROYECTOS  
DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA INTEGRANDO  
BIM – ETAPAS DE PLANEACIÓN Y MONITOREO Y CONTROL



Víctor Hugo Dávila Figueredo  
Laura Tatiana Ramírez Peña  
Javier Eduardo Suarez Prieto

Trabajo de grado

Director  
César Augusto Leal Coronado  
Ingeniero Civil  
Esp., M. Eng., PMP

Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito  
Maestría en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos  
Unidad de Proyectos  
2022

El trabajo de grado “ANALIZAR OPCIÓN DE AJUSTE EN EL TÍTULO: DESARROLLO DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA INTEGRANDO BIM – ETAPAS DE PLANEACIÓN Y MONITOREO Y CONTROL”, presentado para optar al título de Magíster en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

---

Ing. Esp. M. Eng. César Augusto Leal Coronado  
Director

---

Ing. PhD. Iván Darío Romero Fonseca.  
Jurado 1

---

Ing. M.P.M. César Augusto Pinzón Gonzales  
Jurado 2

## Agradecimientos

*A mis padres y mi hermano por ser apoyo incondicional y haberme permitido llegar hasta acá. A todas las personas que han despertado en mí el deseo de aprender e investigar. A mis mascotas por estar presentes en todo momento de mi vida. A mis amigos que me apoyaron y me alentaron. Al sector construcción y todas las personas las cuales me motivaron a elegir el tema para transformar el sector. A Cesar por guiar todo el proceso y alentarme a futuro. A Laura y Víctor por su compromiso y ayuda durante toda la maestría. A todos ellos muchas gracias.*

*Javier Eduardo Suárez Prieto*

*A Dios por permitirme realizar este sueño. A mis padres quienes son mis mejores guías de vida, han impulsado mis sueños y celebrado mis logros. A mis amigos y familiares que me apoyaron en todo este proceso con sus consejos y palabras de aliento. A César quien fue un excelente guía y apoyo en este camino. A Javier y Víctor por acompañarme en esta aventura y estar a mi lado en todas las horas de estudio.*

*Laura Tatiana Ramirez Peña*

*A Dios por esta nueva oportunidad de vida. Mi gratitud a la Dra. Sonia Sarmiento Gutiérrez y Mauricio Patiño Ulloa por el aprecio y apoyo incondicional. A mi hijo, padres, esposa, hermanos y amigos por apoyarme, motivarme e inspirarme. A nuestro maestro César Leal y a mis compañeros Laura y Javier mi gratitud, aprecio y amistad.*

*Víctor Hugo Dávila Figueredo*

## Resumen

El sector de la construcción es conocido por ser uno de los pilares en la economía nacional, sin embargo, este sector presenta bajas tasas de productividad, lo cual, genera un sector rezagado, improductivo e insostenible (Camacol & McKinsey & Company, 2017). Para corregir este escenario se propone actuar en 7 áreas: regulación, colaboración y contratación, diseño e ingeniería, gestión de cadena de suministro, tecnología y construcción de capacidades. BIM es una tecnología que implica cambiar el paradigma acerca de la manera de desarrollar proyectos de construcción. Así mismo, las ciudades y sus edificaciones tienen impacto en la biosfera, las construcciones son las responsables del 38% de los gases de efecto invernadero, 50% del consumo de materias primas y 33% de desperdicio sólidos globales (C. J. Kibert, 2016).

En orden de contribuir a solucionar lo expuesto, el presente trabajo de grado se enfoca en desarrollar una guía metodológica para la construcción de edificaciones sostenibles en Colombia integrando BIM, para lograr el objetivo se ha planteado una investigación mixta basada en la revisión de marcos de desarrollos de proyectos, entrevistas con expertos en el área y en el contexto nacional y por último encuestas a profesionales que estén involucrados en la construcción de edificios sostenibles.

Realizada la investigación, se identificaron hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Basándose en las recomendaciones se diseñó la guía la cual consta de 4 macroprocesos formulados desde la sinergia del marco de proyectos desarrollado por el PMI, BIM y los marcos de trabajo que se pueden desarrollar alrededor de esta tecnología. Finalmente, la guía se verifica por expertos en los temas involucrados, se realizan los ajustes y se publica junto con este trabajo de grado.

## Contenido

1. Introducción .....	10
2. Perfil de la investigación.....	11
2.1. Descripción del problema.....	11
2.1. Pregunta de investigación.....	1
2.2. Propósito de la investigación.....	1
2.3. Objetivos.....	3
2.3.1. Objetivo general .....	3
2.3.2. Objetivos específicos.....	3
3. Marco de referencia .....	3
3.1. Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible.....	3
3.1.1. Reseña histórica.....	4
3.1.2. Construcciones sostenibles o construcciones de alto rendimiento.....	5
3.1.2.1. Componentes específicos.....	6
3.1.2.1.1. Territorios y paisajes sostenibles .....	6
3.1.2.1.2. Estrategias de bajo consumo de energía .....	6
3.1.2.1.3. Administración del agua. ....	6
3.1.2.1.4. Elección de los materiales.....	7
3.1.2.1.5. Huella de carbono. ....	7
3.1.2.1.6. Calidad del ambiente.....	7
3.1.2.2. Referentes a nivel mundial.....	7
3.1.2.2.1. LEED .....	8
3.1.2.2.2. BREEAM.....	8
3.1.2.2.3. BNB - DGNB.....	8
3.1.2.2.4. EDGE.....	8
3.1.2.3. Contexto Colombiano .....	9

3.2.	BIM.....	9
3.2.1.	Reseña histórica.....	10
3.2.2.	Componentes específicos .....	11
3.2.2.1.	Tecnologías 3D asociadas con información paramétrica.....	11
3.2.2.2.	Trabajo Colaborativo .....	12
3.2.2.2.1.	Roles BIM.....	13
3.2.2.2.2.	<i>BIM big room</i> .....	13
3.2.2.2.3.	Entorno Común de Datos (CDE).....	13
3.2.2.3.	Estándares BIM.....	13
3.2.2.3.1.	<i>Open BIM y Building Smart.</i> .....	13
3.2.2.3.2.	Normas ISO .....	14
3.2.2.3.3.	Plan de ejecución BIM, BEP o PEB .....	14
3.2.2.3.4.	Virtual Design Construction VDC.....	14
3.2.3.	Referentes a nivel Mundial .....	15
3.2.4.	Colombia.....	15
3.3.	Gerencia de Proyectos .....	16
3.3.1.	Reseña histórica.....	16
3.3.2.	Referentes a nivel mundial.....	17
4.	Metodología del trabajo de investigación .....	20
4.1.	Tipo de investigación.....	20
4.2.	Diseño de la investigación.....	20
4.3.	Desarrollo de la investigación .....	22
4.3.1.	Sistema de codificación de la información.....	22
4.3.2.	Publicaciones académicas.....	22
4.3.3.	Entrevistas.....	24
4.3.4.	Encuestas.....	25

4.3.5 Juicio de expertos .....	25
5. Resultados de la investigación .....	26
5.1. Hallazgos de la investigación .....	28
5.2. Conclusiones para el desarrollo de la guía producto de la investigación .....	43
5.3. Recomendaciones para el desarrollo de la guía producto de la investigación.....	47
5.4 RECOMENDACIONES DE LA VERIFICACIÓN DE LOS EXPERTOS .....	51
6. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA INTEGRANDO BIM – ETAPAS DE PLANEACIÓN Y MONITOREO Y CONTROL.....	52
6.1. Introducción.....	52
6.2. Edificios de alto rendimiento.....	52
6.3. Marco de desarrollo IPD.....	53
6.4. FLUJO DE TRABAJO IPD .....	56
6.4.1. Macroproceso: Conceptualización .....	60
6.4.1.1. Definir qué tipo de edificio se requiere y definir qué es valor para el cliente ..	60
6.4.1.2. Recopilar los objetivos del cliente y transformarlos en objetivos del equipo de proyecto	60
6.4.1.3. Desarrollar Acta de constitución del Proyecto - Project charter .....	61
6.4.1.4. Recopilar los requerimientos .....	61
6.4.1.5. Definir métricas .....	61
6.4.1.6. Establecer estructura contractual y organizacional del proyecto .....	62
6.4.2. Macroproceso: Criterios de diseño.....	63
6.4.2.1. Identificar los sistemas requeridos y definir el equipo de diseño .....	64
6.4.2.2. Establecer <i>Bigroom</i> .....	65
6.4.2.4. Primera reunión ICE .....	67
6.4.2.5. Documentos base .....	67
6.4.2.5.1. Plan de gerencia .....	68

6.4.2.5.2.	Creación del BEP .....	71
6.4.2.5.3.	Declaración alcance .....	72
6.4.2.5.4.	Cronograma de hitos .....	72
6.4.2.5.5.	Costos y cuantificación .....	73
6.4.3.	Macroproceso: Diseños detallados .....	73
6.4.3.1.	Iteraciones .....	74
6.4.3.2.	Consolidar resultados de diseño.....	76
6.4.4.	Macroproceso: Construcción.....	76
6.4.4.1.	Gestionar e implementar los documentos del proyecto .....	76
6.4.4.2.	Configurar equipos de construcción .....	77
6.4.4.3.	Establecer y ejecutar los procesos de producción y construcción .....	77
6.4.4.4.	Controlar la calidad.....	77
6.4.4.5.	Gestionar y controlar el cronograma y los costos .....	77
6.4.4.6.	Gestionar y controlar el alcance.....	78
7.	Conclusiones .....	78
8.	Bibliografía .....	80



## Índice de tablas

Tabla 1. Alineación estratégica del trabajo de grado .....	1
Tabla 2. Estándares internacionales en gerencia de proyectos.....	17
Tabla 3. Comparación de los estándares de gerencia de proyectos más mencionados en la literatura .....	19
Tabla 4. Fases de la investigación del trabajo de grado .....	21
Tabla 5. Publicaciones académicas empleadas en el desarrollo de la investigación.....	23
Tabla 6. Perfil de profesionales entrevistados.....	24
Tabla 7. Perfil de los expertos que realizaron la validación.....	25
Tabla 8. Sistema de codificación para Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones .....	26
Tabla 9. Criterios de clasificación para el análisis de los Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones.....	26
Tabla 10. Hallazgos identificados en el desarrollo del trabajo de grado.....	28
Tabla 11. Conclusiones generadas durante el desarrollo del trabajo de grado .....	43
Tabla 12. Recomendaciones generadas durante el desarrollo del trabajo de grado .....	47
Tabla 13. Recomendaciones y observaciones de expertos.....	51
Tabla 14. Estado del proyecto en función de las variables de EVM.....	58
Tabla 15. Roles BIM y responsabilidades en Diseño y Construcción .....	64
Tabla 16. Acciones para establecer el Plan de gerencia, fortalecidas por el BEP .....	68

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Árbol de problemas .....	13
Ilustración 2. Árbol de objetivos .....	13
Ilustración 3. Grados de madurez de BIM en Gestión organizacional.....	10
Ilustración 4. Nivel de desarrollo (LOD) .....	11
Ilustración 5. Curva de Macleamy. Esfuerzo gastado durante el ciclo de vida de un proyecto.....	12
Ilustración 6. Tipo de investigación del trabajo de grado .....	20
Ilustración 7. Sistema de codificación de la información empleada en el desarrollo de la investigación.....	22
Ilustración 8. Articulación entre fuentes de información, Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones.....	27
Ilustración 9. Características de un edificio de alto rendimiento .....	53
Ilustración 10. Integración de Stakeholders en los proyectos .....	54
Ilustración 11. Componentes IPD y articuladores VDC .....	55
Ilustración 12. Flujo de trabajo IPD .....	56
Ilustración 13. Line-of-balance chart de un proyecto de vivienda.....	57
Ilustración 14. EVM para el control de proyectos IPD .....	57
Ilustración . Ampliación flujo de trabajo IPD .....	59
Ilustración . Macroproceso - Conceptualización.....	60
Ilustración . Objetivos del cliente y del proyecto.....	61
Ilustración . Grupos de métricas.....	62
Ilustración . Ejemplo de estructura organizacional .....	63
Ilustración . Macroproceso - Criterios de diseño .....	63
Ilustración . Ejemplo de una estructura CDE.....	66
Ilustración . Macroproceso - Diseños detallados .....	74
Ilustración . Descripción de las iteraciones del Macroproceso - Diseños detallados.....	74
Ilustración . Tipos de modelos que se pueden obtener.....	75
Ilustración . Macroproceso - Construcción .....	76

## Índice de anexos

Anexo No. 1 – Entrevistas realizadas

Anexo No. 2 – Resultados encuestas realizadas.

Anexo No. 3 – Gráficos de la guía metodologica.

### Listado de abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Ingles</b>	<b>Español</b>
AECO	Architecture, Engineering, Construction and Owner-Operated.	Arquitectura, ingeniería, construcción y operación
<b>BEP</b>	BIM execution Plan	<b>Plan de ejecución BIM</b>
<b>BNB</b>		
<b>BREEAM</b>	Building Research Establishment Methodology	Método de Evaluación Medioambiental del Organismo de Investigación de la Construcción'
<b>CAD</b>	Computer-aided Design	<b>Diseño asistido por computador</b>
<b>CAM</b>		
<b>CDE</b>	Common Data Environment	<b>Entorno Común de Datos</b>
DGNB	German Sustainable Building Council	<b>Consejo alemán de la Construcción Sostenible</b>
<b>EDGE</b>	<b>Excellence in Design for Greater Efficiencies</b>	<b>Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias</b>
<b>IFC</b>	International Finance Corporation	<b>Corporación Financiera Internacional</b>
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes	<b>Formato para intercambio de datos</b>
LEED	Leadership in Energy & Environment Design	<b>Liderazgo Energético Y en Diseño Ambiental</b>
<b>LOD</b>	<b>Level of Development</b>	<b>Nivel de Desarrollo</b>
<b>ODS</b>		<b>Objetivos de Desarrollo Sostenible</b>
<b>PERT</b>	<b>Program Evaluation and Review Technique</b>	<b>Técnica de revisión y evaluación de programas</b>
<b>VDC</b>	<b>Virtual Design Construction</b>	<b>Diseño y Construcción Virtual</b>

# 1. Introducción

El inicio de la revolución industrial trajo consigo una nueva forma de interacción entre el hombre y su entorno, estas interacciones implicaron la transformación de su entorno (Cuchí, 2021) y el aumento de la temperatura media del planeta (Vidal, 2021). En respuesta a los impactos negativos que la humanidad ha generado se empezó a replantear la relación de la humanidad con el planeta para preservar un futuro sostenible.

El sector de la construcción ha sido uno de los principales agentes de cambio en la transformación que ha sufrido el planeta, para el 2020 se estimaba que el sector contribuía con el 38% de los gases de efecto invernadero, el 30% de residuos sólidos y es el causante del 20% de la contaminación a los cuerpos hídricos (Benachio et al., 2020). En orden de revertir esta tendencia, desde la década de los 80 ha surgido una preocupación mundial en función de tener un “futuro común”, dando lugar a una primera aproximación del desarrollo sostenible desde el siguiente objetivo “cubrir nuestras necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.” (World Commission on Environment and Development, 1987). En esta misma línea de pensamiento, Parkin et al. (2003) definen las construcciones sostenibles como el proceso por el cual, a través del tiempo, se logra la sostenibilidad, siendo esta última un objetivo (Kaatz et al., 2005). Para alcanzar este objetivo, se han adaptado directa o indirectamente herramientas, tecnologías, metodologías y filosofías; de las cuales, se tratarán dos en esta investigación, BIM y gerencia de proyectos.

Así pues, esta investigación tiene como objetivo el desarrollo de una guía metodológica para gerenciar proyectos de edificaciones SOSTENIBLES, mediante la búsqueda de la sinergia de “conocimientos gerenciales” y nuevas tecnologías como BIM & VDC (*Virtual Design Construction*). En orden de cumplir con la finalidad, el escrito se divide en siete secciones. Las cuales se disponen de la siguiente manera, en la primera sección se explica el problema que origina este trabajo de grado, en la segunda el marco referencial y en tercer lugar la metodología de investigación propuesta, la cual, está fundamentada en tres fuentes; 1) Revisión de literatura; 2) Entrevistas a expertos del contexto nacional colombiano; 3) Encuestas a *Stakeholders* que cuenten con conocimientos de BIM y sostenibilidad. Posterior a la investigación propuesta en la metodología, en la sección cuatro se procede a formular hallazgos, recomendaciones y conclusiones que servirán para diseñar el producto final propuesto en esta investigación (sección 6) y por validar a juicio de expertos (sección 5). Para finalizar, en la sección 7 se presentan conclusiones y futuras líneas de investigación del tema para próximos trabajos.

## 2. Perfil de la investigación

### 2.1. Descripción del problema

El ser humano siempre ha transformado la naturaleza; hasta finales del siglo XVIII y principios del XIX su principal fuente de recursos era la biosfera, de la cual podían obtener una cadena de producción circular (Cuchí, 2013). Sin embargo, el equilibrio con que se habitaba el territorio se ve desbalanceado cuando se accede a la litosfera donde se pone en marcha un crecimiento nunca visto, aumentando no solo la producción sino la generación de residuos que contaminan la biosfera (Wadel et al., 2010). Con el paso del tiempo este desbalance se hace más notorio y problemático, en consecuencia, en 1987 aparece el informe “Nuestro Futuro Común” como una hoja de ruta hacia el desarrollo sostenible, donde se reformula el concepto de sostenibilidad, incluyendo las 3 dimensiones, “ambiental, económica, y social” como eje crítico del desarrollo sostenible (Rodríguez Becerra & Vélez, 2018).

La construcción puede establecerse como una de las primeras actividades que hizo la especie humana para resguardarse de la naturaleza, así lo ilustra Vitrubio en sus tratados

*“los hombres han recibido de la Naturaleza primeramente el privilegio de andar erguidos y no inclinados hacia la tierra; y secundariamente la aptitud de hacer con gran facilidad con sus manos y los órganos de su cuerpo todo cuanto se proponen, comenzaron unos a procurarse techados utilizando ramas y otros a cavar grutas bajo los montes, y algunos a hacer, imitando los nidos de las golondrinas con barro y ramas, recintos donde poder guarecerse”* (Vitrubio & Rodríguez Ruiz, 1995)

De esta forma los humanos vivieron en aparente calma hasta finales del siglo XVIII y principios de XIX, donde el aumento de la población y una mayor demanda de alimentos potenció avances tecnológicos que se desencadenarían en los siglos XIX y XX (Schramski et al., 2015) (Sachs, 2015). Con el fin de satisfacer las necesidades poblacionales se construyeron edificaciones que durante su proceso constructivo degradaron el medio ambiente. El efecto de esta degradación es evidente, ya que el sector de la construcción ha sido responsable del 38% de los gases de efecto invernadero, el 30% de residuos sólidos y es causante del 20% de la contaminación a los cuerpos hídricos (Benachio et al., 2020). Adicionalmente, el aumento de demanda y la complejidad de las edificaciones han generado que éstas requieran más recursos. (Majdalani et al., 2006)

En consideración a los argumentos anteriores, es preciso resaltar que la sostenibilidad no solo está ligada al medio ambiente. El sector de la construcción por medio de su cadena de valor representa el 13% de PIB mundial, y a pesar de ser uno de los principales motores de la economía, es un sector de baja productividad, tendencia resultante de diversos factores como: colaboración, diseño e ingeniería, gestión en la cadena de suministro, ejecución en sitio, tecnología y construcción de capacidades (Camacol & McKinsey & Company, 2017). En otras palabras, los recursos económicos invertidos no son aprovechados al máximo.

Una de las causas de la baja productividad del sector es la falta de digitalización y uso de nuevas tecnologías (Camacol & McKinsey & Company, 2017)., lo cual, genera una gran fragmentación

del sector (Gómez et al., 2016) que finalmente se traduce en reprocesos, inconsistencia documental y errores de diseño (Spitler et al., 2015).

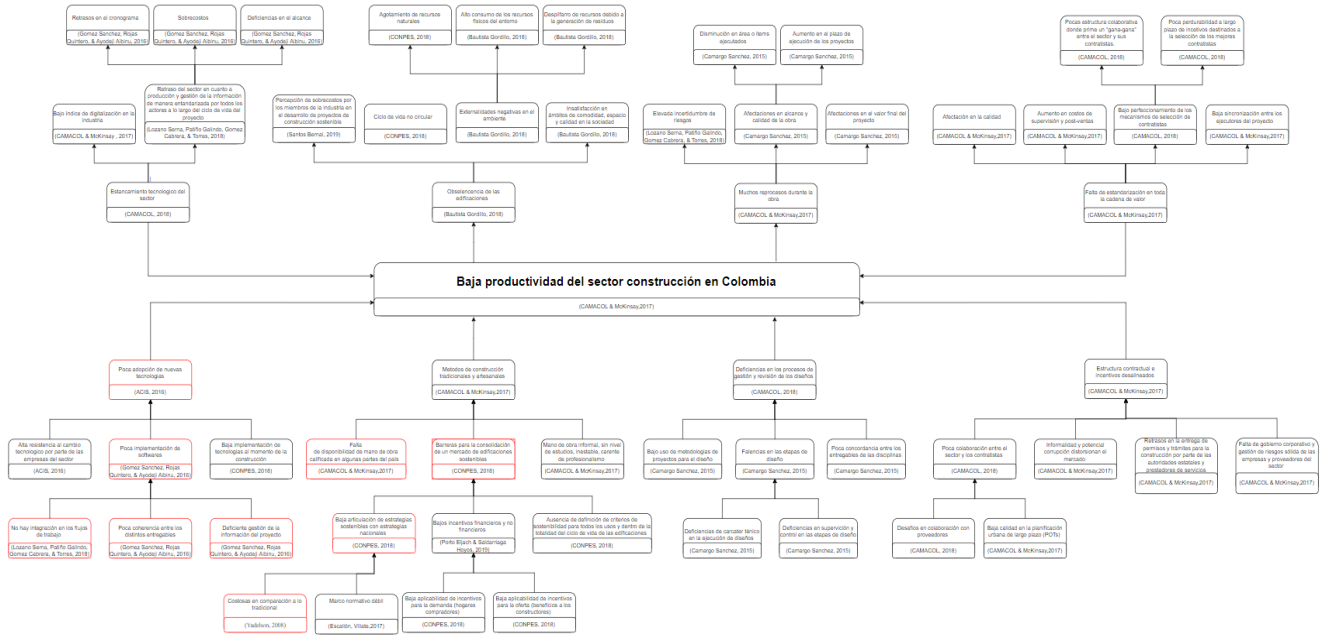
Cuando se aborda el panorama nacional, el diagnóstico es más preocupante; Camacol y McKinsey & Company (2017) exponen que el 90% de las empresas colombianas se clasifican como “tecnológicamente rezagadas”, es decir, solo el 10% de las empresas colombianas han adoptado tecnologías. Este porcentaje es bajo frente a referentes internacionales como son: México 21%; España 61% y Alemania con más del 77%; sumado a esto, se ha encontrado que 8 de cada 10 empresas colombianas del sector construcción presentan una alta resistencia al cambio tecnológico y son adversas al mismo. (ACIS, 2016) (Gómez et al., 2016)

La resistencia al cambio tecnológico y metodológico que presenta actualmente el sector de la construcción se puede explicar desde la preparación académica de los profesionales del gremio, los cuales, han sido instruidos en otro tipo de herramientas y metodologías obsoletas como el dibujo 2D y metodologías tradicionales (Gómez et al., 2016) generando una falta de personal calificado que pueda hacer frente al cambio de paradigma. Lo anterior, da lugar a que se genere un rezago tecnológico que se evidencia directamente en la forma de ejecutar la planeación a corto plazo, el no establecimiento de estrechas relaciones de confianza, una coordinación poco eficiente, así como otras características presentes en la industria de la construcción (Ospina Alvarado, 2011). Esta coordinación poco eficiente da lugar a la fragmentación multidisciplinaria que presenta el sector, contribuyendo al retraso del mismo en cuanto a la producción y gestión de la información de manera estandarizada por todos los actores a lo largo del ciclo de vida del proyecto, puesto que la falta de integración entre las partes involucradas en un proyecto repercute en incompatibilidades en los documentos de este, así como en deficiencias e incoherencias en los entregables (Lozano Serna et al., 2018), de aquí, que los proyectos del sector de la construcción presenten un alto grado de ineficiencia, reproceso, disputas y carencias de innovación (Gómez Sánchez et al., 2015); lo cual, conlleva a la normalización de incumplimientos en tiempo, alcance y costo en los proyectos del sector de la construcción (Lerma Córdoba, 2018).

Como se ha expuesto en los párrafos anteriores, se observa que el sector de la construcción ha desarrollado un modelo insostenible donde el uso ineficiente de recursos ya sean ambientales o económicos tienen repercusiones en los usuarios finales (siendo estos, el tercer pilar de la sostenibilidad), dado que limitan a estos la posibilidad de acceder a oportunidades de calidad, teniendo un ambiente de desarrollo no apto (Hill & Bowen, 1997) (Ball, 2002).

El Ingeniero Fabián Calcagno director del BIM fórum Argentina explica que, por primera vez en la historia de la humanidad, somos capaces de simular el proceso constructivo llegando a niveles de prototipado como en la industria aeronáutica (Calcagno, 2021). Por consiguiente, seguir el modelo actual (insostenible) de desarrollo del sector constructivo, dará como resultado un sector con baja productividad. Las causas y efectos de este resultado se pueden apreciar en el siguiente árbol de problemas, donde los recuadros enmarcados en color rojo corresponden a las causas y efectos que están directamente relacionadas con el desarrollo del trabajo de grado.

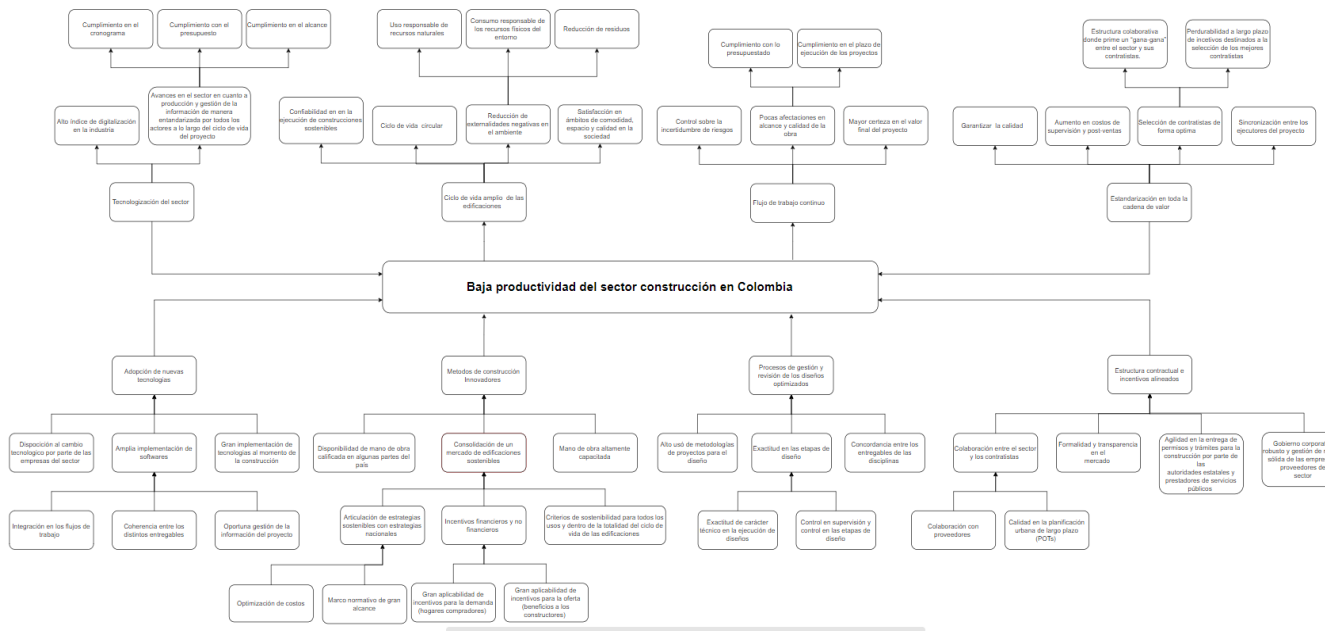
Ilustración 1. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia, las citas de cada afirmación se encuentran incluidas en la ilustración

A continuación, se presenta el árbol de objetivos, el cual permite observar los medios y fines que permiten transformar los estados negativos presentados en la Ilustración 1 en soluciones, expresadas en forma de estados positivos.

Ilustración 2. Árbol de objetivos



Fuente: Elaboración propia Hh

## .1. Pregunta de investigación

La integración de la información expuesta en la Ilustración 1 e Ilustración 2 da lugar a la formulación de la siguiente pregunta de investigación:


*¿Cómo integrar gerencia de proyectos con BIM para el desarrollo de proyectos de construcción de edificaciones sostenibles en Colombia?*

## .2. Propósito de la investigación

Esta investigación busca responder la pregunta planteada en el numeral 2.1. Por medio del desarrollo de una guía metodológica, que tiene como propósito principal contribuir con el mejoramiento de la productividad del sector de la construcción colombiana a través de la integración de los procesos gerenciales de planeación, monitoreo y control, BIM y sostenibilidad. por consiguiente, la guía se desarrolla para ser usada como instrumento en el sector constructivo; permitiendo fomentar el aumento en el número de construcciones sostenibles debido a la posibilidad de implementar nuevas tecnologías que facilitan el proceso de construcción, reducen los riesgos y dan mayor grado de certeza en aspectos como tiempo y costo. La integración de estos componentes permite generar un cambio en la percepción de poca fiabilidad que se trasmite actualmente a los *Stakeholders* en el desarrollo de proyectos de construcción de edificaciones y de forma consecuente, está en capacidad de permitir el desarrollo de un plan de trabajo de acuerdo con las necesidades y recursos disponibles para cada proyecto particular, implementando herramientas gerenciales apoyadas por BIM en proyectos de construcción de edificaciones sostenibles.

En este orden de ideas, se presenta a continuación la alineación estratégica de este trabajo de grado con las organizaciones que están direccionadas en está y las contribuciones de la investigación para el logro de los objetivos estratégicos presentados para cada institución.

*Tabla 1. Alineación estratégica del trabajo de grado*

<b>Organización</b>	<b>Objetivo Estratégico</b>	<b>Contribución de la investigación</b>
 <b>Naciones Unidas</b>	Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante	La investigación plasma la viabilidad en la implementación de prácticas para la gerencia de proyectos de construcción de edificaciones que permiten generar eficiencias en el costo de implementación y adopción de nuevas tecnologías (innovación) por parte de la cadena de valor del sector, contribuyendo a la profesionalización del recurso humano, mejorando la productividad de las empresas del sector e imponiendo un estándar de sostenibilidad en el gremio, dando lugar a una mejora en la calidad de vida de la sociedad, contribuyendo en la construcción de infraestructuras resilientes, que promueven la
	Objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico	
	Objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura	
	Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles	



Organización	Objetivo Estratégico	Contribución de la investigación
	Objetivo 12. Producción y consumo responsable	industrialización inclusiva y sostenible del sector.
	<p>Fomentar el desarrollo económico y tecnológico de la industria de la construcción y de las personas naturales o jurídicas que de ellas se ocupen directa o indirectamente.</p> <p>Estimular iniciativas que tiendan a mejorar la formación técnica y profesional, la eficiencia, seguridad social, ingreso económico y en general, las condiciones laborales del trabajador colombiano y particularmente del trabajador vinculado a la actividad constructora.</p> <p>Promover la protección del medio ambiente dentro de los lineamientos del desarrollo sostenible y colaborar con las entidades públicas y privadas en su recuperación.</p>	<p>La investigación tiene como resultado una guía metodológica que está orientada a fomentar la transformación digital del sector de la construcción por medio del uso de BIM como nueva tecnología para la ejecución de proyectos de construcción de edificaciones, aumentando la productividad del sector e incluyendo criterios de sostenibilidad y responsabilidad social, económica y ambiental en el desarrollo de estos.</p>
	Promover la transformación digital del sector de la construcción en Colombia.	
	<p>Contribuir al progreso personal, social y del conocimiento, por medio de la construcción y el desarrollo de conocimiento, especialmente científico y tecnológico</p> <p>Contextualizar la actividad académica en las necesidades del entorno y en los propósitos y</p>	<p>El desarrollo de esta investigación permite aportar a la competitividad del país divulgando el conocimiento adquirido en cuanto a gerencia de proyectos con metodologías de investigación y profundización de conceptos de esta misma disciplina.</p>

Organización	Objetivo Estratégico	Contribución de la investigación
	oportunidades nacionales de desarrollo	

Fuente: Elaboración propia

### **.3. Objetivos**

En este numeral, se plantean los objetivos del trabajo de grado para dar respuesta a la pregunta de investigación (ver numeral 2.1.), por consiguiente, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos que serán el eje conductor de la investigación y formulación del producto objeto de este trabajo de grado.

#### **.3.1. Objetivo general**

Desarrollar una guía metodológica para la gerencia de proyectos en las etapas de planeación, monitoreo y control, para la construcción de edificaciones sostenibles integrando BIM en Colombia.

#### **.3.2. Objetivos específicos**

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre los tres pilares de la propuesta de esta investigación: construcción de edificaciones sostenibles y su ciclo de vida; gerencia de proyectos en la etapa de planeación, monitoreo y control para construcciones sostenibles y BIM.
2. Identificar la metodología y flujos de trabajo en la gerencia de proyectos del sector de la construcción orientado a edificaciones sostenibles en Colombia.
3. Elaborar una guía metodológica para gerentes de proyectos que sea utilizado como herramienta para integrar los modelos de gerencia de proyectos con BIM para edificaciones sostenibles.
4. Verificar el alcance de la guía metodológica por medio de la evaluación y juicio de expertos del sector de la construcción en Colombia para edificaciones sostenibles.

## **9. Marco de referencia**

En este capítulo, se describirá los tres temas o ejes centrales que serán integrados en la investigación del trabajo de grado, es decir: construcción de edificaciones sostenibles y su ciclo de vida; gerencia de proyectos en la etapa de planeación, monitoreo y control para construcciones sostenibles y BIM. El objetivo del capítulo será ilustrar como se han desarrollado los conceptos a nivel global y su estado a nivel nacional con la finalidad de lograr su integración.

### **.1. Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible**

A continuación, se presenta una breve reseña histórica sobre sostenibilidad y el desarrollo de la construcción sostenible, así como sus diferentes componentes.

## **.1.1. Reseña histórica**

Un primer acercamiento al concepto de sostenibilidad se localiza en la definición formulada por el profesor Hartig, de la Universidad de Berlín hace más de dos siglos (Rodríguez Becerra & Vélez, 2018)

*Un director forestal debe evaluar las masas forestales sin pérdida de tiempo, para utilizarlas en la mayor medida posible y en forma tal que futuras generaciones cuenten con tanto beneficio como las generaciones vivientes. (Hartig, citado en Wiersum, 1995, p 322).*

Esta primera aproximación es dada bajo principios económicos donde el objetivo era garantizar la disponibilidad de un recurso para que futuras generaciones pudieran beneficiarse como lo hacían las actuales. Rodríguez Becerra (2018, p. 5) ilustra cómo esta definición fue acogida por sectores como el pesquero que, junto a principios de administración científica, dieron lugar al establecimiento de una base en la formulación de políticas públicas por parte del gobierno.

A finales de la década de los 80 y en vista de las problemáticas de la sociedad en dicha época, se materializa el concepto de “Desarrollo Sostenible” como respuesta no solo a los problemas ambientales, puesto que la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN) formula una definición que abarca el concepto de los derechos intergeneracionales.

*[...] la gestión del uso humano de la biosfera para que se pueda producir el mayor beneficio sostenible para las generaciones presentes, a la vez que se mantenga su potencial para cubrir las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Por tanto, la conservación en positivo incluye la preservación, el mantenimiento, el uso sostenible, la restauración y la mejora del ambiente (IUCN, 1980, P.10).*

Siete años después la comisión Brundtland (1987) en su publicación para la ONU “*Our Common Future*” define el desarrollo sostenible como aquel “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.” (WCED, 1987), en adición, el informe también contempla el concepto de equidad, debido a que expone que “La satisfacción de necesidades esenciales exige no solo una nueva era de crecimiento económico para las naciones donde los pobres constituyen la mayoría, sino la garantía de que estos pobres recibirán la parte que les corresponde”, así mismo, el informe menciona que el desarrollo sostenible debe ser dinámico, respondiendo a las tecnologías y a la organización social que resulten en una nueva era de crecimiento económico (Rodríguez, 2018).

De acuerdo con las definiciones planteadas y en vista de que el objetivo es desarrollar una definición para el concepto de desarrollo sostenible, en 1992 la ONU se reúne en Río, para desarrollar la *Declaración de Río de Janeiro sobre medio ambiente y desarrollo*, donde se enuncian 27 principios, los cuales adicionan las 3 dimensiones de la sostenibilidad (Ambiental, Económica y Social) como ejes críticos del concepto de desarrollo sostenible (Rodríguez 2018) (ONU,1992).

Rockström et al. (2009) identifican dentro de la dimensión ambiental nueve límites (1. Cambio climático; 2. Cambio en la integridad de la biosfera; 3. Eliminación del ozono estratosférico; 3. Acidificación de los océanos; 5. Ciclos bioquímicos; 6. Cambio de los sistemas de suelo; 7. Uso del agua dulce; 8. Carga de aerosoles en la atmósfera; 9. Carga de químicos); los cuales, si se ven quebrantados por la intervención de la humanidad, causarían cambios planetarios catastróficos.

Dentro de estos escenarios Steffen et al. (2015) reportan que 4 límites ya han sido transgredidos (1,2,5,6) como consecuencia de la actividad humana. Rodríguez (2018) identifica que los límites 1 y 2 son fundamentales ya que estos pueden modificar el sistema terrestre a un nuevo estado.

En el 2015 se publican los objetivos de desarrollo sostenible ODS, los cuales, están basados en las tres dimensiones establecidas en la agenda de Río 92. Para cumplir dichos objetivos, particularmente el 13 (Acción por el clima) y controlar los límites propuestos por Rockström et al. (2009) especialmente el 1 (cambio climático), en 2016 se publican los acuerdos de París, donde se establecen límites y medidas para reducir los gases de efecto invernadero por país según su proporción de emisión. (ONU, 2016).

## **.1.2. Construcciones sostenibles o construcciones de alto rendimiento.**

Las construcciones sostenibles son la respuesta del sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) a los rápidos cambios en el planeta. Como sugiere Kibert (2016) el término construcción sostenible debe estar enfocado en las esferas ambientales, económicas y sociales de la edificación en su entorno (comunidad). Desde 1994 el Consejo Internacional para la Investigación e Innovación en Edificaciones y Construcciones estableció 7 principios para la construcción sostenible (1. Reducir el consumo de recursos; 2. Reutilizar recursos; 3. Usar recursos reciclables; 4. Proteger la naturaleza; 5. Eliminar toxicidades; 6. Aplicar cálculos de costo al ciclo de vida; 7. Enfocarse en la calidad), así mismo, definieron las construcciones sostenibles como aquellas “que son creadas y operadas en un ambiente o ecosistema saludable basándose en el uso eficiente de los recursos y un diseño ecológico”. En estas definiciones, se resalta la importancia de percibir la construcción como un objeto que debe ser temporal, y que debe estar en capacidad de reciclarse después de cumplido su ciclo de vida (desde su planeación hasta su demolición o desensamble.). Enshassi et al. (2018) en su artículo “Exploración de los factores de desarrollo sostenible durante las fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción” presentan hallazgos acerca de cómo las construcciones sostenibles son el “vehículo” por medio del cual la industria de la construcción puede llegar a cumplir los objetivos del desarrollo sostenible.

Rodríguez (2018) ilustra que cuando la ONU estaba redactando los ODS casi se olvidan de incluir una sección para la preservación del medio ambiente y relata que esto puede ser resultado del desinterés de algunos líderes mundiales. En contraste, el movimiento verde en el sector de la construcción se ha gestado desde principios de 1990, enfocándose en “principios básicos” de la arquitectura como el uso de luz natural y ventilación cruzada, teniendo como resultado un menor consumo energético y por ende menores emisiones de carbono, debido a que para ese entonces e

incluso hoy en día la energía se produce de fuentes como el carbón, petróleo y gas natural. (C. J. Kibert, 2016).

En la actualidad el término de construcción sostenible ha mutado hacia edificio de alto rendimiento debido a la complejidad de temas involucrados al momento de proyectar una construcción. El término de construcción sostenible tradicionalmente se asocia con su consumo energético, dejando de lado las otras dos dimensiones de la sostenibilidad. En contraste, una construcción de alto rendimiento involucra las otras dos dimensiones (social, económica). Esta nueva definición de construcción sostenible impacta directamente en el flujo de trabajo del sector. (C. J. Kibert, 2016) (C. J. Kibert, 2016).

### **.1.2.1. Componentes específicos**

La biosfera como lo señala Cuchí (2013) ha sido transformada gracias a las actividades humanas entre ellas la construcción. Hoy en día es ampliamente conocido que los edificios consumen recursos cada vez en mayor cantidad. Autores como Ingrao et al. (2018) señalan que los edificios demandan la mitad de energía que se consume en el mundo, la cual en su mayor parte es utilizada para calefacción. Benachio et al. (2020) exponen que el sector es responsable de extraer el 30% de los recursos y generar un cuarto de basura de sólidos. Ante este consenso acerca del consumo de recursos, diversos autores ya sea de trabajos académicos o modelos de evaluación como LEED, *Green Globes* O BREEAM, han identificado 6 áreas que, aunque parezcan solo de una dimensión de la sostenibilidad están pensadas desde las tres.

#### **.1.2.1.1. Territorios y paisajes sostenibles**

La biosfera es la capa donde los humanos desarrollan su vida, en esta esfera la humanidad no está sola como especie, ya que comparte dicho espacio con otros seres que cumplen una función específica dentro de cada ecosistema. Intervenir un territorio con el fin de convertirlo en un paisaje sostenible implica realizar proyecciones basadas en la justicia ambiental y factores sociales y culturales del contexto (USGCB, 2021), con el objetivo de integrar los proyectos al ecosistema, y minimizar los impactos a estos durante su construcción (C. J. Kibert, 2016) dando como resultado una edificación de alto rendimiento.

#### **.1.2.1.2. Estrategias de bajo consumo de energía**

Como se ha descrito anteriormente existe una correlación entre emisiones de carbono y cambio climático, en este componente de las construcciones sostenibles se busca lo que Kibert (2016) (1994) llama estrategias energéticas de diseño para edificios de alto desempeño. Donde el diseño con estrategias pasivas como aprovechamiento de luz solar, ventilación cruzada e inercia térmica se integra a la tecnología (simulaciones energéticas, incorporación de nuevas estrategias) para reducir los requerimientos energéticos de la construcción.

#### **.1.2.1.3. Administración del agua.**

A pesar de ser llamado el planeta azul y dar falsas nociones de abundancia, fundaciones como AQUAE advierten que del 100% del agua disponible en el planeta, apenas es potable un

0.025% (AQUAE, 2019). La humanidad emplea dicho porcentaje de agua para actividades vitales como el consumo y la cocción de alimentos e incluso para la elaboración de materiales. En vista de que el agua, como recurso vital, está siendo explotado a una tasa mayor de la que se produce naturalmente (García, 2019), se ve comprometido dicho recurso para las generaciones futuras. En este componente de las edificaciones de alto rendimiento se busca; 1) Minimizar la contaminación y afectación de los cuerpos hídricos; 2) Impactar en menor proporción el ciclo hídrico de territorio; 3) Implementar sistemas que permitan reutilizar aguas grises con el objetivo de impulsar uso y ;4) utilizar equipos de bajo consumo y alta eficiencia como sanitarios, griferías y demás.

#### **.1.2.1.4. Elección de los materiales.**

Los materiales siempre han sido innatos al sector de la construcción, como lo indica Cuchí (2013) la extracción de estos ha transformado los territorios; sin embargo, siempre se han extraído de forma que la tasa de producción natural sea mayor a la demanda. Con nuevas tecnologías y combustibles se cambió el modelo de vida disponiendo de mayores recursos de la litosfera. Con la nueva visión de desarrollo sostenible se busca que los materiales tengan ciclos circulares (Ingrao et al., 2018), con un uso eficiente de los recursos al momento de la extracción (C. J. Kibert, 2016), donde el desarrollo sostenible tenga en cuenta los contextos sociales, económicos y su impacto ambiental en los territorios afectos por la cadena de producción. Kibert (2016) detalla en su libro que se han realizado avances por parte de los productores para certificar sus productos de forma sostenible.

#### **.1.2.1.5. Huella de carbono.**

El calentamiento global está ligado a las emisiones de carbono, es decir, los gases de efecto invernadero, dichas emisiones están estrechamente relacionadas en todo el ciclo de vida de los proyectos, debido a que las construcciones generan gases de efecto invernadero desde su concepción. C. J. Kibert, (2016) detalla que, desde la extracción, manufactura y transporte las construcciones ya han generado hasta el 73% de las emisiones que un material puede llegar a generar a lo largo de su ciclo de vida; en consecuencia, es de vital importancia la correcta elección de materiales, su utilización y administración.

#### **.1.2.1.6. Calidad del ambiente.**

El ser humano construye edificios para “protegerse” de la naturaleza. Vitruvio detalla que al principio estos eran estructuras sencillas que con el tiempo se volvieron más complejas hasta llegar a la cantidad de componentes que existen actualmente. A medida que los edificios se especializan, se establece una correlación entre confort, productividad, descanso, salud, entre otros. Y para lograr dichas relaciones se han realizado estudios donde el diseño se centra en el bienestar del ser humano para mejorar su salud, por medio de factores como temperatura ideal, calidad del aire, iluminación adecuada y espacios confortables. (C. J. Kibert, 2016)

#### **.1.2.2. Referentes a nivel mundial.**

En este numeral, se describen los sistemas de certificaciones de edificios sostenibles a lo largo del mundo; los cuales, miden la “eficiencia” en términos de consumo y recientemente han ido evolucionando hasta el punto de lograr adoptar los otros dos pilares de la sostenibilidad.

#### **.1.2.2.1. LEED**

Liderazgo en el Diseño Energético y Ambiental (*Leadership in the Energy and Environmental Design*) es el sistema de clasificación más aplicado en el mundo, Kibert (2016) menciona que este, tiene alcance en 150 países. Actualmente está en vigencia la versión 4.1 y tiene 5 categorías; Diseño de la edificación y construcción; Diseño interior y construcción; Operación y mantenimiento; Ciudades y comunidades; Desarrollo del vecindario y Viviendas. (USGBC, 2021). LEED en su versión 4.1 (2021) evalúa aspectos enfocados en; proceso de planeación y diseño integrado; ubicación y accesibilidad; administración de los territorios sostenibles; eficiencia del agua; energía y atmósfera; materiales y recursos; calidad del ambiente interior; innovación y diseño; prioridad de la región. Adicionalmente, LEED maneja 4 niveles de certificación según los créditos obtenidos; certificado, plata, oro y platino.

#### **.1.2.2.2. BREEAM**

BREEAM representa las siglas de Método de Evaluación Ambiental del Organismo de Investigación de la Construcción. Es el sistema de certificación más antiguo, nace en 1989 (C. J. Kibert, 2016) y a la fecha se encuentra en 90 países. (BREEAM España, 2021). Se compone de cinco estándares: Nuevas construcciones, Comunidades, En uso, Infraestructura y Reacondicionamientos (BREEAM, 2019). Dentro de estos cinco estándares se evalúan diez categorías: Energía, Salud y bienestar, Innovación, Uso del suelo, Materiales, Administración, Polución, Transporte, Desperdicios y Agua. Así mismo, este sistema de certificación cuenta con 5 niveles: certificado, bueno, muy bueno, excelente y excepcional.

#### **.1.2.2.3. BNB - DGNB**

Alemania es uno de los países con mayor nivel de desarrollo frente a las construcciones sostenibles. El esfuerzo por consolidar una certificación se remonta al 2007 donde se funda el Consejo Alemán para las construcciones sostenibles DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*) y se emite la primera versión de su sistema de certificación. En adición, El DGNB junto al gobierno alemán crearon el Sistema de Evaluación para Edificaciones Sostenibles BNB. Ambas certificaciones se basan en las tres dimensiones de la sostenibilidad más otras tres áreas que evalúan calidad, en aspectos como emplazamiento, procesos, y técnica (C. J. Kibert, 2016) (Federal Ministry of the Interior, Building and Community, s. f.). El DGNB (s.f.) en su certificación recalca la importancia del ciclo de vida de la construcción, un enfoque holístico, y el énfasis en el desempeño de la edificación. Finalmente, este sistema de certificación, tienen cuatro niveles para DGNB y tres para BNB.

#### **.1.2.2.4. EDGE**

Excelencia en el diseño para mayores eficiencias EDGE, es una iniciativa de la Corporación Financiera Internacional IFC un grupo del Banco Mundial. Funciona como una plataforma donde se incluyen estándares, un software y un programa de certificación (EDGE, 2021). El programa tiene 3 niveles de certificación, en donde según el nivel de ahorro de energía y agua se obtiene el grado de certificación. El nivel 3 Zero carbón representa el máximo rendimiento de la edificación. CAMACOL es proveedor exclusivo en Colombia para obtener esta certificación.

### **.1.2.3. Contexto Colombiano**

Autores como Valverde Farré et al. (2017) Escallón y Villate (2014) reconocen la importancia de crear un marco de certificación para el contexto nacional. En adición, los autores reconocen la importancia de los ecosistemas y los priorizan respecto a temas como el consumo energético, sin dejar de lado los contextos sociales locales donde muchas veces la construcción representa un considerable grado de informalidad siendo la vivienda el tipo de edificación que más se construye en el territorio. (Escallón y Villate, 2014). En contraste, el número de edificaciones que voluntariamente se certifican con algún programa extranjero ha aumentado (CAMACOL, 2020). El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS en 2016 crea la certificación CASA describiéndola como una certificación “adaptada al contexto colombiano, que se enfoca en las personas y su calidad de vida, generando entornos prósperos y saludables que respetan el medio ambiente.” (CCCS, 2016). Esta certificación tiene 5 niveles y se enfoca en el entorno, la obra, eficiencia del agua, eficiencia energética, eficiencia en materiales, bienestar y responsabilidad social.

## **.2. BIM**

*Building Information Modeling*, también conocido como BIM por sus siglas en inglés, es definido por los autores de la guía de planificación para la ejecución de proyectos BIM de la universidad de Pensilvania, como el proceso que se enfoca en desarrollar, usar y transferir de un modelo digital a un proyecto constructivo el diseño, la construcción y operación de este para obtener mejores resultados. Para Borrmann et al. (2018) BIM es una representación digital completa con una fidelidad constructiva y una gran cantidad de información; así mismo el modelo 3D combina información física como los materiales con información digital como son “Zonas, niveles, etc...”. A lo largo de su aplicación y desarrollo se han establecido 3 componentes básicos para que un proyecto sea catalogado como BIM; 1) Tecnologías 3D **asociadas con información**, siendo esta la principal diferencia con modelos 3D tradicionales; 2) Trabajo colaborativo con intercambio de información casi en tiempo real; 3) Estándares BIM, los cuales son la hoja de ruta que define cómo se desarrollarán los primeros dos componentes básicos, en cuanto a la modelación de la información y la coordinación de la misma en el equipo de proyectos. (Martínez & Naskad digital, 2021). Adicionalmente, BIM dentro de la gestión organizacional tiene distintos grados de madurez, siendo el nivel 0 la ausencia de este y el nivel 3 una integración total, tal y como se puede observar en la Ilustración 3.



Ilustración 3. Grados de madurez de BIM en Gestión organizacional

	Level 0	Level 1		Level 2	Level 3	
					<b>Integrated BIM</b> IDM, IFC, IFD	
		<b>2D</b>	<b>3D</b>	<b>Federated BIMs</b>		
	<b>CAD</b>	Proprietary Formats		Proprietary formats + COBie	ISO standards	Exchange Formats
Drawings		Geometric models		Coordinated Discipline specific BIM models	Integrated, interoperable Building Information Models for the entire life-cycle	Depth of information
Paper		File-based collaboration		Central management of files (Common Data Environment), Shared libraries	Cloud-based model management (BIM Hub)	Coordination and Collaboration

Fuente: (Bew and Richards en Borrmann et al., 2018)

## .2.1. Reseña histórica

Los primeros rastros de BIM se remontan a los reportes de Eastman et al., (1974) en su investigación “*building description system*”, en donde se propone una librería con elementos usados en la construcción y sus respectivos parámetros. Siguiendo con la investigación académica, en 1992 van Nederveen y Tolman (1992) acuñan por primera vez el término *Building Information Model* (Borrmann et al., 2018) en sus investigaciones donde se enfocaron en la fragmentación y pérdida de organización en la práctica constructiva. En un contexto industrial, en 1986 la empresa Graphisoft lanza su programa Archicad en su versión 2.0 donde el concepto “edificio virtual” estableció un hito en la tecnología CAD (*Computer Aided Design*) (Graphisoft, s. f.) Con esta herramienta el usuario podía almacenar y maneja gran cantidad de información ya sea 2D o 3D (Toribio, 2018). Posteriormente, en 2002 la compañía de Software compra *Revit Technology Corporation* y desde ese entonces Autodesk asume el acrónimo BIM y junto con Jerry Laiserin (2002) y su llamado a adoptar dicho acrónimo, otras casas como Bentley y posteriormente Graphisoft adoptan el término (Toribio, 2018).

Con la revolución tecnológica en marcha, crece el interés de la academia en este concepto y desarrolla la primera versión del *BIM Project Execution Planning Guide* junto con las primeras aproximaciones a los usos BIM por parte del *Computer Integrated Construction (CIC) Research Group*, documento que se ha convertido de obligatoria consulta para el desarrollo de proyectos BIM, en adición, investigadores como Sacks, Eastman, et al. (2018) autores del libro *BIM Handbook* desde su primera edición explora la forma en que todos los *Stakeholders* se involucran con BIM. Este cambio de paradigma que representa BIM en el sector AECO ha sido objeto de estudio, puesto que Liu et al. (2021) demuestra que los artículos acerca de BIM y su rol en la






industria han venido en aumento desde el 2010, teniendo como resultado la incorporación de modelos como son cronogramas o presupuestos, entre otros, dentro del ciclo de vida para definir lo que se conoce como las dimensiones de BIM, que actualmente son 7 (Building SMART, s. f.); sin embargo, los investigadores resaltan la inclusión de una octava dimensión que corresponde a la seguridad (BIM Service Provider, s. f.). Este continuo desarrollo de BIM ha conllevado a que autores como Liu et al. (2019) y expertos como Fabian Calcagno sugieran que la “M” del acrónimo BIM pase de significar “*Modeling*” y se transforme en “*Management*”, puesto que el alcance original de BIM (pensado para el diseño y construcción) se ha transformado con el tiempo incluyendo etapas como el *Facility Management* y deconstrucción.

## .2.2. Componentes específicos

### .2.2.1. Tecnologías 3D asociadas con información paramétrica

Tal y como se explicó en numerales anteriores, la diferencia entre modelos 3D y modelos BIM radica en el uso de parámetros para crear las representaciones virtuales de lo que se va a construir. En otros términos, para lograr los objetivos propuestos para el modelado, es necesario que la información asociada al modelo pueda variar de acuerdo con los requerimientos, con el fin de estandarizar bajo el concepto de LOD (nivel de desarrollo) el alcance de la información incluida en un elemento del modelo; el cual, puede variar dependiendo del país que lo emplee. Un ejemplo de lo anterior es Chile, donde el termino equivalente es NDI (Niveles De Información) (Plan BIM Chile, 2019). Cuando se hace mención al desarrollo de un objeto BIM no solo se hace referencia de la representación gráfica, sino de los parámetros asociados al modelo. Como se observa en la Ilustración 4 Nivel de desarrollo (LOD) dependiendo del objetivo para el cual se solicita el objeto BIM, independiente de su representación gráfica el modelo contiene información que nutre el trabajo de los miembros del equipo, de forma que son más valiosos los parámetros que la misma representación del elemento en esa etapa del proyecto.

Ilustración 4. Nivel de desarrollo (LOD)

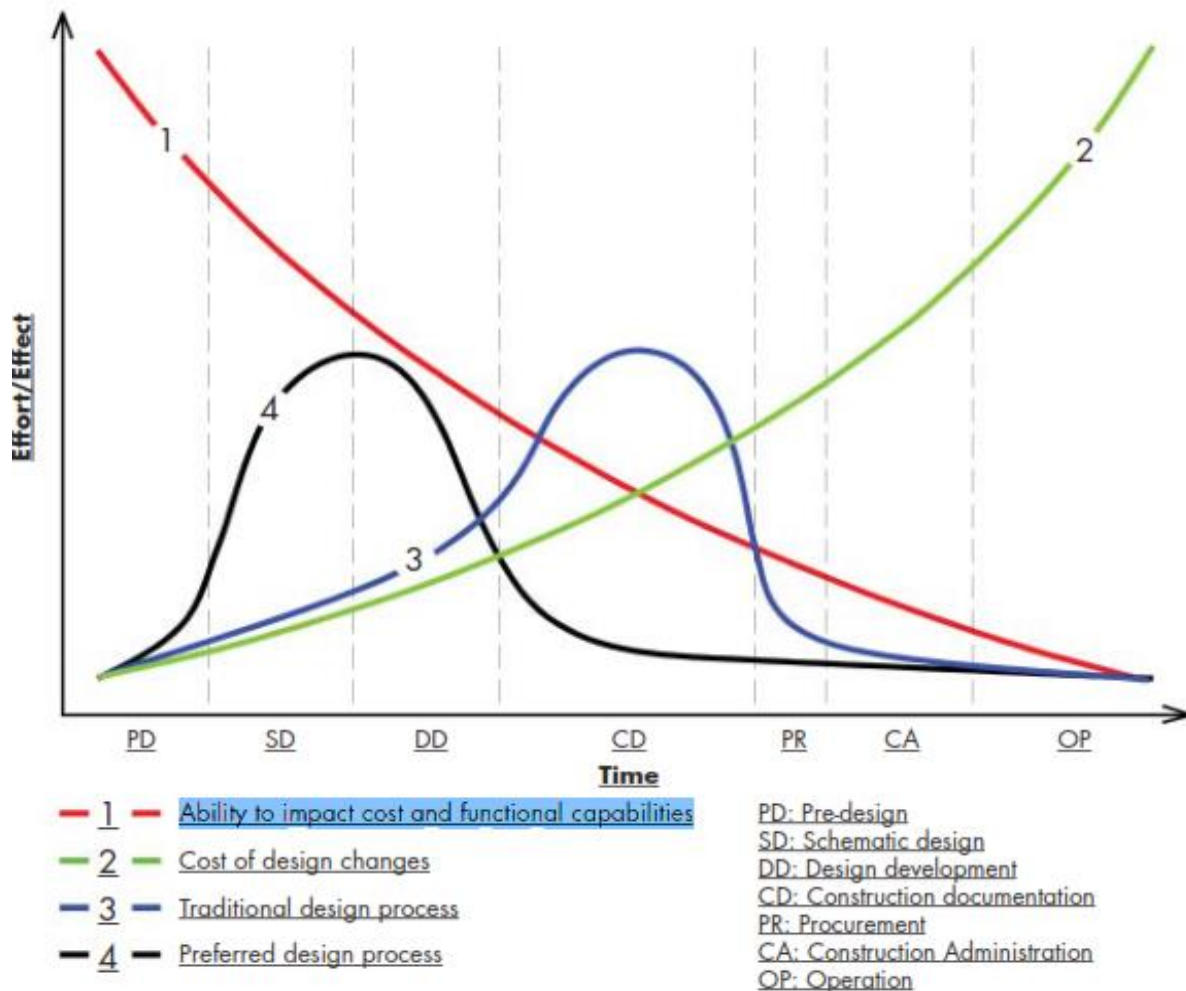
LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 100	<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 200	<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 300	<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 685 <b>DEPTH:</b> 430 <b>HEIGHT:</b> 1085 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 400	<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 685 <b>DEPTH:</b> 430 <b>HEIGHT:</b> 1085 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc <b>MODEL:</b> Mirra <b>PURCHASE DATE:</b> 01/02/2013
(Only data in red is useable)			practicalBIM.net © 2013	

Fuente: Tomado de Ferrera, Nicolas (2017)

### .2.2.2. Trabajo Colaborativo

La industria AECO tradicionalmente se ha desarrollado con un modelo fragmentado y teniendo como su principal medio de comunicación representaciones bidimensionales de la realidad (planos). Esta situación ha generado pérdida de información (Borrmann et al., 2018), sobrecostos, retrasos de cronograma (Sacks, Eastman, et al., 2018) y baja productividad del sector. (Camacol & McKinsey & Company, 2017). En orden de revertir esta tendencia dentro de la forma de trabajar los proyectos BIM se busca que desde las etapas más tempranas del proyecto se involucre a los *Stakeholders*. En este orden de ideas, los equipos del proyecto trabajan alrededor de un modelo BIM lo cual implica que estos estén estrechamente coordinados, compartiendo conocimientos, y ayudándose entre sí para la toma de decisiones, generando una interdependencia en su flujo de trabajo. Implementar el trabajo colaborativo desde etapas tempranas impacta de manera positiva, debido a que en estas etapas los costos de cambios son menores y la posibilidad de hacer cambios es mayor.

Ilustración 5. Curva de Macleamy. Esfuerzo gastado durante el ciclo de vida de un proyecto



Fuente: Raouf, Ayman & Al-Ghamdi, Sami G. (2018)

### **.2.2.2.1. Roles BIM**

BIM no solo ha cambiado la forma en que la industria diseña, comunica y construye, también ha creado nuevas profesiones que se encargan de la administración, la calidad y la coordinación de la información producida por los *Stakeholders* “tradicionales”; adicionalmente es evidente que para afrontar el cambio pragmático las distintas especialidades se han visto obligadas a adquirir habilidades que permitan trabajar colaborativamente, un ejemplo son los residentes BIM y los técnicos BIM. Dentro de los nuevos roles que se han creado se destacan el *BIM Project manager*, *BIM manager* y *BIM Coordinator* que según su cargo interactúan de distintas formas con la información (Sacks, Eastman, et al., 2018, p. 347).

### **.2.2.2.2. BIM big room**

La representación del trabajo colaborativo se aplica al máximo en el *big room*, el cual es un mecanismo que nace desde una visión LEAN. La idea central de *big room* es un espacio dotado con varias pantallas donde es posible visualizar los modelos, adicionalmente en este espacio, trabajan todos los especialistas, ya sean arquitectos, ingenieros y constructores. El éxito está en los ciclos cortos de comunicación, un flujo eficiente de información y la eliminación de baches que afectan negativamente los procesos de diseño (Sacks, Korb, et al., 2018, p. 188)

### **.2.2.2.3. Entorno Común de Datos (CDE)**

El entorno común de datos también conocido como CDE por sus siglas en inglés (*Common Data Environment*), permite almacenar y coordinar la información en un espacio virtual (Ilustración 3) Idealmente la información debería estar al alcance de los involucrados en el proyecto. Los CDE, servidores BIM, o repositorios BIM, son espacios virtuales que permiten almacenar la información y de acuerdo con su nivel de complejidad pueden ser desde un servidor de datos hasta una plataforma basada en la nube con múltiples visores, trazabilidad de la información y permisos según el usuario que va a interactuar con la información. (Eseverri, 2020)

### **.2.2.3. Estándares BIM**

Los dueños o promotores de proyectos ya sean públicos o privados cada vez más solicitan que sus proyectos sean BIM. (Sacks, Eastman, et al., 2018, p. 341). Fabian Calcagno, (2021) hace una comparación en donde las estrellas del cielo son herramientas BIM y todo lo negro del espacio sería el propio proceso BIM, y concluye que usar una herramienta sin los respectivos estándares no convierte un proyecto tradicional en un proyecto BIM. Para que un proyecto BIM pueda existir se deben seguir protocolos como mandatos nacionales o políticas internas de la compañía que permitan una producción de información con la calidad necesaria para cumplir los objetivos. Estos estándares y mandatos se constituyen en una guía, que indica la forma como se organiza y comparte la información, el proceso de modelación con base en la construcción y posteriormente el proceso de contratar en obra.

#### **.2.2.3.1. Open BIM y Building Smart.**

Autores como (Gallaher et al., 2004 en Sacks, Eastman, et al., 2018); (Gomez et al., 2016); (Hwang et al., 2020); (Liu et al., 2021) han señalado que la interoperabilidad constituye una barrera para una correcta adopción de BIM. Con la finalidad de dar una respuesta a este problema *Building*

*Smart* ha diseñado un formato IFC (*Industry Foundation Classes*) que garantiza la interoperabilidad entre herramientas BIM para superar esta barrera. Bajo esta visión de una interoperabilidad independiente de la herramienta usada nace *Open BIM* el cual, se describe como el futuro de la colaboración AECO (Graphisoft, s. f.-a). Dentro de la visión *Open BIM* se reconocen 6 principios: Interoperabilidad, Estándares abiertos, Confiabilidad de la información, Colaboración entre *Stakeholders*, Flexibilidad al momento de escoger la herramienta y Sostenibilidad (building SMART International, 2020).

#### **.2.2.3.2. Normas ISO**

ISO o en español la Organización Internacional de Normalización es una entidad que se encarga de crear estándares para su aplicación mundial. ISO emitió las partes 1 y 2 de la norma ISO 19650 en el 2018 y en el 2020 los capítulos 3 y 5. En esta norma se detalla la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de una construcción utilizando BIM (BSI group, s. f.); en otras palabras, es un estándar que busca dar respuesta al intercambio de información (entendiendo que BIM no solo son modelos tridimensionales) entre actores que estén involucrados en el desarrollo de proyectos ya sea en su construcción y operación por medio de BIM. En el ámbito nacional, es de resaltar que Icontec tradujo el estándar y lo publicó bajo el nombre NCT -1650.

Adicionalmente en BIM también existen estándares más antiguos como la ISO 12006 la cual se encarga de brindar un marco para la clasificación de entornos construidos (ISO, 2015); este tipo de estándares, son equiparables a *Omnniclas* y *Uniclass*, siendo estos, sistemas de clasificación que se encargan de organizar la información constructiva siguiendo parámetros como forma o función.

#### **.2.2.3.3. Plan de ejecución BIM, BEP o PEB**

El PEB o Plan de Ejecución BIM, es el mandato que debe seguir el proyecto para su correcto desarrollo. En este documento se reflejan los tres pilares de BIM, La universidad de Pensilvania a través del *Computer Integrated Research Group* desde el 2009 ha publicado un modelo, en el que se deben reflejar los objetivos del proyecto para así asignarles un uso BIM (entendiendo este último como la información que se necesita para cumplir el objetivo), el LOD según la fase del proyecto, y finalmente bajo que estándares se va a producir, compartir y almacenar la información. Cada organización puede crear su BEP, pero autores como Sacks, Eastman, et al (2018) establece que deben cumplir 3 condiciones; 1) Ser claro evitando ambigüedades donde los requerimientos deben estar definidos; 2) Pensar en todo el ciclo de vida del proyecto; 3) Uso de estándares de fácil acceso que se ajusten a los objetivos del proyecto.

#### **.2.2.3.4. Virtual Design Construction VDC**

VDC (*Virtual Design Construction*) es un marco de gestión de proyectos donde se identifican los objetivos del proyecto para alinear los esfuerzos hacia ese objetivo. VDC al igual que BIM y sostenibilidad se basa en 3 componentes: 1) Modelos BIM en conjunto con modelos de otras disciplinas; 2) Un marco de gestión de procesos PPM (*Project Production Management*) el cual consiste en diseñar los procesos de producción ya sea para diseño o la construcción del producto ; y 3) “ICE” (*Integrate Concurring Engineering*), que corresponde a la forma de

organización del equipo de trabajo (Fernandez, 2021) y permite aumentar la eficiencia del equipo (Aslam et al., 2021), a través de un mayor involucramiento de *Stakeholders* y una mejor fiabilidad de flujos de trabajo propios del sector AEC (Sacks, Korb, et al., 2018), con el fin de cumplir los objetivos del proyecto y de los clientes.

### **.2.3. Referentes a nivel Mundial**

BIM ha sido ampliamente adoptado en el mundo, *Building Smart* categoriza en 4 grupos el uso de BIM; 1) Uso obligatorio en proyectos Públicos; 2) Uso Obligatorio previsto en proyectos públicos; 3) Uso habitual de BIM; 4) Uso incipiente de BIM. A manera ilustrativa es posible mencionar que en el primer grupo se encuentran países como Reino Unido, Suecia, Noruega y Finlandia, donde los gobiernos dictan mandatos BIM para acelerar la adopción y conocimiento de este Sachs (2018). Particularmente, **Reino Unido**, logró reducir significativamente el desconocimiento BIM, pasando el 43% de 2011 a tan solo 3% en 2012, una vez publicados los mandatos BIM del 2012. Un comportamiento similar se puede observar en **Corea del Sur** donde dos años después de publicados los mandatos el desconocimiento de BIM se redujo al 3%.

Ahora bien, replicando las iniciativas de los gobiernos que han publicado mandatos BIM, existen agencias gubernamentales como *United States Army Corps of Engineers* (USACE) que crean guías metodológicas (BIM guide,2006) la cuales son replicadas y adaptadas para su implementación. Es así como en el 2013 el 100% de los proyectos del gobierno de **Estado Unidos** involucró BIM (Pan and Wang, 2017 en Huang et al., 2021, p. 2). Otro ejemplo es **Singapur** que ha alcanzado un 50% de adopción en sus proyectos hasta el punto en que estos deben ser entregados de forma electrónica. (Othman et al., 2021). Dentro de la región, **Chile** en el 2016 lanzó plan BIM como iniciativa estatal con una visión de adopción de la tecnología a 10 años donde al 2020 se empezaría a incorporar en proyectos públicos y en 2025 en el sector privado (Plan BIM, 2016). **Perú** desde el 2019 con el decreto supremo para regular BIM también creó una visión a 10 años para la implementación de BIM en el sector público (Ministerio de economía y finanzas del Perú, 2019). **Brasil** es el líder en la implementación de BIM en la región, ya que desde enero de 2021 todas las construcciones públicas deben ser desarrolladas bajo BIM. No obstante, la adopción BIM no solo depende de los gobiernos. Sachs (2018, p 355) ilustra que la academia ha empezado a implementar clases y programas para fomentar que más profesionales puedan hacer frente al cambio de paradigma que BIM representa.

### **.2.4. Colombia**

Colombia a la par de la región latinoamericana ha hecho esfuerzos para migrar hacia BIM, teniendo como meta que para el 2026 todos los proyectos públicos sean realizados bajo esta tecnología, (Camacol, 2020). Desde la empresa privada, también han existido iniciativas como el BIM Fórum Colombia, en el cual, se han publicado guías y estándares para ayudar a la adopción de BIM sin importar qué tipo de actor sea. En el 2021 bajo el marco del BIMCO 2021, el Gobierno Nacional lanzó la página web [bim.presidencia.gov.co](http://bim.presidencia.gov.co) con el objetivo de divulgar la ruta de adopción y poner a disposición del público recursos como lo son estándares avalados por Icontec.

### **.3. Gerencia de Proyectos**

#### **.3.1. Reseña histórica**

Los proyectos tienen como finalidad satisfacer una necesidad humana. Como lo dice (García et al, 2018) los esquemas de gerencia de proyectos están asociados con tantas necesidades de la humanidad como se quieran satisfacer. El PMI (2016) define como proyecto un esfuerzo temporal para producir un único producto, servicio o resultado. Bajo esta definición de satisfacer necesidades, diseñando actividades para producir “algo” único, es posible remontar el “inicio” de la gerencia de proyectos a la era egipcia (Hoon Kwak,2003), o incluso en épocas mesopotámicas (Morris, 2011). Sin embargo, La gerencia de proyectos como disciplina ha sido una construcción gracias a los avances que ha tenido la sociedad. Seymour & Hussein, 2014 narran como Henry Fayol, ingeniero francés en la compañía más grande en la industria metalúrgica en la Francia del siglo XX y empresa clave en la carrera armamentística de la primera guerra mundial, en ejercicio de su actividad profesional identificó 5 funciones de los gerentes (planear, organizar, dirigir, coordinar, y controlar). Ahora bien, Henry Gantt (reconocido por desarrollar el diagrama de Gantt) realizó una gran contribución a la gerencia de proyectos moderna, puesto que logró reconocer los beneficios de desglosar grandes proyectos en tareas pequeñas y manejables, el uso de su diagrama se hizo ampliamente aceptado después de ser empleado en la primera guerra mundial y la presa Hoover (Seymour & Hussein, 2014).

La siguiente gran etapa de la gerencia de proyectos comienza en 1953 con la acuñación del término en el sector aeroespacial de EE. UU. (Johnson 2002, en Morris, 2011). Posteriormente en 1958 el desarrollo de CPM/PERT se puede “plantear” como el inicio de la gerencia moderna de proyectos. PERT inicia gracias a la industria armamentística de EE. UU. desarrollada para el proyecto Polaris (Seymour & Hussein, 2014). En paralelo la empresa E.I du Pont de Nemours crea CPM o en español método de ruta crítica, donde la empresa busca estimar con precisión los costos y tiempos que se invierten en el desarrollo de un proyecto (Morris, 2011). Posteriormente todas estas herramientas se adaptaron paulatinamente en distintas dependencias del gobierno estadounidense hasta llegar a la NASA en el programa Apolo, donde la “administración de proyectos” estuvo en la mirada pública. Para esa época, se crearon asociaciones; por ejemplo, el PMI en 1969, IPMA en 1972 y otras varias desarrolladas en Europa (Morris, 2011). En la década de los 70 la evolución de los computadores para ser hechos en producción en masa facilitó que emergieran varias compañías de gerencia de proyectos de softwares y herramientas (Azzopardi,2014)

El periodo comprendido entre 1980 hasta mitades de la década de los 90, se caracterizó por el avance de las computadoras para el procesamiento de datos (Hoon,2003). En consecuencia, se empezaron a implementar softwares capaces de modelar y procesar datos complejos. Así mismo, los programas de gestión de proyectos se basaban en el modelo de gerencia de proyectos (PROMPT II) que posteriormente evolucionó a PRINCE y PRINCE II (Seymour & Hussein, 2014). En la misma idea de crear modelos de desarrollo en 1986 se crea el enfoque ágil SCRUM que fomenta

el desarrollo de software en tareas y equipos pequeños para alcanzar un objetivo común “en lugar del enfoque tradicional” (Takeuchi & Nonaka, 1986). El año siguiente (1987) el PMI publica la segunda edición del PMBOK (Morris 2011). Finalmente, cerrando esta era en 1994 *the Standinsh Group* publicó el reporte CHAOS, que consistió en la recopilación de datos con la finalidad de hacer a la industria TI más exitosa mediante el reconocer y divulgar los entregables y los entornos en los que se ejecutaban los proyectos.

En la década de los 90 y principios del siglo XXI, Morris (2011) identifica que el catalizador en el desarrollo de la disciplina es la tecnología, un ejemplo es el lanzamiento de MS Project software que permite un incremento de la productividad, así como el lanzamiento de otros tipos de softwares como CAD (CAM Y CAE) o simulaciones 4D. En 1997 se introduce el método de cadena crítica que a diferencia de CPM/PERT, se centra en los recursos requeridos para completar los proyectos en vez de tareas específicas (Leach, 2014). En el nuevo milenio se publica el manifiesto del agilismo, una nueva manera de abordar los desafíos, inicialmente usado en el desarrollo de software (Leffingwell 2007), con este nuevo modelo se abandona el triángulo de hierro y la gestión de requerimientos es desarrollada por una relación cliente - ejecutor en tiempos muy cortos, la gerencia de proyectos se vuelve gerencia de tareas (Morris,2011).

### 3.2. Referentes a nivel mundial

Como se evidencia en el apartado anterior, la gerencia de proyectos es una disciplina que ha estado en constante evolución, esta condición ha traído consigo la profesionalización del recurso humano puesto que la sociedad ha encontrado el valor en esta disciplina. Teniendo en cuenta la evolución que ha tenido la gerencia de proyectos, en la sociedad actual se puede encontrar un amplio número de estándares, publicados por organizaciones, empresas de estandarización y asociaciones en todo el mundo (Montes-Guerra et al., 2013). Durante el desarrollo de la presente investigación, se consultó diversa literatura que expone metodologías, estándares, procesos formativos y buenas prácticas de gerencia de proyectos dentro de las cuales es pertinente mencionar:

Tabla 2. Estándares internacionales en gerencia de proyectos.

ORGANIZACIÓN	ESTANDAR	PAÍS DE ORIGEN
<b>AIPM</b> ( <i>Australian Institute of Project Management</i> )	<i>National Competency Standards for Project Management (NCSPM)</i>	Australia
<b>PMI</b> ( <i>Project Management Institute</i> )	<i>Project Management Body of Knowledge (PMBOK®)</i>	Estados Unidos
<b>PMAJ</b> ( <i>Project Management Association of Japan</i> )	<i>P2M “Program &amp; Project Management for Enterprise Innovation”</i>	Japón
<b>OGC</b> ( <i>Office of Government Commerce United Kingdom</i> )	<i>Projects in Controlled Enviroments (PRINCE2)</i>	Reino Unido
<b>BSI</b> ( <i>British Standards Institution</i> )	BS 6079-1: 2019 <i>Project management. Principles and guidance</i>	Reino Unido
<b>APM</b> ( <i>Association for Project Management</i> )	<i>APM Body of Knowledge</i>	Reino Unido



<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>ESTANDAR</b>	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>
<b>ECITIB</b> ( <i>Engineering Construction Industry Training Board</i> )	ECITIB ( <i>Engineering Construction Industry Training Board</i> )	Reino Unido
<b>SAQA</b> ( <i>South African Qualifications Authority</i> )	SAQA ( <i>South African Qualifications Authority</i> )	Sudáfrica
<b>IPMA</b> ( <i>International Project Management Association</i> )	<i>Individual Competence Baseline (ICB4)</i>	Suiza
<b>ISO</b> ( <i>International Organization for Standardization</i> )	ISO 21502:2020 <i>Project, programme and portfolio management — Guidance on project management</i>	Suiza

**Fuente:** (Montes-Guerra et al., 2013).

Ahora bien, es importante resaltar que de los estándares listados en la Tabla 2 son los mayormente mencionados en la literatura y estudiados por las siguientes directrices: PMBOK e ISO 21502 (Orientados a proyectos), IBC (Orientado a personas) y PRINCE2 (Orientado en organizaciones); estos estándares, representan la estructura principal del cuerpo de conocimiento de la gerencia de proyectos (Montes-Guerra et al., 2013); por esta razón, a continuación, se compara su estructura:

Tabla 3. Comparación de los estándares de gerencia de proyectos más mencionados en la literatura

Organización	PMI		ISO	IPMA	OGC
<b>Estándar</b>	<i>Project Management Body of Knowledge / 6ta Edición.</i>	<i>Project Management Body of Knowledge / 7ma Edición.</i>	ISO 21502:2020 <i>Project, programme and portfolio management — Guidance on project management</i>	<i>Individual Competence Baseline (ICB4)</i>	<i>Projects in Controlled Environments (PRINCE2)</i>
<b>Enfoque</b>	Buenas Prácticas	Resultados y entregables	Calidad	Efectividad	Ciclo de vida
<b>Estructura</b>	<p>Grupos de procesos (5):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciación</li> <li>- Planeación</li> <li>- Ejecución</li> <li>- Monitoreo y Control</li> <li>- Cierre</li> </ul> <p>Áreas de Conocimiento (10):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración</li> <li>- Alcance</li> <li>- Cronograma</li> <li>- Costos</li> <li>- Calidad</li> <li>- Recursos</li> <li>- Comunicación</li> <li>- Riesgos</li> <li>- Adquisiciones</li> <li>- Interesados</li> </ul>	<p>Principios (12):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestar atención-cuidado</li> <li>- Equipo</li> <li>- Partes interesadas</li> <li>- Valor</li> <li>- Pensamiento holístico</li> <li>- Liderazgo</li> <li>- Adaptación</li> <li>- Calidad</li> <li>- Complejidad</li> <li>- Oportunidades y amenazas</li> <li>- Adaptabilidad y resiliencia</li> <li>- Gestión de cambios</li> </ul> <p>Dominios (8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos</li> <li>- Partes Interesadas</li> <li>- Ciclo de vida</li> <li>- Planificación</li> <li>- Navegando entre incertidumbre y ambigüedad</li> <li>- Entrega</li> <li>- Desempeño</li> <li>- Trabajo de proyecto</li> <li>- Tailoring</li> </ul>	<p>Prácticas integradas de gestión de proyectos (8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividades previas al proyecto</li> <li>- Supervisar un proyecto</li> <li>- Dirigir un proyecto</li> <li>- Iniciar un proyecto</li> <li>- Controlar un proyecto</li> <li>- Gestionar la entrega</li> <li>- Cerrar o terminar un proyecto</li> <li>- Actividades posteriores al proyecto</li> </ul> <p>Prácticas de gestión para un proyecto (17):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planeación</li> <li>- Beneficios</li> <li>- Alcance</li> <li>- Recursos</li> <li>- Cronograma</li> <li>- Costos</li> <li>- Riesgos</li> <li>- Issues</li> <li>- Control de cambios</li> <li>- Calidad</li> <li>- Interesados</li> <li>- Comunicación</li> <li>- Cambios organizacionales y sociales</li> <li>- Informes</li> <li>- Información y documentación</li> <li>- Adquisiciones</li> <li>- Lecciones aprendidas</li> </ul>	<p><b>Competencia de perspectiva:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrategia</li> <li>- Gobernanza, estructura y procesos</li> <li>- Cumplimiento, estándares y regulaciones</li> <li>- Poder e interés</li> <li>- Cultura y valores</li> </ul> <p><b>Competencias personales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autorreflexión y autogestión.</li> <li>- Integridad personal y fiabilidad.</li> <li>- Comunicación persona</li> <li>- Relaciones y participación</li> <li>- Liderazgo</li> <li>- Trabajo en equipo</li> <li>- Conflictos y crisis</li> <li>- Ingenio</li> <li>- Negociación</li> <li>- Orientación a resultados</li> </ul> <p><b>Competencias de práctica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño del proyecto.</li> <li>- Requisitos objetivos y beneficios</li> <li>- Alcance</li> <li>- Tiempo</li> <li>- Organización e información</li> <li>- Calidad</li> <li>- Finanzas</li> <li>- Recursos</li> <li>- Aprovisionamiento y asociación</li> <li>- Planificación y control</li> <li>- Riesgo y oportunidad</li> <li>- Partes interesadas</li> <li>- Cambio y transformación</li> <li>- Seleccionar y equilibrar</li> </ul>	<p>Procesos (7):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puesta en marcha del proyecto</li> <li>- Inicio del proyecto</li> <li>- Dirección del proyecto</li> <li>- Control de fase del proyecto</li> <li>- Gestión de la entrega de productos</li> <li>- Gestión de los límites de fase</li> <li>- Cierre del proyecto</li> </ul> <p>Principios (7):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Justificación comercial continua del proyecto</li> <li>- Aprender de la experiencia</li> <li>- Roles y responsabilidades</li> <li>- Gestión del proyecto por fases</li> <li>- Gestión por excepción</li> <li>- Enfoque hacia la entrega de productos</li> <li>- Adaptación al cambio</li> </ul> <p>Temáticas o áreas de conocimiento (7):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Business Case</li> <li>- Organización</li> <li>- Calidad</li> <li>- Cambio</li> <li>- Riesgos</li> <li>- Progreso</li> <li>- Planes</li> </ul>
<b>Ciclo de vida del proyecto</b>	El ciclo de vida del proyecto debe conectar las fases con la entrega de valor al negocio y al interesado de la inicial al fin del proyecto, por consiguiente, se pueden presentar ciclos de vida predictivos, adaptativos y con desarrollos incrementales.		La composición del ciclo de vida debe contener diversas fases y puntos de decisión o puertas entre las fases. La composición final del ciclo de vida se define por la necesidad de un proyecto, influenciada por su entorno y el contexto.	La estructura y enfoque del ciclo de vida del proyecto debe ser elegido, repensado y desafiado regularmente a medida que las circunstancias cambian tanto desde el interior del proyecto como desde el contexto de este. En este proceso se ven involucradas las competencias de práctica de diseño, tiempo y planificación y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-Proyecto</li> <li>- Inicio</li> <li>- Próxima fase o fases siguientes a la fase de inicio</li> <li>- Entrega final</li> </ul>

**Fuente:** (Moreno Monsalve, Sánchez , & Velosa García, 2018), (ISO 21502, 2020), (Global Trust Association, 2021), (Velez, Zapata, & Henao, 2018), (Global Project Management, 2021), (IPMA, 2018), (HMD, s.f.) (Turley, s.f.).

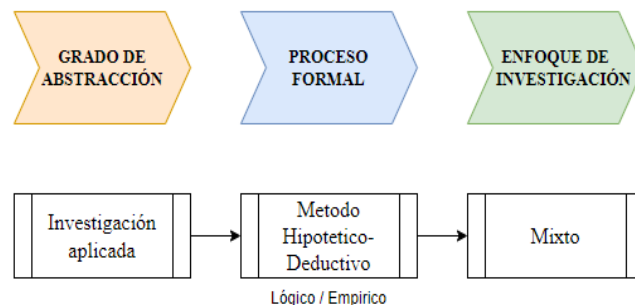
## 9. Metodología del trabajo de investigación

En este capítulo se describe el diseño, las etapas y los instrumentos de indagación empleados durante el desarrollo de la investigación propuesta.

### .1. Tipo de investigación

Para el desarrollo de la guía metodológica, se realiza una investigación aplicada, cuyo objetivo principal es la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo (Lozada, 2014); con el fin de contribuir en la solución al eje principal del problema identificado: Baja productividad del sector construcción en Colombia. En este sentido, se hace uso de la literatura existente en las áreas de: gerencia de proyectos, sostenibilidad y construcciones sostenibles y BIM; junto con el análisis de casos particulares, a partir de una muestra probabilística no representativa, cuyos resultados permiten generar conclusiones de carácter general y formular suposiciones, es decir, se realiza una investigación de tipo hipotético deductivo con un enfoque mixto, lo cual comprende la: “generación de hipótesis a partir de dos premisas, una universal (leyes y teorías científicas, denominada: enunciado nomológico) y otra empírica (denominada enunciado entimemático, que sería el hecho observable que genera el problema y motiva la indagación), para llevarla a la contrastación empírica” (Popper, 2008 citado en Sánchez Flores, 2019).

Ilustración 6. Tipo de investigación del trabajo de grado



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se parte de premisas generales, producto de la observación de proyectos exitosos y del estado del sector colombiano de la construcción en las áreas de análisis (construcción de edificaciones sostenibles, gerencia de proyectos y BIM), para llegar a conclusiones particulares acerca de cómo BIM puede mejorar la gerencia de proyectos de edificaciones sostenibles en Colombia. A su vez, la investigación arroja resultados cualitativos y cuantitativos que serán analizados, con el fin de ser sintetizados en la publicación de la guía metodológica objeto de esta investigación, una vez esta haya sido validada por expertos.

### .2. Diseño de la investigación

La ejecución de la presente investigación se rige bajo las siguientes fases;

Tabla 4. Fases de la investigación del trabajo de grado

FASE	OBJETIVO ESPECIFICO	PROCEDIMEINTO METODOLOGICO	ACTIVIDADES	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
<b>FASE 1: Revisión de literatura</b>	Realizar una revisión bibliográfica sobre los tres pilares de la propuesta de esta investigación: construcciones de edificaciones sostenibles y su ciclo de vida; gerencia de proyectos en la etapa de planeación, monitoreo y control para construcciones sostenibles y BIM.	Esta fase consiste en identificar los antecedentes, habilidades técnicas, métodos de innovación y prácticas gerenciales aplicables a proyectos de construcción de edificaciones sostenibles, por consiguiente, esta fase está caracterizada por la búsqueda y clasificación de información secundaria de plataformas digitales	-Definir criterios de búsqueda (plataformas, tipos de documentos, fuentes, palabras clave) -Buscar información y/o documentos relacionados con las temáticas de la investigación. -Clasificación y almacenamiento de documentos de acuerdo con la temática	-Plataformas digitales (bases de datos, revistas, artículos, entre otros) académicas y del sector construcción en Colombia.
<b>FASE 2: Análisis de la industria de la construcción colombiana en proyectos de construcción de edificaciones sostenibles</b>	Identificar la metodología y flujos de trabajo en la gerencia de proyectos del sector de la construcción orientada a edificaciones sostenibles en Colombia.	En esta fase se realiza el análisis de la industria de la construcción colombiana en cuanto a proyectos de edificaciones sostenibles bajo un esquema probabilístico con una muestra no representativa. Examinando la capacidad de integración de los criterios de sostenibilidad e innovación tecnológica en la planeación, monitoreo y control de proyectos de construcción de edificaciones en Colombia.	-Diseñar la estructura de las entrevistas y encuestas dirigidas a expertos y profesionales de las áreas involucradas en la investigación. -Realizar entrevistas a expertos -Realizar encuestas a profesionales y empresas de los sectores involucrados.	-Entrevistas -Encuestas
<b>FASE 3: Análisis de información</b>		En esta fase se realiza el análisis de la información obtenida en las dos fases previas, para obtener hallazgos y conclusiones que establezcan las bases para la integración de: el ciclo de vida de las edificaciones sostenibles, los criterios de sostenibilidad y BIM como innovación tecnológica en el sector colombiano de la construcción.	-Identificar los factores comunes en cuanto a procedimientos, conceptos técnicos y buenas prácticas de los sectores involucrados en la investigación. -Establecer un sistema de síntesis e integración de la información recopilada	-Resultados de las entrevistas y encuestas realizadas -Estructura para la integración de información -Marco de referencia teórico de la investigación.
<b>FASE 4: Elaboración de la guía metodológica</b>	Elaborar una guía metodológica para gerentes de proyectos que sea utilizado como herramienta para integrar los modelos de gerencia de proyectos con BIM para edificaciones sostenibles.	En esta fase se lleva a cabo la definición y desarrollo de la estructura y el contenido de la guía metodológica, con la finalidad de que el gerente de proyectos sea capaz de utilizar dicha guía como una herramienta para integrar los modelos de gerencia de proyectos con BIM en proyectos de edificaciones sostenibles.	-Establecer y diseñar los componentes temáticos de la guía metodológica - Descripción del contexto, procesos y procedimientos del ciclo de vida de los proyectos de edificaciones sostenibles y su integración con la gerencia de proyectos y BIM.	-Plataformas digitales (bases de datos, revistas, artículos, entre otros) académicas y del sector construcción en Colombia. -Información consolidada de hallazgos y conclusiones
<b>FASE 5: Verificación de la guía metodológica</b>	Verificar el alcance de la guía metodológica por medio de la evaluación y juicio de expertos del sector de la construcción en Colombia para edificaciones sostenibles.	En esta fase se somete la guía metodológica a una revisión por parte de expertos mediante la evaluación y juicio de estos sobre la precisión técnica, el contenido, alcance y facilidad de aplicación de la guía metodológica	-Búsqueda de expertos de interés. -Diseñar y realizar entrevistas a expertos con base en la guía metodológica. -Modificación de la guía con base a los comentarios relevantes recibidos por parte de expertos	-Evaluación de expertos -Guía metodológica completa en cuanto a alcance y contenido

Fuente: Elaboración propia

### .3. Desarrollo de la investigación

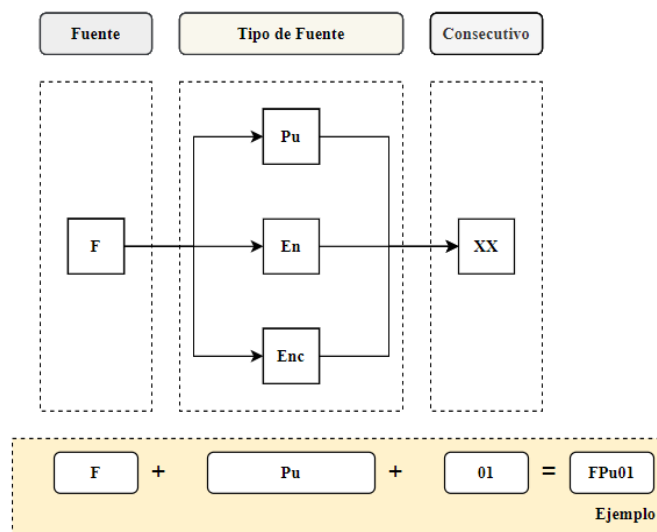
A continuación, se presenta el sistema de codificación empleado para el análisis de la información obtenida en la investigación y las fuentes consultadas para cada uno de los temas involucrados en la misma.

#### .3.1. Sistema de codificación de la información

Cada fuente de información empleada en el desarrollo de la investigación recibe una codificación conformada por:

- Una letra, en este caso (F) que identifica la fuente
- Una abreviatura de la fuente de información empleada:
  - (Pu) para publicaciones
  - (En) para entrevistas
  - (Enc) para encuestas
- Un número ordinal para identificar el consecutivo correspondiente.

Ilustración 7. Sistema de codificación de la información empleada en el desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

#### .3.2. Publicaciones académicas

Los tres temas de estudio han sido ampliamente documentados desde la academia; para obtener hallazgos se consultaron libros y publicaciones académicas. Estas últimas, fueron obtenidas en la base de datos Scopus con los siguientes criterios de búsqueda.

- *BIM and Project management*
- *BIM and Sustainability*
- *Project management and Sustainability*
- *BIM and Project management and Sustainability*

Como criterio de selección se utiliza el contenido y argumentos del *abstract* que tienen el potencial de contribuir en la identificación de hallazgos para el desarrollo de la guía metodológica. En la Tabla 5 se presentan las fuentes seleccionadas.

Tabla 5. Publicaciones académicas empleadas en el desarrollo de la investigación

<b>Código</b>	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Medio en el que se publicó o editorial</b>	<b>Año</b>
FPu01	Rafael Sacks, Chuck Eastman, Ghang Lee, Paul Teicholz	<i>BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd Edition</i>	WILEY	2018
FPu02	Charles J. Kibert	<i>Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, 4th Edition</i>	WILEY	2016
FPu03	Rafael Sacks, Samuel Korb, Ronen Barak	<i>Building Lean, Building BIM Improving Construction, the Tidhar Way</i>	Routledge	2017
FPu04	Martin Fischer, Howard W. Ashcraft, Dean Reed, Atul Khanzode	<i>Integrating Project Delivery</i>	WILEY	2017
FPu05	Lennart Andersson, Kyla Farrell, Oleg Moshkovich, Cheryle Cranbourne	<i>Implementing Virtual Design and Construction using BIM Current and future practices</i>	Routledge	2016
FPu06	Jorge García Reyes, Diego Echeverry Campos Harrison Mesa Hernández	Gerencia de proyectos. Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones	Ediciones Uniandes	2018
FPu07	A. Enshassi H. Al Ghoul S. AlKilani	Exploración de los factores de desarrollo sostenible durante las fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción	Revista Ingeniería de Construcción RIC	2017
FPu08	Laurie Spitler Tom Feliz Nathan Wood Rafael Sacks	<i>Constructible BIM elements a root cause analysis of work plan failures</i>	<i>The International Group for Lean Construction</i>	2015
FPu09	Beijia Huang Jinming Lei Fumin Ren Yanxi Chen Quanze Zhao Shenhao Li Yang Lin	<i>Contribution and obstacle analysis of applying BIM in promoting green buildings</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2020
FPu10	Mahmoud Ershadi Fatemeh Goodarzi	<i>Core capabilities for achieving sustainable construction project management</i>	<i>Sustainable Production and Consumption</i>	2021

<b>Código</b>	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Medio en el que se publicó o editorial</b>	<b>Año</b>
FPu11	Danijela Toljaga-Nikolic Marija Todorovic Marina Dobrota Tijana Obradovic Vladimir Obradovic	<i>Project Management and Sustainability: Playing Trick or Treat with the Planet</i>	<i>MDPI Sustainability</i>	2020
FPu12	Natalie Ewin Jo Luck Ritesh Chugh Jacqueline Jarvis	<i>Rethinking Project Management Education: A Humanistic Approach based on Design Thinking</i>	<i>Procedia Computer Science</i>	2017
FPu13	Moshood Olawale Fadeyi	<i>The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value</i>	<i>International Journal of Sustainable Built Environment</i>	2017
FPu14	Ziwen Liu Yujie Lu Meng Shen Lu Chang Peh	<i>Transition from building information modeling (BIM) to integrated digital delivery (IDD) in sustainable building management: A knowledge discovery approach-based review</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2020

**Fuente:** Elaboración propia

### .3.3. Entrevistas

Mediante este mecanismo cualitativo de recopilación de información se busca entender la sinergia entre BIM y la industria colombiana de la construcción. Para cumplir con el objetivo de las entrevistas, se entrevistó a 7 expertos en la aplicación de la metodología BIM en sus respectivas empresas ya sea en la etapa de diseño o de construcción. Las entrevistas se realizaron por medio de la plataforma *Teams* y con previa autorización de los entrevistados se grabó cada entrevista, las entrevistas contaron con un tiempo de ejecución promedio de 1 hora y 20 minutos y un cuestionario de 18 preguntas base orientadas en el contexto de edificaciones sostenibles y la integración de BIM con los grupos de procesos de planeación y control, haciendo énfasis en las siguientes áreas de conocimiento: integración, interesados, alcance, recursos, riesgos, calidad y comunicaciones. El Anexo 1 contiene la transcripción de las entrevistas realizadas a cada uno de los siguientes expertos:

*Tabla 6. Perfil de profesionales entrevistados.*

<b>Código</b>	<b>Entrevistado</b>	<b>Perfil del entrevistado</b>
FEn01	Luis Fernando Fonseca Jiménez	Arquitecto, BIM coordinator con experiencia en implementación BIM en obra responsable de la ejecución y seguimiento de modelos As Built obra CTIC
FEn02	Jhonatan García	Arquitecto e ingeniero Civil – Universidad de los Andes con experiencia en desarrollo de edificaciones sostenibles bajo metodología BIM y certificación sostenible LEED.
FEn03	Ana María López Rovira	Ingeniera civil – Universidad Javeriana con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED

FEn04	Juan Sebastián Murcia Plaza	Ingeniero civil – Universidad Javeriana con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED
FEn05	Jorge Eliecer Romero Oyuela	Ingeniero civil – Universidad De los Andes con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED
FEn06	Juan Hurtado	Ingeniero mecánico – Universidad Nacional de Colombia con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación bajo metodología BIM y verificación LEED, miembro de BIM Fórum Colombia y experto en Virtual Design Construction
Fen07	Nicolás Sarmiento	Arquitecto especialista en sostenibilidad con experiencia en coordinación técnica de proyectos bajo metodología BIM

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Encuestas

Después de recopilar la información por parte de los expertos, se procede a crear un cuestionario, dirigido como se indica en la metodología de investigación a una muestra probabilística no representativa y enfocado en validar los hallazgos obtenidos de los entrevistados. El cuestionario aplicado se compuso de 22 preguntas, el público objetivo de la encuesta son profesionales que aplican BIM, y tienen conocimientos en gerencia de proyectos de construcciones sostenibles. Se hicieron dos envíos masivos de correo a 400 profesionales, de los cuales, se obtuvieron 108 respuestas que se encuentran analizadas y documentadas en el Anexo 2.

### 4.3.5 Juicio de expertos

Después de haber obtenido los hallazgos, formulado las conclusiones y recomendaciones se realiza una primera versión de la guía metodológica, la cual se le envía a 2 expertos para que verifiquen la concordancia respecto a BIM y los flujos de trabajo de la tecnología, y su integración con el marco de desarrollo de proyectos propuesto por el PMI. Los expertos fueron seleccionados según la experiencia profesional en las áreas de proyectos y tecnologías para la gestión de estos, en la Tabla 7 se presenta el perfil de los expertos que verificaron el documento.

Tabla 7. Perfil de los expertos que realizaron la validación.

Profesional	Perfil
José Arturo Rodríguez	Ingeniero de sistemas, posgrado en ingeniería de sistemas y computación. Certificado internacionalmente por el Project Management Institute como PMP®, PMI-ACP®, PMI-PBA®, PMI-RMP®. Profesor asistente de la unidad de proyectos de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Más de 30 años de experiencia profesional
Juan Hurtado	Ingeniero mecánico especializado en metodología BIM y transformación digital con experiencia en construcción y coordinación de sistemas técnicos a través del desarrollo de soluciones digitales

Fuente: Elaboración propia



## 9. Resultados de la investigación

En este capítulo se realizará un análisis de la información obtenida, como resultado final se obtienen hallazgos, los cuales, son la base para plantear conclusiones y recomendaciones que finalmente son empleadas como materia prima para definir los componentes de la guía metodológica producto de esta investigación. Sistema de codificación de los Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones de la investigación

Los hallazgos, conclusiones y recomendación obtenidos para el desarrollo de la investigación, se clasifican en función de los dominios propuestos en el PMBOK en su séptima edición, teniendo en cuenta que el PMI (2021) define los dominios como grupos de actividades relacionadas que son críticas para la entrega efectiva de los resultados del proyecto. La codificación está conformada de acuerdo con el siguiente sistema:

Tabla 8. Sistema de codificación para Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones

ESTRUCTURA	1. Letra	2. Número	3. Consecutivo
DESCRIPCIÓN	Indica el tipo de resultado obtenido.	Indica el dominio al que pertenece el resultado obtenido.	Número que indica el consecutivo del resultado obtenido.
CODIFICACIÓN	Con base en el resultado puede ser: (H) para Hallazgos (C) para Conclusiones (R) para Recomendaciones	Se distribuye así: 1 – Stakeholders 2 – Equipo 3 – Enfoque de desarrollo y ciclo de vida 4 – Planeación 5 – Trabajo del proyecto 6 – Entrega 7 – Métricas 8 – Incertidumbre	Numero ordinal correspondiente al consecutivo aplicable, para efectos de representación se simbolizará así: (XX)

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el sistema de codificación propuesto relaciona cada resultado de la investigación con un dominio del PMBOK a continuación se describe el criterio de clasificación empleado para el análisis de los hallazgos, conclusiones y recomendaciones identificadas y formuladas.

Tabla 9. Criterios de clasificación para el análisis de los Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones

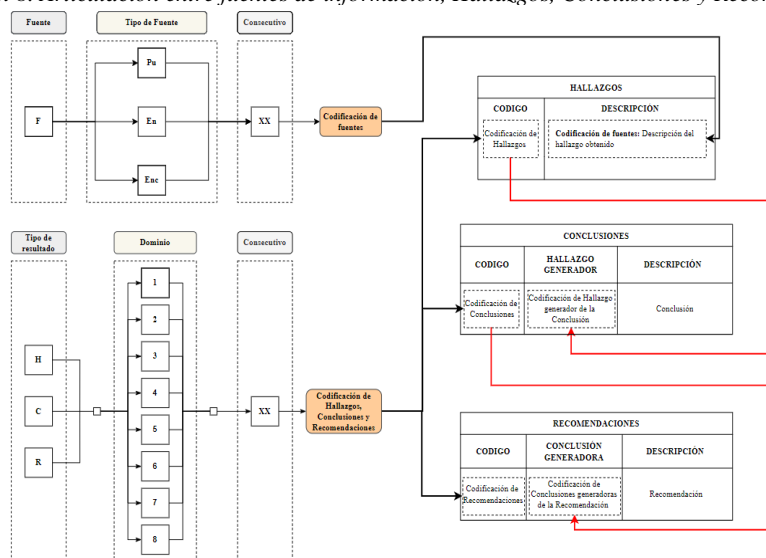
DOMINIO	BREVE DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA		
		HALLAZGOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
Stakeholders	Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con los interesados	H1XX	C1XX	R1XX
Equipo	Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con las personas responsables de producir los entregables del proyecto que hacen realidad los resultados de negocio.	H2XX	C2XX	R2XX

DOMINIO	BREVE DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA		
		HALLAZGOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
Enfoque de desarrollo y ciclo de vida	Aborda las actividades y funciones asociadas con el enfoque de desarrollo, la cadencia y las fases del ciclo de vida del proyecto	H3XX	C3XX	R3XX
Planeación	Aborda las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación iniciales, necesarias para la entrega de los elementos entregables y los resultados del proyecto	H4XX	C4XX	R4XX
Trabajo del proyecto	Aborda las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación iniciales, necesarias para la entrega de los elementos entregables y los resultados del proyecto	H5XX	C5XX	R5XX
Entrega	Aborda las actividades y funciones asociadas con la entrega del alcance y la calidad para cuyo logro se emprendió el proyecto	H6XX	C6XX	R6XX
Métricas	Aborda las actividades y funciones asociadas con la evaluación del desempeño de los proyectos y la adopción de medidas apropiadas para mantener un desempeño aceptable	H7XX	C7XX	R7XX
Incertidumbre	Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con el riesgo y la incertidumbre.	H8XX	C8XX	R8XX

**Fuente:** Elaboración propia – PMBOK séptima edición

La articulación entre las fuentes de información empleadas para la investigación y los hallazgos, conclusiones y recomendaciones generadas una vez analizada la información se realizó como se ilustra a continuación

*Ilustración 8. Articulación entre fuentes de información, Hallazgos, Conclusiones y Recomendaciones*



**Fuente:** Elaboración propia

## 1. Hallazgos de la investigación

A continuación, se presentan la descripción de los hallazgos identificados durante el desarrollo de la investigación, de acuerdo con la estructura expuesta en la Ilustración 8.

Tabla 10. Hallazgos identificados en el desarrollo del trabajo de grado

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
<b>Dominio No. 1</b>	
H101	<b>FPu1 sec 4:</b> Los propietarios han empezado a cambiar los términos contractuales para empezar a exigir el uso del BIM ya que han reconocido las ventajas de esta metodología.
H102	<b>FPu1 sec 8:</b> En BIM no solo debe considerarse la información, también deben involucrarse procesos, personas, y políticas.
H103	<b>FPu4 sec 2.2:</b> Los propietarios de proyectos IPD deben tener estas 5 características: claridad, interacción, compromiso, liderazgo e integridad.
H104	<b>FPu4 sec 5.3:</b> Desde el inicio se deben definir los objetivos del cliente, para ser adoptados como objetivos del equipo del proyecto, para ser reflejados posteriormente en métricas, y procesos internos.
H105	<b>FPu4 sec 7.5:</b> La mejor manera de lograr un edificio de alto rendimiento es crear sinergia de los sistemas técnicos entre los diseñadores y los encargados de la operación y mantenimiento.
H106	<b>FPu4 sec 7.5:</b> La visualización y simulación son mecanismos que conectan la información con los equipos de diseño, adicional permiten que los miembros del equipo evalúen otras perspectivas para entender el rendimiento.
H107	<b>FPu5 pag 77:</b> El éxito de VDC radica en que todos los actores implicados en la construcción se involucren en los procesos de diseño para garantizar el cumplimiento de los objetivos, esto incluye que el propietario tenga participación activa con el fin de obtener gran grado de certeza del producto incluso antes de estar construido.
H108	<b>FPu6 pag 75:</b> Es importante crear una estructura de comunicaciones con los <i>Stakeholders</i> del proyecto.
H109	<b>FPu6 pag 200:</b> Uno de los retos para asegurar la calidad de los proyectos es superar la fragmentación en los flujos de trabajo e información de los proyectos.
H110	<b>FPu7 pag 53:</b> Una industria sostenible exige que sus actores principales asuman un rol de liderazgo en la transformación del sector con el objetivo de reducir los impactos negativos sobre el entorno y las comunidades locales.
H111	<b>FPu10 pag 9:</b> Todos los actores deben involucrarse en el proyecto para lograr los objetivos de sostenibilidad.
H112	<b>FPu11 pag 11:</b> La falta de comunicación junto al decrecimiento del interés por parte del equipo son los mayores retos en la ejecución de un proyecto.
H113	<b>FPu11 pag 12:</b> La gestión de <i>Stakeholders</i> en proyectos sostenibles representa una competencia importante para los gerentes de proyectos.
H114	<b>FPu12 pag 7:</b> Una de las razones de la falla de los proyectos es la pobre relación entre el equipo de proyecto y <i>Stakeholders</i> claves.
H115	<b>FPu13 pag 9:</b> IPD puede ayudar a superar las barreras sociológicas que se presentan en los sistemas de gestión de proyectos tradicionales donde la falta de colaboración está siempre presente.
H116	<b>FPu13 pag 9:</b> BIM puede reducir la fragmentación, pero para que se logre su máximo potencial se necesita un sistema de entrega como IPD el cual implica un cambio sociológico en el sector de la construcción.
H117	<b>Fen02 pag 7:</b> Una construcción sostenible involucra más interacción de <i>Stakeholders</i>
H118	<b>Fen02 pag 9:</b> Un gerente BIM es fundamental en la gerencia del proyecto debido a que su participación influye en la implementación de BIM en las diferentes etapas del proyecto, vigilando

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
	el cumplimiento del plan de ejecución de la metodología según el nivel de implementación que la organización quiere alcanzar.
H120	<b>Fen03 pag 14:</b> En un proyecto no solamente debe haber coordinación entre especialistas, sino que debe existir también un entorno social que implique: presentar el proyecto a las comunidades, revisar las entidades públicas de las cuales se debe tener un aval previo, entre otros aspectos.
H121	<b>Fen03 pag 16:</b> Es muy fácil socializar a un gerente o presidente el desarrollo y evolución del proyecto si la información del mismo se tiene bien consolidada desde la etapa de planificación y está alineada con el modelo Revit.
H122	<b>Fen04 pag 18:</b> Los actores que deben estar involucrados en el desarrollo del BEP son: las áreas de planeación, coordinación, construcción, directores de proyecto y gerencia.
H123	<b>Fen04 pag 18:</b> A algunos <i>Stakeholders</i> como lo son, los dueños, el cliente final y los actores (por ejemplo, el IDU y las otras entidades a las que se les presenta el proyecto ya terminado) no les interesa en que herramienta (BIM, Revit, entre otros softwares) se ha desarrollado el proyecto.
H124	<b>Fen04 pag 18:</b> Uno de los roles que se necesita dentro de un proyecto para ejecutarlo con BIM es el <i>BIM Manager</i> , quien: define que usos tendrá cada herramienta, se encarga de desarrollar y garantizar la funcionalidad de esos usos e informarlo a las otras dependencias.
H125	<b>Fen05 pag 22:</b> Dentro de los <i>Stakeholders</i> principales en un proyecto de construcción sostenible está el inversionista, quien, si está enfocado en el OPEX del proyecto, es el más interesado en tener ahorros en todo el ciclo de vida.
H126	<b>Fen05 pag 23:</b> Desde el inicio todos los proyectos de construcción sostenible deben tener un acompañamiento LEED, el cual sirve, para cimentar sobre bases sólidas el eficiente y óptimo desarrollo de este, por medio de herramientas como asesorías que permiten garantizar que los documentos que se manejen para el proyecto estén conforme a los requerimientos LEED.
H127	<b>Fen05 pag 23:</b> Existen 4 roles BIM claves: 1) <i>BIM Coordinator</i> , 2) <i>BIM Manager</i> , 3) <i>BIM Modeler</i> , 4) <i>Information Manager</i> .
H128	<b>Fen05 pag 24:</b> Los aspectos que debe tener un CDE son: - Que los formatos se puedan reconocer y cuenten con un visor específico para visualizar la información - Control de versionamiento - Que permita comunicación entre las disciplinas y centralización de la información en el CDE.
H129	<b>Fen05 pag 24:</b> Una de las funciones del rol " <i>Information Manager</i> " es identificar cuando se está haciendo algo que no va de acuerdo con el BEP y encender la alarma con respecto a esa situación.
H130	<b>Fen05 pag 27:</b> Es posible utilizar BIM para transmitir información a los clientes o inversores por medio de maquetas 3D, construidas a partir de la información que se genera y modela, esto permite que las personas imaginen el resultado del proyecto y desde el punto de vista comercial (por ejemplo, edificaciones residenciales) se interesen en la adquisición o en el patrocinio del producto del proyecto.
<b>Dominio No. 2</b>	
H201	<b>FPu1 sec 6.5.2:</b> Contar con un espacio físico " <i>Big room</i> " es una excelente manera de lograr una cohesión del equipo gracias a la interacción entre personas. La aplicación de este mecanismo es un reflejo de cómo es una organización integrada en el marco de trabajo IPD.
H202	<b>FPu1 sec 8.5.2:</b> El uso de BIM crea nuevos roles como son <i>BIM Manager</i> , <i>BIM Coordinator</i> y otros técnicos BIM.
H203	<b>FPu2 pag 11:</b> Un sinónimo de construcción verde es edificio de alto desempeño, dónde se trabaja mediante diseño colaborativo y todos sus sistemas están integrados.
H204	<b>FPu2 pag 18:</b> La transparencia es un término asociado a la sostenibilidad, no solo acerca de los recursos consumidos, sino, los impactos que se generan al medio ambiente; la transparencia debe ser por parte de todos los actores.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H205	<b>FPu3 pag 57:</b> IPD es una forma de contratación que impulsa a todos los <i>Stakeholders</i> a colaborar con un arreglo contractual alineado a los intereses comerciales, exige un exhaustivo uso de BIM.
H206	<b>FPu3 pag 57:</b> La Educación del equipo de proyecto y los <i>Stakeholders</i> es la clave para cambiar los paradigmas que están vigentes.
H207	<b>FPu3 pag 78:</b> Algunos términos pueden resultar foráneos para los involucrados, traducir esos términos a unos más asimilables puede resultar más exitoso en la implementación de BIM.
H208	<b>FPu3 pag 276:</b> <i>Last Planner System</i> es un método en donde los integrantes contribuyen en la planificación, generando mayor grado de adherencia al proyecto.
H209	<b>FPu3 pag 318:</b> Las habilidades de los trabajadores puede ser más útiles al momento de innovar porque ellos conocen sus habilidades y sus límites.
H210	<b>FPu4 sec 9.5:</b> Los equipos son la base fundamental de las organizaciones integradas, dado que, bien administrados pueden generar mejores resultados que de manera individual.
H211	<b>FPu4 sec 14.4.3:</b> Los equipos que trabajan en el mismo espacio se comunican mejor que cuando lo hacen de manera virtual.
H212	<b>FPu6 pag 55:</b> Es importante definir la estructura organizacional del proyecto.
H213	<b>FPu11 pag 10:</b> La dimensión social se puede apreciar más en las metodologías ágiles, donde una estrecha cooperación es clave para el éxito del proyecto.
H214	<b>FPu11 pag 11:</b> Las habilidades más importantes para la gerencia de proyectos sostenibles son: comunicación, toma de decisiones, resolución de problemas, liderazgo y trabajo en equipo.
H215	<b>FPu12 pag 6:</b> Se debe educar en las competencias blandas, enfatizando en la colaboración, creatividad, y la resolución de problemas no lineales.
H216	<b>FPu13 pag 8:</b> Hay estudios que indican que la baja productividad de la construcción tiene su causa raíz en la estructura social de la industria de la construcción.
H217	<b>FPu4 sec 14.8:</b> La colocación es fundamental para crear organizaciones integradas, mejorar la creatividad y las relaciones de las personas.
H218	<b>Fen01 pag 3:</b> La conformación de los equipos de trabajo en la etapa de planeación y ejecución de proyectos, conlleva a tener personal más capacitado o con un nivel de profesionalización mayor al convencional para la gestión de la información interna y externa del proyecto.
H219	<b>Fen01 pag 2:</b> Los perfiles, roles e involucramiento en el proyecto de los interesados en el entorno BIM, deben vincularse en la alineación estratégica de la gerencia de proyectos.
H220	<b>Fen01 pag 3:</b> El tipo de software a implementar y el nivel de competencias para manejar nuevas herramientas tecnológicas está en función del alcance de la implementación y gestión del proyecto en cada uno de los roles de los involucrados.
H221	<b>Fen01 pag 6:</b> Una de las limitaciones de la implementación BIM es la falta de contratistas y proveedores que no manejan esta metodología.
H222	<b>Fen02 pag 8:</b> El nivel de competencias en un equipo para afrontar la implementación de una metodología como BIM también va acompañado de la disponibilidad y aceptación al cambio de los equipos de trabajo.
H223	<b>Fen03 pag 13:</b> El " <i>BIM Coordinator</i> " es la mano derecha en cuanto a administración de la información.
H224	<b>Fen03 pag 15:</b> En un equipo BIM la comunicación debe ser totalmente lineal, esto implica que todos deben estar enterados de todos los cambios que se generen sin importar el área en el que estén.
H225	<b>Fen03 pag 16:</b> Las competencias que debe tener un equipo colaborativo son: saber trabajar en equipo, saber escuchar, saber aceptar los problemas que se puedan presentar y estar abierto al cambio.
H226	<b>Fen03 pag 16:</b> BIM360 es una plataforma bastante amable para compartir todos los cambios con los miembros del equipo del proyecto, ya que cada vez que se sube o se modifica información, se puede decidir a quién notificarle.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H227	<b>Fen03 pag 16:</b> Para la comunicación del equipo es importante establecer los flujos de información, notificación o aprobaciones que se requieren, de esta forma siempre va a estar reportado: quién hace el cambio, desde quién nace, a quién se debe distribuir y si se necesita alguna autorización para seguir al siguiente paso.
H228	<b>Fen04 pag 19:</b> La metodología BIM no solo es conocer una herramienta y saber dibujar, el recurso humano debe saber cómo coordinar un proyecto.
H229	<b>Fen04 pag 19:</b> BIM contribuye en la comunicación entre los consultores y el área de coordinación del proyecto ya que permite tener todos los diseños juntos y explicar, analizar y realizar cambios sobre estos.
H230	<b>Fen04 pag 19:</b> Cuando se habla de proyectos de menos de 2000 m2, los equipos de obra no son muy capacitados en BIM, es decir, el personal de obra de estos proyectos es recurso humano que no sabe cómo emplear BIM.
H231	<b>Fen05 pag 22:</b> En términos de sostenibilidad, la dimensión social ha permitido que las personas se preparen un poco más, el entendimiento de la tecnología y su combinación con la parte técnica ha permitido que las nuevas generaciones se enfoquen más en el tema BIM, potencializando la oportunidad de que los roles migren a la parte tecnológica.
H232	<b>Fen05 pag 23:</b> El rol del BIM <i>Coordinator</i> puede ser ocupado por un profesional ingeniero o arquitecto, alineado con el perfil de Coordinador BIM definido por CAMACOL.
H233	<b>Fen05 pag 23:</b> El rol de <i>Information Manager</i> es muy importante debido a que este profesional audita los procesos en los que está basado el trabajo colaborativo, es decir, este rol se encarga de verificar que el trabajo se realice de la forma correcta en cuanto a nomenclatura, flujos de revisión, Versionamiento, entre otros.
H234	<b>Fen05 pag 23:</b> La comunicación entre un BIM <i>Manager</i> y un <i>Information Manager</i> debe ser diaria y contar con la validación con el BIM <i>Coordinator</i> y el BIM <i>Modeler</i> .
H235	<b>Fen05 pag 24:</b> En referencia al entorno común de datos, el equipo de trabajo BIM debe poseer entendimiento en BIM, las normas que rigen en Colombia (por ejemplo la ISO 19650), la estructura de las carpetas de manejo de la información y los procedimientos de cargue de la información.
H236	<b>Fen05 pag 25:</b> En proyectos grandes, se requiere que cada disciplina posea un equipo particular de trabajo con su BIM <i>Modeler</i> y sus roles específicos.
H237	<b>Fen06 pag 28:</b> A nivel Latinoamérica hay muchas fugas de talentos, es decir, no hay profesionales muy capacitados para llevar a cabo los proyectos, siendo una de las causas las malas remuneraciones económicas.
H238	<b>Fen06 pag 29:</b> Hay que entender la construcción como una de las industrias más fragmentadas en comparación con las demás. En un proyecto de infraestructura, ya sea vertical o lineal, los equipos de trabajo son muy fragmentados.
H239	<b>Fen06 pag 30:</b> Es importante involucrar el rol del BIM <i>Coordinator</i> en los proyectos, con el fin de que funcione como un interventor del cumplimiento de los estándares; de igual forma, cada uno de los equipos que hacen aportes al uso BIM de Autoridad de diseño deben contar con un equipo de modeladores calificados.
H240	<b>Fen06 pag 30:</b> Realmente más que agregar recursos a los proyectos o asignar roles lo importante es que el recurso humano se transforme para implementar BIM.
H241	<b>Fen06 pag 37:</b> En Colombia existe un déficit de profesionales BIM bastante grande; la industria cuenta con muy pocos profesionales BIM.
H242	<b>Fen07 pag 40:</b> La comunicación entre los involucrados en el proyecto debe ser clara y dejar en claro a los miembros del equipo el alcance del proyecto y las modificaciones implementadas en tiempo real.
H243	<b>Fenc preg 4:</b> En el contexto nacional, los entrevistados en su mayoría limitan el uso de BIM a los equipos tradicionales como son los diseñadores, los consultores técnicos y constructores; sin

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
	embargo, menos de la mitad (46.3%) tienen en cuenta a proveedores y aún menos a los inversionistas (38.9%).
H244	<b>Fenc preg 9:</b> Para garantizar el cumplimiento del BEP el 72% prioriza la conformación del equipo frente acciones legales como es volverlo un documento contractual (59.3%).
H245	<b>Fenc preg 22:</b> Debido a la dispersión de la información obtenida de los encuestados se concluye que los roles que deberían existir en la industria AECO son relativamente desconocidos en los equipos de trabajo.
<b>Dominio No. 3</b>	
H301	<b>FPu1 sec 5:</b> BIM cambia el paradigma y redistribuye los esfuerzos poniendo más énfasis en el diseño conceptual.
H302	<b>FPu2 pag 10:</b> Existen 7 principios de la construcción sostenible: 1. Reducir el consumo de recursos 2. Reusar recursos 3. Usar recursos reciclables 4. Proteger la naturaleza 5. Eliminar toxinas 6. Aplicar el coste del ciclo de vida 7. Enfocarse en la calidad
H303	<b>FPu2 pag 25:</b> Desde el diseño básico se debe pensar en las implicaciones en el ciclo de vida.
H304	<b>FPu2 pag 90:</b> El diseño sostenible trae beneficios desde los primeros costos, hasta las fases de operación y mantenimiento.
H305	<b>FPu2 pag 418:</b> Usar materiales con una baja huella de carbono es un objetivo dentro de la construcción sostenible, también, se debe pensar en el ciclo de vida de los mismos, para que al final de su ciclo, se puedan reciclar para producir un material con menor huella que el original.
H306	<b>FPu4 sec 4.2.1:</b> Que un edificio sea construible quiere decir que sea de fácil ensamblaje teniendo menos horas en su construcción y menos uso de materiales.
H307	<b>FPu4 sec 4.2.2:</b> Que un edificio sea operable hace referencia a que todos los sistemas trabajan en conjunto y son fáciles de mantener y arreglar.
H308	<b>FPu4 sec 4.2.3:</b> Que un edificio sea usable significa que este soporta los propósitos de la gente que vive, trabaja o lo visita.
H309	<b>FPu4 sec 4.2.4:</b> Sostenible quiere decir que está en armonía con su contexto, natural, social y económico.
H310	<b>FPu4 sec 5.1:</b> Un edificio con alto valor es un edificio que logra su propósito a través de todo el ciclo de vida.
H311	<b>FPu6 pag 34:</b> La gerencia de proyectos tiene 5 áreas funcionales: administrativa, técnica, financiera, legal y comercial.
H312	<b>FPu10 pag 12:</b> Se propone un círculo de gerencia sostenible de proyectos, los autores sugieren que hay dos visiones, la primera está orientada hacia el producto y la segunda hacia la ejecución, en cada visión hay etiquetas que están clasificadas en las 3 dimensiones de la sostenibilidad.
H313	<b>FPu11 pag 12:</b> Los gerentes de proyecto en proyectos sostenibles deben pensar en todo el ciclo de vida.
H314	<b>Fen01 pag 2:</b> La implementación del plan de ejecución en la etapa de planeación y ejecución debe ser contractual y obligatorio para garantizar el éxito de la implementación.
H315	<b>Fen03 pag 16:</b> El monitoreo del cumplimiento del alcance y los objetivos del proyecto se puede realizar comparando las líneas de tiempo entre lo que se tenía proyectado inicialmente y lo que al final pasó en verdad; es muy importante no salirse de la línea base de planeación del proyecto.
H316	<b>Fen04 pag 18:</b> En la etapa de construcción la obra es un “mini BEP” y un “mini proyecto BIM”, es decir, la obra tiene su BIM Manager y todo su manejo BIM aparte, ya que en obra existen razones

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
	de carácter comercial o de otra índole que generan cambios significativos en el desarrollo del proyecto.
H317	<b>Fen04 pag 19:</b> El tema sostenible se enfoca en ver los beneficios a largo plazo, por lo cual debe haber una continuidad en el tiempo de este, con el fin de mirar que lo que se planeó en el diseño se esté cumpliendo.
H318	<b>Fen05 pag 22:</b> Los requerimientos en cuanto a sostenibilidad deben estar desde diseño hasta construcción.
H319	<b>Fen05 pag 26:</b> La unión entre el momento que un modelo pasa de diseño a construcción se realiza con la definición y exigencia de perfiles BIM dentro de la obra y estándares de entrega de la información, de modo que, en obra exista un perfil BIM que pueda dictar los procesos que está generando cada contratista, con la salvedad de que los perfiles BIM deben garantizarse dentro de los contratistas que están en obra.
H320	<b>Fen07 pag 38:</b> Dentro de un proyecto de construcción de edificaciones sostenibles donde se integre BIM, es esencial que: - El proceso de planeación y coordinación se realice con BIM - Estar enmarcado en un proceso de certificación (opcional) - Analizar la selección de materiales a emplear en el proceso de construcción - Realizar seguimiento a las fases de operación y mantenimiento del proyecto con el fin de auditar que en obra se encuentre lo especificado en diseño.
<b>Dominio No. 4</b>	
H401	<b>FPu1 sec 1.2.4:</b> IPD "es un nuevo procedimiento" donde los actores AEC se integran desde la planeación del proyecto, sociedades como AIA y AGC ya han publicado modelos de contratos de este tipo para que sean replicados. Los propietarios deben ser parte activa del equipo desde la planeación, el uso de IPD y BIM rompe con el modelo lineal de producción, el uso de este marco de trabajo junto a BIM debe planearse desde la concepción del proyecto.
H402	<b>FPu3 pag 278:</b> Enfocarse en los procesos es más efectivo que la gestión por resultados, a medida que aumenta la resolución se da paso a un sistema de diseño y producción, las "cajas" de la WBS (wps) se abren y se debe repensar las actividades a fondo.
H403	<b>FPu4 sec 13.7:</b> BIM funciona mejor cuando la información producida se realiza de acuerdo con los estándares establecidos por la gerencia del proyecto.
H404	<b>FPu1 sec 1.3.1:</b> Si bien la productividad en obra es baja, esto puede mejorar con la construcción <i>off-site</i> , es decir uso de prefabricados.
H405	<b>FPu1 sec 5.3.2:</b> El modelado 3D alienta a crear aplicaciones de prefabricación, lo cual genera beneficios como seguridad y trabajo en ambientes controlados, las cuales son más efectivas cuando se tienen en cuenta desde etapas tempranas.
H406	<b>FPu1 sec 8:</b> Se deben aplicar mandatos, <i>roadmaps</i> y estándares para garantizar el éxito.
H407	<b>FPu3 pag 255:</b> Un análisis detallado de la producción (en este caso obra) revela inconsistencias en la manera en que el trabajo es planificado.
H408	<b>FPu3 pag 256:</b> <i>Last planner system</i> es un método de planificación y control donde según la fase del proyecto va a tener un grado de definición de las actividades a realizar, cuando este se combina con BIM puede aumentar la productividad del equipo del proyecto.
H409	<b>FPu3 pag 318:</b> Un gran nivel de detalle en la planeación y pequeños paquetes de trabajo resultan en pequeños problemas con soluciones fáciles.
H410	<b>FPu4 sec 2.16:</b> Entre más complejo es el proyecto, IPD dará mejores resultados para cumplir con los objetivos. En IPD se hace hincapié en el rol que deben tener los propietarios, ya que estos son los que deben liderar el trabajo para resultados excepcionales.
H411	<b>FPu4 sec 6.1:</b> Integrar los sistemas no solo quiere decir que los sistemas estén juntos, sino que desde su diseño se hagan en conjunto.



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H412	<b>FPu4 sec 15.7:</b> En los proyectos tradicionales el cronograma es una imposición del adjudicador, en IPD es un consenso de todo el equipo de trabajo, donde los hitos se convierten en entregables.
H413	<b>FPu4 sec 16.8 - 17.12:</b> Los contratos tradicionales están diseñados para mantener la separación entre actores dentro de la ejecución del proyecto y poder asignar riesgos de forma individual, en IPD los riesgos y la rentabilidad se distribuye en el equipo de trabajo eliminando la segregación tradicional.
H414	<b>FPu5 pag 1:</b> El éxito de VDC no solo depende de la tecnología y las habilidades frente a esta, un equipo multidisciplinar es clave del éxito, donde las lecciones aprendidas sean adoptadas de proyectos pasados.
H415	<b>FPu6 pag 94:</b> El presupuesto del proyecto es distinto al presupuesto de la construcción de la obra.
H416	<b>FPu6 pag 140:</b> Las estructuras organizacional y financiera dan los lineamientos para establecer la estructura legal del proyecto.
H417	<b>FPu6 pag 159:</b> Según en nivel de detalle de la información que se tiene, se puede establecer el tipo de contrato para la ejecución del proyecto.
H418	<b>FPu7 pag 61:</b> Factores a considerar en la fase de diseño; 1) estandarización; 2) selección de los materiales; 3) diseño de la seguridad; 4) diseño modular y estandarizado; 5) consideraciones del ciclo de vida; 6) diseño del ciclo de vida; 7) equipo de diseñadores; 8) diseño ecológico; 9) consideración de la seguridad.
H419	<b>FPu7 pag 62:</b> Factores a consideraren la fase de construcción; 1) Seguridad en la obra; 2) conciencia ciudadana; 3) costo de los materiales; 4) mejora de la infraestructura; 5) legislación; 6) costos salariales; 7) empleo directo; 8) consumo energético; 9) costo del agua; 10) salud y seguridad ocupacional del entorno; 11) elementos reciclables y renovables; 12) salud y seguridad ocupacional de los trabajadores; 13) contenidos reciclables y renovables; 14) condiciones laborales; 15) contaminación acústica.
H420	<b>FPu9 pag 4:</b> Las construcciones verdes son complejas requieren considerar muchos factores que se deben tener en cuenta desde la planeación del proyecto para que estos se simulen y analicen con BIM.
H421	<b>FPu9 pag 5:</b> Aún hay inconsistencia entre los estándares BIM, los softwares y la falta de interoperabilidad de estos; esta situación debe ser tomada en cuenta en los obstáculos al momento de iniciar un proyecto.
H422	<b>FPu11 pag 8:</b> El uso de metodologías en gerencia de proyectos hace que se presenten mejores resultados, para introducir las dimensiones de sostenibilidad se debe explorar como estas dimensiones crean sinergia con las distintas metodologías de gerencia de proyectos.
H423	<b>FPu11 pag 10:</b> La sostenibilidad tiene más influencia en el proceso de planeación seguido por ejecución.
H424	<b>FPu13 pag 7:</b> La adopción de prefabricados mejora la productividad a través del aumento en la efectividad del trabajo en obra.
H425	<b>FPu14 pag 12:</b> El uso de tecnologías BIM permite lograr créditos de la certificación LEED.
H426	<b>Fen01 pag 3:</b> En construcción se tienen los siguientes usos: modelos <i>As built</i> , <i>facility management</i> , simulación y coordinación técnica enfocada a la instalación.
H427	<b>Fen02 pag 10:</b> Se debe tener una metodología sostenible para llevar ese valor agregado al usuario final.
H428	<b>Fen02 pag 8:</b> El plan de ejecución BIM debe estar inmerso en el plan de gerencia.
H429	<b>Fen03 pag 13:</b> La importancia del BEP en la etapa de planificación radica en que permite hacer un diagnóstico del proyecto y revisar cuáles son las estrategias que permitirán subsanar el desarrollo y la implementación del mismo en un proyecto.
H430	<b>Fen03 pag 13:</b> Los requerimientos que se deben lograr para que una edificación sea sostenible básicamente son que los diseños estén integrados para no dejar una huella tan grande de carbono.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H431	<b>Fen03 pag 14:</b> Una edificación es sostenible si el sistema de esta y los diseños técnicos están pensados para que funcionen óptimamente a lo largo de la etapa de operación.
H432	<b>Fen03 pag 14:</b> La metodología BIM se puede empezar a manejar desde una etapa temprana en la planificación o en una etapa más avanzada del proyecto.
H433	<b>Fen03 pag 14 - 15:</b> Si se tiene desde el inicio del proyecto un modelo por fases asociado al cronograma de obra y a las necesidades del entorno social, es posible reducir la probabilidad de que se generen obstrucciones o imprevistos durante el avance del proyecto.
H434	<b>Fen03 pag 15:</b> Enlazar una línea de tiempo en <i>Ms Project</i> con softwares (Revit por ejemplo) permite obtener paso a paso, una base de los recursos que se demandaran en el proyecto, generando un panorama realista para el desarrollo del proyecto.
H435	<b>Fen03 pag 16:</b> Es muy importante tener claro desde el inicio del proyecto la nomenclatura de todos los documentos, planos y demás formatos de manejo de la información que se vean involucrados en el desarrollo del mismo.
H436	<b>Fen03 pag 17:</b> Cada vez que se planea y se apoya en las herramientas de la metodología BIM lo que debería pasar es que, si se tiene una correcta distribución de todos los recursos, se pueda mantener esa proyección inicial de tiempo y flujo de caja a lo largo del proyecto.
H437	<b>Fen03 pag 13:</b> La idea es lograr que el modelo llegue a obra con cero interferencias, para tener un mayor aprovechamiento de los recursos, reducir temas de imprevistos, sobrecostos y detectar que especialidades entrar primero (adelante unas de otras) para lograr una programación más eficaz a lo largo del proyecto.
H438	<b>Fen04 pag 18:</b> El CDE debe estar enfocado a los actores que hagan uso de él, ya que este no será colaborativo si los actores no conocen como funciona la herramienta o nunca la han utilizado.
H439	<b>Fen05 pag 22:</b> Construcción se alinea mucho a la metodología Lean construcción, la cual está muy asociada a la metodología BIM en construcción.
H440	<b>Fen05 pag 22:</b> Desde la fase de diseño es posible obtener significativos ahorros de dinero con la implementación de la metodología BIM; sin embargo, el inversionista desde su conocimiento y con base en la utilidad que la metodología represente en el desarrollo del proyecto, es quien decide si se realiza la implementación.
H441	<b>Fen05 pag 24:</b> En la creación y desarrollo del BEP deben participar: líderes de disciplinas, BIM <i>manager</i> , coordinadores y directores del proyecto y entidades o áreas a las que se deba entregar información.
H442	<b>Fen05 pag 25:</b> No existe un estándar internacional que proporcione con claridad la estructura de clasificación de la información que se necesita en un proyecto determinado, por lo tanto, cada empresa define una clasificación acorde con sus necesidades.
H443	<b>Fen05 pag. 25:</b> Al momento de solicitar información a los interesados del proyecto para el desarrollo de los modelos, se utilizan los siguientes usos BIM: coordinación 3D, validación técnica de diseños y las revisiones de sostenibilidad.
H444	<b>Fen05 pag 25:</b> BIM contribuye en casi toda la planeación del proyecto ya que desde la concepción del BEP se está organizando la línea base del proyecto, y con el BEP que se define como estándar, se sientan los pasos y los hitos particulares de entrega.
H445	<b>Fen05 pag 25:</b> BIM apoya la definición de líneas base de costos y recursos, ya que un muy buen modelo 3D (buena calidad y clasificación de elementos acorde a las necesidades), permite obtener una estructura organizada del presupuesto.
H446	<b>Fen06 pag 28:</b> Se debe evitar que el modelo BIM se convierta en un proyecto paralelo a los diseños de ingeniería o al avance del proyecto, ya que la información de estos alimenta los modelos BIM.
H447	<b>Fen06 pag 28:</b> El BEP es el documento o guía para que todas las partes involucradas en el proyecto cumplan la meta inicial, por consiguiente, contempla las necesidades en cuanto a procedimientos y manejo de la información de cada disciplina.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H448	<b>Fen06 pag 28:</b> La importancia del BEP radica en el peso que se le dé a nivel contractual; si la base contractual es fuerte y da soporte al BEP, este tiene validez; si no, como en el caso de Latinoamérica, el uso del BEP no representa una importancia significativa durante el desarrollo del proyecto.
H449	<b>Fen06 pag 28:</b> El gran problema de BIM es que se incluye en los proyectos como un adicional; cuando en realidad el proyecto debe nacer BIM desde el inicio, es decir, contar con un contrato y un nivel de exigencia BIM.
H450	<b>Fen06 pag 29:</b> La clave de todo desde el punto de vista BIM, es utilizar el modelo del proyecto como una fuente de análisis para la sostenibilidad, con el fin de que la planeación sea eficiente, sin embargo, normalmente ahí es donde se falla.
H451	<b>Fen06 pag 29:</b> Para la implementación de la metodología BIM en un proyecto, debería destinarse por lo menos el 1% (independiente de los diseños técnicos) del presupuesto del proyecto.
H452	<b>Fen06 pag 33-34:</b> La construcción de una línea base presupuestal con BIM requiere de una adecuada planeación, especificaciones que responda a todos los objetivos de sostenibilidad y del programa arquitectónico o de uso del edificio.
H453	<b>Fen06 pag. 34:</b> Un punto dentro de BIM que es muy importante son los <i>Sets</i> que relacionan las tareas de la WBS con el modelo, cada una de las tareas de la WBS debe tener su <i>set</i> respectivo, el cual identifica la tarea con un elemento del modelo o con la representación gráfica correspondiente y esta última contiene todos los parámetros.
H454	<b>Fen06 pag. 37:</b> Las reuniones de coordinación van más asociadas a la fase de diseño, porque son reuniones de ingeniería concurrente, donde el BIM <i>coordinador</i> tiene como línea base la gestión de interferencias.
H455	<b>Fen07 pag. 38:</b> Para el caso de Colombia, la sostenibilidad se ha visto impulsada en el país por las resoluciones que existen hoy en día para construcción sostenible (Resolución 0549), donde, se indica los requerimientos que debe cumplir una edificación para que sea sostenible.
H456	<b>Fen07 pag. 38:</b> La sostenibilidad en las construcciones debe estar enmarcada no en conseguir una certificación de sostenibilidad, sino en asignar atributos a las edificaciones o a los procesos que sean sostenibles.
H457	<b>Fen07 pag. 38:</b> Para que un edificio sea sostenible, debe ser sostenible ambientalmente, económicamente viable y cumplir socialmente su papel dentro de una comunidad.
H458	<b>Fen07 pag. 39:</b> El BEP es una lista de requerimientos que se le hace al diseñador y funciona como una ruta guía para el desarrollo del proyecto; particularmente para los diseñadores, define las especificaciones que se deben respetar y como se deben entregar los modelos.
H459	<b>Fenc preg 1:</b> De acuerdo con los 108 encuestados, los 4 principales factores para ser tenidos en cuenta en la fase de diseño de un proyecto desde la dimensión ambiental de la sostenibilidad son: - El consumo energético (con un porcentaje del 68.5%) - El ciclo de vida (con un porcentaje del del 63%) - La elección de los materiales (con un porcentaje del 59.3%) - El uso se estrategias pasivas y la generación de residuos (con un porcentaje del 53.7%)
H460	<b>Fenc preg 2:</b> De acuerdo con los 108 encuestados, los 4 principales factores para ser tenidos en cuenta en la etapa de diseño desde la dimensión económica de la sostenibilidad son: - Las consideraciones en el costo del ciclo de vida (con un porcentaje del 75.9%) - Los impactos en los usuarios finales (con un porcentaje del 68.5%) - La elección de los materiales y su impacto en el presupuesto (con un porcentaje del 64.8) - La rentabilidad del presupuesto (con un porcentaje del 57.4%)
H461	<b>Fenc preg 3:</b> De acuerdo con los 108 encuestados, los 4 principales factores para ser tenidos en cuenta en la etapa de diseño desde la dimensión social de la sostenibilidad son: - La calidad de vida de los usuarios y sus vecinos (con un porcentaje del 83.3%) - La generación de empleo local (con un porcentaje del 74.1%)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mejora de la infraestructura existente (con un porcentaje del 59.3%)</li> <li>- La calidad ambiental del entorno (con un porcentaje del 51.9%)</li> </ul>
H462	<b>Fenc preg 5:</b> El 66.7% de los encuestados está de acuerdo en que la WBS se beneficia de BIM ya que con la información modelada se logra más detalle.
H463	<b>Fenc preg 6:</b> La mayoría de los encuestados opinan que el principal aspecto dentro de los capítulos propuestos del BEP es el manejo e intercambio de información, seguido del control de calidad, los objetivos BIM, el LOD según la fase del proyecto, y por último los usos BIM exigidos.
H464	<b>Fenc preg 8:</b> Los 5 usos que los encuestados seleccionaron como vitales para un proyecto son; 1 y 2) La estimación de cantidades y coordinación 3D (72.2%); 3) La planificación de fases (66.7%); 4) El diseño de especialidades; y 5) Revisión de diseño y evaluación de sustentabilidad (42.6%).
H465	<b>Fenc preg 9:</b> Para realizar el cronograma apoyándose en BIM, 64 encuestados piensan que el éxito de este proceso radica en involucrar a los Stakeholders en reuniones ICE, identificar un proceso constructivo claro que se pueda visualizar en el modelo BIM y la correcta identificación de las actividades de acuerdo con la estructura de desglose de trabajo propuesto en la WBS.
H466	<b>Fenc preg 9:</b> Para realizar el cronograma apoyándose en BIM el 68.5% de los encuestados está de acuerdo en que se debe usar BIM para una correcta identificación de las actividades en un modelo 4D.
H467	<b>Fenc preg 10:</b> Al momento de crear la línea base de costos del proyecto los encuestados opinan que el modelo BIM se haga de acuerdo a la estructura de costos que se maneja en la empresa (68.5%); el 65% está de acuerdo en que el modelo BIM debe cumplir los estándares; el 60% asegura que el capital humano es importante en ese proceso; en una proporción parecida el 57.4% reconocen la importancia de tener un sistema de clasificación claro y finalmente está la correcta secuenciación de actividades.
H468	<b>Fenc preg 11:</b> Los encuestados manifestaron que para garantizar la calidad en proyectos de construcción sostenible, los estándares que se deben seguir son: estándares BIM propuestos por entidades como CAMACOL (con un 75.9%), seguido de normas que aseguren el intercambio de información (con un 63%) y en tercer lugar normativas sostenibles tipo LEED.
H469	<p><b>Fenc preg 13:</b> Los 4 principales factores dentro de la dimensión ambiental que deben ser tenidos en cuenta en el momento de la construcción son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La generación de residuos y su posterior disposición (con un 70.4%)</li> <li>- La huella de carbón embebida en los materiales (con un 66.7%)</li> <li>- La contaminación del aire y los cuerpos hídricos (con un 64.8%)</li> <li>-La afectación a los ecosistemas dentro del contexto intervenido (con un 50%)</li> </ul>
H470	<p><b>Fenc preg 14:</b> Los 4 principales factores dentro de la dimensión económica que deben ser tenidos en cuenta en el momento de la construcción son;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El uso eficiente de los materiales (con un 83.3%)</li> <li>- El consumo de energía y combustible (con un 64.8%)</li> <li>- Los costos laborales (con un 53.7%)</li> <li>- La seguridad del proyecto y su entorno (con un 50%)</li> </ul>
H471	<p><b>Fenc preg 15:</b> Los 4 principales factores dentro de la dimensión social que deben ser tenidos en cuenta en el momento de la construcción son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La generación de empleo local (con un 87%)</li> <li>- Las afectaciones a las comunidades vecinas del proyecto (con un 81.5%)</li> <li>- Las afectaciones y mejoras a la infraestructura vecinal (con un 68.5%)</li> <li>- La seguridad y la salud de los empleados (con un 57.4%)</li> </ul>
H472	<b>Fenc preg 19:</b> Los usos BIM que se deben aplicar en la ejecución de obra según los encuestados son: 1) La coordinación 3D; 2) La planificación de obra; 3 y 4) Estimación de cantidades y la planificación de fases.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H473	<b>Fenc preg 21:</b> Las características que debe tener un CDE según los encuestados son: 1 y 2) que exista un visualizador y que se pueda realizar la trazabilidad (74.1%); 3) que este en tiempo real la información (68.5%); 4) que aparte de los modelos también se pueda visualizar documentos (66.7%) y finalmente que existan permisos de acuerdo con los usuarios (52%).
<b>Dominio No. 5</b>	
H501	<b>FPu1 sec 1.4:</b> El nivel 3 de BIM implica una integración completa entre los estándares, flujos de trabajo teniendo un CDE en nube, y el ciclo de vida del activo.
H502	<b>FPu1 sec 6:</b> El uso de BIM en la construcción permite un proceso más fluido reduciendo errores y conflictos.
H503	<b>FPu1 sec 6.4.1:</b> BIM facilita aplicar conceptos <i>Lean</i> , en 4 formas 1) Alto grado de prefabricación y ensamble; 2) Compartir modelos facilita simular condiciones como 4d, para programar la construcción llegando a niveles como <i>last planner system</i> ; 3) Integrar los equipos ;4) Reducir tiempos
H504	<b>FPu1 sec 7:</b> Los nuevos edificios deben estar encaminados a ETO ingeniería para el orden.
H505	<b>FPu1 sec 7.3.2:</b> BIM reduce los ciclos de producción en los elementos a construir.
H506	<b>FPu3 pag 32:</b> BIM representa nuevas formas de pensar la construcción, su adopción requiere no solo aprender nuevas maneras de diseñar una edificación, también requiere replantear el diseño y la construcción.
H507	<b>FPu3 pag 97:</b> Las tareas que no aportan valor son la mayor parte de desperdicio en la construcción.
H508	<b>FPu3 pag 119:</b> Invertir en ingeniería detallada y preparación de planos de taller ayuda a evitar los desperdicios en el momento de construcción, esto solo se logra con una gran planeación que involucre a contratistas.
H509	<b>FPu3 pag 188:</b> Trabajar todos los diseñadores en un espacio común permite el realizar diseños integrados y una exploración de las propiedades BIM.
H510	<b>FPu4 sec 3.1:</b> El producto final de un proyecto IPD es un edificio de alto rendimiento. Para lograr esto se necesitan 4 elementos: sistemas integrados; procesos integrados; organizaciones e información integradas.
H511	<b>FPu4 sec 3.8.1:</b> IPD tiene un flujo de trabajo no lineal.
H512	<b>FPu4 sec 6.5:</b> La integración de los sistemas solo se logra con un trabajo colaborativo donde se valoren distintas opciones y opiniones de los expertos involucrados.
H513	<b>FPu4 sec 7.1:</b> Integrar el conocimiento de las distintas especialidades es necesario.
H514	<b>FPu4 sec 8.1:</b> Hay 4 tareas que se deben hacer en cada organización: dirigir, coordinar, decidir y trabajar.
H515	<b>FPu4 sec 10.2:</b> Para lograr que la información este integrada el equipo del proyecto debe cumplir estas 5 características: 1) usar un lenguaje común; 2) ser accesible para el que la requiera; 3) ser única y reusable; 4) ser confiable y poder ser usada como fuente; 5) tener varias fuentes para proporcionar una representación actual y precisa del proyecto.
H516	<b>FPu11 pag 9:</b> El uso del marco de gerencia propuesto por el PMI es empleado ampliamente en el sector público mientras que el privado va migrando a metodologías ágiles.
H517	<b>Fen01 pag 3:</b> La información del proyecto debe ser centralizada y de fácil acceso para todos los involucrados en el proyecto.
H518	<b>Fen01 pag 4:</b> Los cambios en el proyecto dependiendo de su naturaleza se manejan por medio de la solicitud de control de cambio que analiza el impacto en alcance, costo y tiempo.
H519	<b>Fen02 pag 9:</b> El entorno común de datos debe ser accesible a los equipos de trabajo con el fin de trabajar en tiempo real según la última información y/o versiones vigentes.
H520	<b>Fen02 pag 9:</b> Las comunicaciones en un entorno BIM se realizan en un entorno común de datos para lograr la trazabilidad y atención de estas.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H521	<b>Fen03 pag 16:</b> Lo importante es detectar el cambio que se necesita, presentarlo ante un comité con las razones que justifiquen el porqué del cambio. En dicho comité, se evalúa la implicación que tiene el cambio con respecto al estado del proyecto, con eso, se determina si se autoriza o no el cambio y se procede a realizar la respectiva actualización. En ese proceso todos deben estar enterados, desde el que emite la solicitud de control de cambio, pasando por las opiniones de todas las áreas de diseño y obra para ver las implicaciones que tiene y tomar entre todos la decisión de si se lleva a cabo el cambio o no.
H522	<b>Fen03 pag 17:</b> El involucramiento de los interesados en la fase de diseño de un proyecto se puede llevar a cabo por medio de comités semanales donde se muestre paso a paso el avance del proyecto con base en el modelo inicial.
H523	<b>Fen03 pag 17:</b> La obtención de un modelo con cero interferencias permite que los cambios en diseño se reduzcan, por esta razón es valioso tener un adecuado grado de coordinación.
H524	<b>Fen04 pag 20:</b> En proyectos pequeños BIM resulta ser muy útil en temas de cantidades y cálculos de presupuestos, debido a que el software es muy rápido y cuenta con la facilidad de que en la medida en que se va "dibujando" se va estimando el presupuesto.
H525	<b>Fen05 pag 27:</b> El CDE permite que las disciplinas puedan comunicarse entre sí (para solicitar o compartir información), de modo que no estén involucradas muchas personas con el "Equipo BIM"; esto permite que el BIM <i>Coordinator</i> se entere a diario de lo que está sucediendo en el proyecto, reduciendo la posibilidad de que se omitan procesos y garantizando la existencia de una trazabilidad.
H526	<b>Fen05 pag 25:</b> El control de calidad en BIM se puede realizar por medio de <i>Model Checker</i> , en donde se maneja un listado de chequeo de forma casi automatizada que cuenta con estándares definidos, una vez realizadas las mediciones es posible determinar un porcentaje de cumplimiento de cada disciplina.
H527	<b>Fen05 pag 25:</b> El control de calidad en BIM se puede realizar de forma estandarizada en <i>Forch</i> , donde se maneja un tablero global de proyectos, el cual consigna qué modelos y qué porcentaje de estado presenta cada proyecto.
H528	<b>Fen05 pag 26:</b> BIM en el área de diseño en un proyecto de construcción representa eficiencia ya que se genera información de forma más rápida y se optimiza la producción de entregables de mejor calidad con un mejor consumo de recursos. En cambio, el área de construcción está reacia en cuanto a la transición de las estructuras de trabajo convencionales a BIM debido a que aún es desconocida para ellos.
H529	<b>Fen05 pag 27:</b> La gestión de cambios en BIM se puede realizar mediante la estructura de la ISO 19650, es decir una estructura <i>WIP</i> (compartido y publicable) donde: La información que está en publicable se ha entregado a construcción, ha pasado por un flujo de revisión y ya tiene un estado de aprobación. En el momento en el que sea necesaria una actualización de versión sobre un documento, la nueva versión aparece en publicables (lo cual, significa que la versión ya está aprobada). Esta estructura de manejo de información permite determinar cuándo se produce un cambio puesto que existe un flujo de revisión.
H530	<b>Fen05 pag 27:</b> Las reuniones y la comunicación en el diseño colaborativo se puede manejar por medio de un módulo de <i>Coordinate</i> , donde se genera información integrada 3D, que puede ser visualizada por todas las especialidades. En las reuniones, se filtran aquellas "incidencias" y comentarios particulares sobre la plataforma 3D.
H531	<b>Fen05 pag 27:</b> Lo importante, es que todos los procesos y procedimientos involucrados en el desarrollo del proyecto se generen dentro de una nube o entorno centralizado.
H532	<b>Fen06 pag 28:</b> La guía del <i>Penn State</i> hace referencia a los usos BIM, en relación a que durante el tiempo que el modelo empieza a crecer los diseños de ingeniería deben estar atados y no ser algo independiente, porque cuando la información es independiente se pierde el seguimiento a los proyectos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H533	<b>Fen06 pag 30:</b> En un proyecto se debe contar con equipos de tecnología, debido a que los recursos de TI están en el <i>background</i> asegurándose de: la salud de la plataforma digital y el cumplimiento de los estándares definidos para el proyecto.
H534	<b>Fen06 pag 31:</b> La información siempre debe trabajarse en tres estados principales: 1) <i>Work in progress</i> ; 2) Compartido; 3) Publicado.
H535	<b>Fen06 pag 33:</b> Toda la información debe pasar sobre un mismo CDE, para conservar el mismo gestor de información, de forma que se permita entender cada cuanto y por medio de quien la información va cambiando de estados.
H536	<b>Fen06 pag 33:</b> El CDE debe ser compatible con los estándares de la ISO 19650, para proteger la información, evitando que esta pueda ser archivada o eliminada.
H537	<b>Fen06 pag 34:</b> Lo importante es tener un desglose suficiente del trabajo y la información del proyecto que permita generar información de calidad.
H538	<b>Fen06 pag 36:</b> Se necesita una inversión más alta de presupuesto para que la industria de la construcción evolucione al punto de generar información a un nivel de detalle muy avanzado como es el caso de los planos " <i>Spool map</i> ".
H539	<b>Fen07 pag 38:</b> BIM juega un papel fundamental en la sostenibilidad, debido a que la planeación se realiza desde un computador evitando un sobre gasto de materiales y reprocesos en la obra.
H540	<b>Fen07 pag 38:</b> En términos del ciclo de vida de los materiales empleados en el proceso constructivo, el sector de la construcción genera entre el 39 y 40% de la contaminación global.
H541	<b>Fen07 pag 39:</b> Las constructoras deben dejar plasmadas cuáles son sus exigencias en términos de sostenibilidad.
H542	<b>Fen07 pag 39:</b> El diseño integrativo permite que todos los miembros del equipo del proyecto se reúnan para analizar cómo se optimizara el trabajo para el cumplimiento de las especificaciones e intereses de los <i>Stakeholders</i> .
H543	<b>Fen07 pag 42:</b> La codificación de los modelos (que es un trabajo importante, es algo que hasta ahora están aprendiendo los consultores).
H544	<b>Fenc preg 17:</b> En orden de garantizar el cumplimiento del cronograma, lo encuestados están de acuerdo en que se debe: 1) Crear modelos <i>as build</i> a medida que avanza la obra con el fin de compararlos posteriormente con los modelos 4D hechos en la fase anterior 2) En los modelos BIM debe quedar claro los requerimientos para compararlos con lo construido 3) Uso de tecnología como realidad mixta
H545	<b>Fenc preg 18:</b> En orden de garantizar el cumplimiento del presupuesto, los encuestados están de acuerdo en un 77.8% que se debe informar el flujo de caja proyectado Vs el ejecutado mediante modelos 3D.
H546	<b>Fenc preg 20:</b> Los encuestados están de acuerdo en un 64.8% que, para controlar la calidad de la información en la fase de construcción, se debe establecer criterios de aceptación de los modelos con base en los usos que se van a emplear en el proyecto y crear políticas contractuales para el seguimiento de los avances mediante modelos BIM.
<b>Dominio No. 6</b>	
H601	<b>FPu1 sec 2.3:</b> Existen herramientas, plataformas y entornos BIM: - <u>Herramientas</u> : son aquellas que permiten interactuar con las plataformas BIM - <u>Plataformas</u> : son el corazón de BIM, generan la información y permiten interoperabilidad. - <u>Ecosistema</u> : una serie de plataformas que soportan la información generada - <u>Entorno</u> : Un conjunto de aplicaciones BIM que están interconectadas para soportar múltiples canalizaciones de información y procesos en un proyecto, una organización o un sector de la construcción local.
H602	<b>FPu2 pag 266:</b> Durante el diseño de las edificaciones de alto rendimiento se debe buscar una integración con los ecosistemas locales para el mutuo beneficio.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO</b>
H603	<b>FPu3 pag 62:</b> Las empresas pioneras que han adoptado BIM han tenido la ventaja de redefinir el mercado.
H604	<b>FPu4 sec 3.2:</b> Para que un edificio se considere de alto rendimiento debe cumplir estas 4 categorías: construible, operable, usable, y sostenible.
H605	<b>FPu4 sec 4.6:</b> Los edificios IPD optimizan todos los parámetros bajo un esquema de trabajo colaborativo.
H606	<b>FPu8 pag 358:</b> Los productos que se fabrican directamente del modelo tienen menor cantidad de desperdicios.
H607	<b>FPu8 pag 358:</b> La coordinación BIM remueve restricciones que solo era posibles prever hasta el momento de la construcción de los distintos sistemas.
H608	<b>FPu10 pag 6:</b> Actualmente existen varios métodos que promueven nuevas tecnologías y métodos para introducir construcciones verdes.
H609	<b>FPu13 pag 4:</b> El objetivo principal en la etapa de diseño es garantizar el desarrollo de los documentos de instrucción de diseño y construcción necesarios para garantizar que el edificio entregado sea funcional, sostenible y habitable.
H610	<b>Fen01 pag 6:</b> El cumplimiento de la sostenibilidad proviene del diseño. En obra se cuenta un profesional que vela por el cumplimiento y manejo ambiental, cuyo registro se encuentra en los informes de cumplimiento.
H611	<b>Fen01 pag 6:</b> Para garantizar el cumplimiento de la sostenibilidad debe haber un responsable desde el diseño, proceso de adquisición, verificación en obra, puesta en marcha, certificación y entrega al propietario.
H612	<b>Fen03 pag 15:</b> Una verificación de calidad dentro un modelo BIM consiste en auditar los modelos para asegurar que estén en el nivel de detalle correcto; esta revisión implica que dentro del área de presupuestos se verifique que efectivamente todos los recursos se encuentran discriminados por especialidad, es decir, revisar que el nivel LOD sea el adecuado para la etapa del proyecto que se esté desarrollando.
H613	<b>Fen04 pag 20:</b> La gestión de cambios se puede realizar con un equipo BIM en la obra y por medio de modelos de obra colaborativos que no están enfocados en el diseño, sino en la coordinación (es decir, seguimiento y reporte de cantidades y trabajo en construcción).
H614	<b>Fen05 pag 22:</b> BIM puede contribuir en sostenibilidad por medio de los conocimientos básicos de los requerimientos LEED.
H615	<b>Fen05 pag 24:</b> Es posible enlazar el plan de gestión del proyecto con el BEP, por ejemplo, en flujos de información (formas de entrega, procedimientos, revisiones, versionamientos).
H616	<b>Fenc preg 5:</b> El 80% de los encuestados están de acuerdo que BIM permite identificar el trabajo que se debe realizar para los entregables.
<b>Dominio No. 7</b>	
H701	<b>FPu2 pag 463:</b> El objetivo de las construcciones es crear un espacio que garantice la habitabilidad de sus usuarios, por ello, se debe pensar en el ambiente interior de las construcciones. Un buen ambiente interior no solo reduce las enfermedades, también aumenta la productividad.
H702	<b>FPu2 pag 321:</b> El uso de diseño solar pasivo ayuda a reducir no solo la iluminación artificial, sino que contribuye con calefacción y aire acondicionado.
H703	<b>FPu2 pag 365:</b> El agua a diferencia de la electricidad es un recurso subsidiado, por ello, no hay una amplia documentación de cómo reducir el consumo de agua potable.
H704	<b>FPu3 pag 163:</b> VDC agrega valor ya que elimina desperdicios en diseño y construcción.
H705	<b>FPu3 pag 255:</b> Cuando el nivel de detalle es bajo, la habilidad de ejercer control y poder hacer correcciones es baja.
H706	<b>FPu4 sec 5.3.1:</b> Las métricas permiten a los integrantes del equipo de trabajo saber su rendimiento para alcanzar los objetivos del proyecto.



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H707	<b>FPu5 pag 2:</b> Las especificaciones son las reglas de un proyecto VCD, una buena recolección de especificaciones incluye la información se va a solicitar, el nivel de detalle, los modelos a entregar y la fase.
H708	<b>FPu6 pag 201:</b> La calidad es la exigida por el cliente que cada vez está más capacitado y es deber del proyecto cumplir esas métricas.
H709	<b>FPu11 pag 14:</b> La evaluación de los proyectos debe ir más allá de la triple restricción y se debe incluir el impacto en el medio ambiente.
H710	<b>Fen01 pag. 4:</b> Los rendimientos de la programación vs el ejecutado se miden con base en el avance de obra el cual se refleja en el modelo Revit constructivo.
H711	<b>Fen01 pag. 5:</b> BIM permite realizar el control de costos y avance de obra, basado en el nivel de implementación que la gerencia del proyecto decida llevar a cabo.
H712	<b>Fen03 pag 13:</b> Lo más importante, es conocer de quién viene la información, qué se hace con la información y en el momento de “desarrollo durante la obra” ir verificando que lo que se va construyendo esté alineado con lo proyectado en el diseño.
H713	<b>Fen03 pag 15:</b> Para el control de calidad sobre los materiales se puede verificar que el material cumpla con certificados de calidad, resistencia, cumplimiento de exigencias de la norma a la que se esté aplicando (en edificaciones la NSR-10) y dependiendo de la especialidad se evalúa.
H714	<b>Fen03 pag 17:</b> BIM contribuye con la obtención de los objetivos del desarrollo sostenible por medio de la reducción en temas de contaminación acústica y huella de carbono. Esta contribución se da porque todos los diseños están pensados y alineados con esa misión y ese objetivo.
H715	<b>Fen04 pag 19:</b> El tema sostenible es muy costoso para la implementación de proyectos pequeños (por ejemplo, proyectos de menos de 2000 m <sup>2</sup> ), aunque lo ideal sería que se pudiera utilizar en todos los proyectos.
H716	<b>Fen04 pag 20:</b> Los modelos de obra permiten revisar lo que se ha construido, sacar cantidades de lo construido, revisar posibles errores o revisar la planeación de la obra.
H717	<b>Fen05 pag 27:</b> El control del trabajo se puede centralizar en procesos y formatos dentro de la nube para tener una trazabilidad e integrar el 3D, 4D, 5D, 6D, 7D.
H718	<b>Fen05 pag 25:</b> El control de calidad en cuanto al cumplimiento del alcance del proyecto se puede realizar por medio de los residentes de obra, quienes validan que los planos <i>As-built</i> contengan información del avance que se presenta en obra, que se cumplan con los requerimientos generales de cantidad y calidad de información.
H719	<b>Fen06 pag 29:</b> El BEP debe estar integrado con pólizas de cumplimiento para que realmente se entienda su importancia, esto quiere decir que, si un modelo no cumple con las condiciones planteadas en el BEP a nivel de calidad, se debe tener una repercusión a nivel del cumplimiento.
H720	<b>Fen06 pag 34:</b> Los archivos BIM (sin importar la plataforma que se utilice) permiten realizar un <i>tracking</i> de los cambios que se presentan entre versiones, esto permite cuantificar las desviaciones que pueda presentar un proyecto.
H721	<b>Fen06 pag 35:</b> El modelo del proyecto debe contar con las propiedades, características y parámetros necesarios para que los profesionales (ingenieros, arquitectos y demás involucrados) utilicen los algoritmos pertinentes para realizar las validaciones de las áreas del proyecto; sin embargo, antes de verificar la calidad de los diseños, es necesario garantizar la calidad de la información del modelo.
H722	<b>Fenc preg 16:</b> Para garantizar que en la ejecución del proyecto se cumpla el alcance propuesto los encuestados afirman en un 72.2 % que la información debe estar coordinada; en un 70.4% que el proyecto debe permitir un buen involucramiento de los <i>Stakeholders</i> mediante reuniones y por último con un 63% que el producto se acepte según la información solicitada en el modelo.
H723	<b>Fenc preg 20:</b> El 63%, los encuestados opinan que el aseguramiento de la calidad de los materiales y los procesos hechos en obra se puede realizar a través de la implementación de modelos BIM.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO
H801	<b>FPu3 pag 318:</b> Las ayudas visuales son útiles para explicar los grandes cambios.
H802	<b>FPu4 sec 12.7:</b> Visualización es el proceso de hacer la información más fácil de entender.
H803	<b>FPu8 pag 359:</b> Identificando las características de los elementos complejos o imposibles de construir es más fácil ubicarlos y poderlos mitigar.
H804	<b>FPu8 pag 359:</b> Usualmente las tareas perdidas se pueden identificar en los modelos BIM.
H805	<b>FPu11 pag 8:</b> La falta de conocimientos acerca de los principios sostenibles es una de las principales restricciones para los proyectos sostenibles.
H806	<b>FPu14 pag 13:</b> BIM explora el potencial de las herramientas tecnológicas permitiendo hacer comparaciones de distintos escenarios para facilitar la toma de decisiones.
H807	<b>Fen01 pag 5:</b> BIM permite generar informes para la asignación de recursos y tomar decisiones para controlar los riesgos del proyecto
H808	<b>Fen03 pag 17:</b> Aprovechar BIM desde etapas tempranas del proyecto contribuye a reducir el costo total ya que permite aprovechar los recursos.
H809	<b>Fen03 pag. 15:</b> El manejo de imprevistos se puede realizar con un modelo Revit, ya que este cuenta con la capacidad de informar qué tan flexibles pueden ser las cantidades y la desviación, es decir, si por medio del modelo se tiene concebido qué cantidades se necesitan y en qué momento del proyecto, eso ya es una ganancia porque permite la toma de decisiones.
H810	<b>Fen05 pag. 26:</b> La implementación en obra de servicios de logística de la construcción permite ver los riesgos que existen en determinados lugares de la obra y cómo se pueden mitigar. Por ejemplo, se puede simular cómo circulan las personas en la obra, cómo circulan los equipos y vehículos; esto permite tener un entendimiento de la logística para la construcción y todos los aspectos de seguridad en el trabajo.
H811	<b>Fen06 pag. 37:</b> La gestión de riesgos durante la fase de diseño-construcción, se realiza por medio del control de la línea base de todas las variables.
H812	<b>Fen06 pag. 37:</b> BIM apoya la gestión de riesgos a través del <i>Facility Managment</i> , el cual, permite programar rutinas de mantenimiento predictivo - preventivo.
H813	<b>Fenc preg 12:</b> La visualización de modelos 3D según el 76% de los encuestados contribuye en la gestión de riesgos, en menor medida el 50% de los encuestados opinan que la certeza en las cantidades de obra permite monitorear los cambios en costos directos y la coordinación entre <i>Stakeholders</i> también contribuye en reducir la incertidumbre.

Fuente: Elaboración propia

## .2. Conclusiones para el desarrollo de la guía producto de la investigación

A continuación, se presenta la descripción de las conclusiones generadas a partir del proceso de análisis de los hallazgos identificados y presentados en la Tabla 10.

Tabla 11. Conclusiones generadas durante el desarrollo del trabajo de grado

CÓDIGO	HALLAZGO GENERADOR	DESCRIPCIÓN DE LA CONCLUSIÓN
<b>Dominio No. 1</b>		
C101	H101, H102, H105, H111, H433	Los proyectos de construcciones sostenibles requieren que todos los <i>Stakeholder</i> , incluidos los que antes no tenían participación ya sea a través de metodologías, procesos y o políticas de la misma organización.
C102	H103, H110	Los proyectos IPD necesitan que las personas que están a la cabeza del proyecto desarrollen las siguientes competencias: claridad, interacción, compromiso, liderazgo e integridad.

<b>CÓDIGO</b>	<b>HALLAZGO GENERADOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA CONCLUSIÓN</b>
C103	H104, H113, H114, H227, H521, H237, H446, H447, H435, H437	Se debe hacer una muy buena identificación, planeación y gestión de los interesados ya que BIM, VDC, IPD amplían los grupos tradicionales de <i>Stakeholders</i> y su interacción. El objetivo final es poder identificar objetivos y trasladarlos al equipo del proyecto.
C104	H106, H107, H220, H218, H434, H522	El uso de modelos digitales para simular y visualizar la información permite que los miembros del proyecto; se involucren más a fondo, entiendan el alcance de forma que las interacciones permitan la obtención de productos exitosos.
C105	H108, H109, H112, H219, H436	La comunicación es clave para el éxito del proyecto, por lo cual, debe existir una estructura de comunicación clara y se deben definir los canales y normativas a implementar.
C106	H115, H116	IPD es una nueva forma de gestionar proyectos donde todos los actores trabajan de forma colaborativa, y los riesgos y ganancia se comparten, para el éxito del proyecto.
<b>Dominio No. 2</b>		
C201	H201, H203, H208, H210, H211, H314, H449, H713, H460	Para lograr los objetivos del proyecto, el equipo debe contar con espacios de trabajo colaborativo como las reuniones " <i>Big Room</i> ", en donde la colocación es clave para lograr un flujo de trabajo óptimo; así mismo, el equipo debe incluir secciones ICE (Ingeniería Concurrente Integrada) sumadas a herramientas de planificación (LPS), monitoreo y control.
C202	H202, H212, H216, H534, H535, H536, H452, H315, H221, H448, H532, H612, H523, H437, H808, H459	Trabajar con BIM, VDC O IPD, crea nuevos retos que implican la creación de nuevos roles, que deben ser asumidos por capital humano con las habilidades necesarias para llevar a cabo las funciones que requiera el proyecto.
C203	H204, H209, H214, H215, H517	Un equipo de trabajo debe tener como valores la transparencia, trabajo en equipo, respeto por los demás, resolución de problemas y liderazgo.
C204	H205, H426, H232	El marco contractual ideal para edificios de alto rendimiento es IPD, donde el uso de BIM debe ser exhaustivo no solo para emplear herramientas, sino para llevar a cabo todos los procesos que implica BIM como creación de la información y trabajo colaborativo.
C205	H206, H207, H714	La educación continua es clave para el éxito de los proyectos, el mejoramiento continuo debe ser el objetivo de todos.
C206	H444,	Uno de los factores que aporta a la ineficiencia de BIM es que los profesionales no están capacitados para su implementación, esto implica que en los proyectos se hace necesaria la existencia de un rol/recurso que traduzca la información del proyecto en términos de la metodología BIM, lo cual, se constituye en un problema debido a que así se fragmenta la información.
C207	H242	El canal de comunicación a implementar en un proyecto en el cual se integre BIM se define por medio de las plataformas, informes de transmisión y modelos, los cuales se constituyen en las "memorias" del proyecto.
<b>Dominio No. 3</b>		
C301	H301, H304, H312, H450	La realización de prototipos digitales del producto final tiene como consecuencia el cambio de paradigma en el sector, ya que la forma de producción cambia redistribuyendo esfuerzos a etapas más tempranas del proyecto.

<b>CÓDIGO</b>	<b>HALLAZGO GENERADOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA CONCLUSIÓN</b>
C302	H302, H303, H305, H238, H809	El ciclo de vida del edificio debe ser tenido en cuenta desde fases tempranas, por lo que, desde el diseño se debe pensar en el desmonte y deconstrucción de este. En adición, el producto debe ser sostenible en todo el ciclo de vida.
C303	H306, H307, H308, H309, H310	Un edificio de alto rendimiento debe tener cuatro características: construible, operable, usable, sostenible. Cuando se logran estas cuatro características a lo largo de todo el ciclo de vida se considera un edificio de alto valor.
C304	H311, H313	La gerencia de proyectos debe ser multidisciplinar a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo que permite generar un producto que debe ser sostenible.
C305	H720	La transición a nuevas formas de entrega de producto implica la formación de un equipo que posea competencias especiales para cumplir con los objetivos del proyecto.
C306	H537, H518, H610, H122	La información en un proyecto debe estar disponible en tiempo real para todo <i>Stakeholder</i> que lo necesite, siguiendo protocolos en su creación y transformación.
C307	H611	El uso de modelos digitales combinados con modelos tradicionales permite entender con más claridad el desarrollo y estado del proyecto y producto.
<b>Dominio No. 4</b>		
C401	H401, H410, H413, H416, H417, H710, H711, H711, H807	Desde la concepción del proyecto se debe pensar el marco contractual en el cual se va a desarrollar. IPD es una "nueva" forma de desarrollar proyectos donde se integra la información, procesos, organizaciones y sistemas.
C402	H404, H405, H407, H411, H418, H419, H420, H424, H807, H243, H462, H813, H544, H468, H469	En IPD se deben crear y evaluar múltiples opciones del producto final de acuerdo con los objetivos y métricas establecidas desde el inicio. En este proceso, se deben contemplar las cuatro características de edificios de alto rendimiento.
C403	H406, H403, H421, H425, H453, H429, H430, H118, H427, H234, H464, H467, H471	Establecer desde el inicio la metodología de desarrollo, los mandatos, estándares y herramientas para producir los entregables, es fundamental para garantizar el desarrollo del proyecto.
C404	H408, H402, H409, H412, H423, H118, H222, H124, H316, H317, H463	Aumentar el detalle en la información producida permite tener mayor control, aumentar la productividad, flujos de trabajo continuos y reducir riesgos.
C405	H414, H422, H451, H228, H466	IPD es un modelo colaborativo que no solo se enfoca en el uso de tecnología, sino que considera la inclusión de esta herramienta para reducir desperdicios teniendo en cuenta lecciones aprendidas.
C406	H415	Se debe separar el desarrollo del proyecto del desarrollo del producto, entendiendo las connotaciones que se tienen en cada uno.
C407	H244, H470	Desde el inicio se debe tener claridad en la información solicitada, el nivel de detalle y las métricas para realizar control.
C408	H317,	Cuando la información de las líneas base de costos y recursos se incluye en una programación con los rendimientos de cada ítem, es posible obtener un cronograma y enlazar en poco tiempo 3D, 4D y 5D.
C409	H464,	La dispersión de las respuestas en la aplicación de la encuesta muestra la poca homogeneidad al momento de realizar el documento.
C410	H316,	El BEP se volvió el documento inicial para todo el proceso.

<b>CÓDIGO</b>	<b>HALLAZGO GENERADOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA CONCLUSIÓN</b>
C411	H464	Es esencial contar con los siguientes capítulos en el BEP: manejo e intercambio de información, control de calidad, objetivos BIM, LOD según la fase del proyecto y usos BIM.
C412	H129, H234, H458	El BEP enlaza los flujos de información establecidos por la gerencia con el desarrollo del proyecto en cuanto a formas de entrega de la información, procedimientos, revisiones y versionamientos.
C413	H805	Desconocer los principios y normas de los temas que se involucran en el proyecto son restricciones para el éxito de este.
<b>Dominio No. 5</b>		
C501	H501, H515, H719, H716, H126, H318, H545	Cada nivel de madurez BIM implica una serie de requerimientos frente a la forma de trabajar, respecto a la tecnología y los estándares a usar. Es importante saber los recursos que están disponibles para ser regidos por los requerimientos mencionados.
C502	H502, H503, H504, H505, H506, H507, H721, H544	La simulación y visualización del producto permite tener flujos de trabajo continuo, caracterizados por el alto nivel de detalle y entendimiento de los procesos, así como, permite tener un análisis de varias opciones entendiendo cual es la mejor para el proyecto.
C503	H508, H519, H119, H716, H125	Invertir recursos en etapas más tempranas del proyecto permite reducir costos y desperdicios en etapas futuras.
C504	H509, H512, H513, H514, H217, H431, H432, H438	Para garantizar un flujo de trabajo óptimo es necesario garantizar los espacios físicos y virtuales, los cuales, permiten la integración del equipo.
C505	H511, H512, H520	IPD tiene como objetivo tener un edificio de alto rendimiento, para llegar a este producto se cambian los paradigmas de la construcción empezando por un flujo de trabajo no lineal.
C506	H516	Usar metodologías en la gestión de proyectos se ha vuelto un requerimiento.
C507	H524, H613, H715	El uso de tecnología contribuye en la calidad de los entregables.
C508	H507,	Para mejorar significativamente la productividad del recurso humano involucrado en el desarrollo del proyecto, es esencial, encontrar una manera de construir en donde el recurso humano sea liberado de las tareas que no aportan valor.
C509	H540,	Es esencial el correcto uso y selección de materiales durante el proceso constructivo de las edificaciones, debido a que para proyectos sostenibles es importante incorporar la economía circular.
C510	H541	Los proveedores de materiales deben ayudar a los objetivos de reducción de huella de carbono de los proyectos, mediante la especificación de estos datos en las fichas técnicas
C511	H436, H438, H525, H526, H451	El entorno común de datos permite gestionar la información del proyecto, por medio de los controles de versionamiento, estableciendo líneas de comunicación entre disciplinas y fomentando la centralización de la información.
<b>Dominio No. 6</b>		
C601	H601, H606, H609, H538, H128	Para garantizar la entrega exitosa del proyecto desde la etapa de planeación se deben seleccionar las herramientas, plataformas y ecosistemas que permitan lograr los objetivos.
C602	H602, H604, H605	Un edificio de alto rendimiento va más allá del producto, tiene en cuenta los contextos ambientales, económicos y sociales.
C603	H241, H120	Es importante que existan responsables de garantizar la calidad de los procesos y entregables.

CÓDIGO	HALLAZGO GENERADOR	DESCRIPCIÓN DE LA CONCLUSIÓN
<b>Dominio No. 7</b>		
C701	H701	La calidad del ambiente interior debe medirse a través de las métricas del proyecto, ya que el confort durante el uso del producto final del mismo forma parte del área social de la sostenibilidad del proyecto.
C702	H703, H704	En las etapas de diseño se deben evaluar los sistemas y el uso de recursos, con el fin de emplear sistemas que permitan reducir el uso de recursos durante el desarrollo del proyecto.
C703	H706, H223, H546, H130	Se debe tener un nivel de detalle alto para realizar mediciones y cambios cuando las opciones de diseño del proyecto no se ajusten a las especificaciones definidas para el desarrollo del mismo.
C704	H707, H708	Los objetivos del propietario se deben volver métricas del proyecto.
C705	H709, H224	Las métricas deben ir más allá de la triple restricción, por ejemplo, afectaciones al medio ambiente
C706	H811, H812, H121, H240	Las métricas deben apoyarse de modelos virtuales a fin de entender los avances del proyecto.
C707	H702,	El uso de diseño solar pasivo minimiza el consumo energético.
C708	H703,	La industria de la construcción debe hacer el esfuerzo de reducir los consumos de agua potable para mantener su modelo empresarial.
C709	H528,	La capacidad de respetar la gestión documental permite hacer un <i>tracking</i> de la gestión de cambios.
C710	H441	Los incumplimientos de las condiciones planteadas en el BEP para el desarrollo de proyecto deben estar reflejadas en el nivel de cumplimiento en cuanto a calidad de este.
<b>Dominio No. 8</b>		
C801	H801, H802, H804, H805, H454, H231, H723	El uso de modelos 3D es útil para entender el proyecto, los cambios que se realizarán, y la forma en que se debe desarrollar la obra.
C802	H225, H226	Un gran grado de detalle y de certeza implica que se pueden establecer modelos de costos que permiten hacer predicciones a futuro.
C803	H608, H533, H472	Las simulaciones permiten identificar problemas que de otro modo se identificarían solo durante el desarrollo del proceso constructivo del proyecto.

**Fuente:** Elaboración propia

### **.3. Recomendaciones para el desarrollo de la guía producto de la investigación**

A continuación, se presenta la descripción de las recomendaciones formuladas a partir de las conclusiones generadas y presentadas en la Tabla 11.

*Tabla 12. Recomendaciones generadas durante el desarrollo del trabajo de grado*

CÓDIGO	CONCLUSIÓN GENERADORA	DESCRIPCIÓN DE LA RECOMENDACIÓN
<b>Dominio No. 1</b>		
R101	C101, C103	La participación de todos los <i>Stakeholders</i> a lo largo de los 4 grupos de procesos (iniciación, planeación, ejecución y control) es uno de los pilares en el marco de desarrollo IPD.

<b>CÓDIGO</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERADORA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA RECOMENDACIÓN</b>
R102	C103	Se recomienda que el proceso de identificar los requerimientos de los <i>Stakeholders</i> se haga de forma exhaustiva ya que estos se convertirán en los objetivos del proyecto y las métricas de rendimiento de este.
R103	C103	Para garantizar que los objetivos del cliente están correctamente representados se deben usar modelos virtuales (BIM).
R104	C105, C106	IPD es un modelo donde la integración es vital para el proyecto, en consecuencia, se debe tener un plan de comunicaciones que involucre a todos los <i>Stakeholders</i> .
R105	C103	De acuerdo con los requerimientos del proyecto en el marco de desarrollo IPD, se deben involucrar nuevos <i>Stakeholders</i> (como asesores sociales y o bioclimáticos) al equipo de trabajo para cumplir con los objetivos.
R106	C103	La información digital producida debe ser coordinada y administrada por nuevos roles como son el BIM <i>Coordinator</i> , BIM <i>Manager</i> y el <i>Information Manager</i> .
<b>Dominio No. 2</b>		
R201	C201	Para garantizar el éxito del trabajo integrado se debe tener un espacio físico dotado de la tecnología que permita producir la información.
R202	C202	Es importante que actores como constructores y proveedores se involucren en etapas tempranas del proyecto para producir los entregables de forma coordinada.
R203	C205	Los equipos de trabajo deben estar en constante capacitación y mejoramiento a través de las lecciones aprendidas.
R204	C203	Usar herramientas como LPS con un alto grado de detalle permite obtener un cronograma de mayor precisión y facilidad de cumplimiento.
R205	C203	Para desarrollar la dimensión social de la sostenibilidad, es necesario que los <i>Stakeholders</i> se involucren estrechamente de forma constante durante todo el proyecto.
R206	C201	Se recomienda que los nuevos roles estén identificados desde el momento en que se crea el primer equipo de trabajo.
R207	C206	Se recomienda que para los proyectos no se constituyan equipos BIM “adicionales”, para evitar la fragmentación de la industria, las ineficiencias en la comunicación del equipo, el bajo nivel documental y la aparición de cuellos de botella entre otros.
R208	C207	Se recomienda que la definición de la metodología de comunicación se haga a través de un modelo o una plataforma que permita a las áreas involucradas en el desarrollo del proyecto estar enteradas de lo que está sucediendo en tiempo real; esto implica dejar atrás la forma tradicional de comunicación (correo electrónico)
<b>Dominio No. 3</b>		
R301	C301	Se recomienda utilizar la tecnología (modelos BIM) con alto grado de definición en etapas tempranas del proyecto para ahorrar costos en etapas posteriores.
R302	C302	Los proyectos de construcción sostenible se caracterizan por tener ciclo de vida circular, es vital, que en cada etapa se revise los componentes de sostenibilidad con el fin de garantizar el menor consumo de recursos, desde un diseño optimizado hasta su construcción.
R303	C303, C304	El proceso de diseño debe estar pensado y organizado según las 4 características de un edificio de alto rendimiento: construible, operable, usable y sostenible, de este modo en las reuniones se deben evaluar el cumplimiento de estas características.

<b>CÓDIGO</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERADORA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA RECOMENDACIÓN</b>
R304	C302	Para asegurar que se cumplan los objetivos del proyecto se deben involucrar expertos en cada etapa de este, con la finalidad de que se contemplen sus conocimientos en cada etapa
R305	C306	Deben existir mecanismos o herramientas que garanticen que la información está disponible durante todo el ciclo de vida del proyecto, para que cuando se necesite este en tiempo real.
R306	C306	Durante todo el ciclo de vida se deben usar modelos digitales para el desarrollo del proyecto.
<b>Dominio No. 4</b>		
R401	C401	Se recomienda que al momento de planificar la estructura contractual del proyecto se seleccione el modelo contractual IPD para el desarrollo de proyectos de construcción sostenible.
R402	C402	Se deben realizar múltiples opciones de diseños y evaluarlas bajo las métricas establecidas al inicio del proyecto, para escoger la que mejor se adapta a los objetivos.
R403	C403	Desde el inicio se deben establecer los protocolos de trabajo para el desarrollo del producto.
R404	C404	La información a desarrollar debe ser producida para pensando en los objetivos de esta, con la finalidad de evitar reprocesos
R405	C405	En todas las etapas del proyecto se debe tener una buena planificación a fin de evitar desperdicios de recursos.
R406	C407	Desde el inicio las métricas deben estar establecidas para los distintos entregables del equipo de trabajo.
R407	C501	Los requerimientos que debe tener una construcción sostenible se pueden establecer con base a las especificaciones de las certificaciones de sostenibilidad que existen actualmente en el mercado.
R408	C708, C709	El proyecto debe enfocarse en estrategias pasivas desde el principio, por ejemplo, identificar como se puede mejorar el diseño y construcción de un edificio en términos bioclimáticos, ya que esto repercute en el confort de los usuarios y en la construcción misma. Una vez se hayan solucionado esos requerimientos, se explora las demandas que el edificio exige para analizar cómo serán atendidas con estrategias activas.
R409	C509, C510, C708, C709	Se recomienda que la sostenibilidad se relacione con las especificaciones técnicas que se tienen en cuenta en el modelo, por ejemplo, la eficiencia de los sistemas a instalar, el contenido de elementos orgánicos volátiles en los insumos y la energía embebida de los materiales.
R410	C411	Se recomienda que el BEP contenga en su estructura los siguientes aspectos: manejo e intercambio de información (parámetros de calidad y requerimientos de los modelos), control de calidad, objetivos BIM, LOD según la fase del proyecto y usos BIM aplicables al proyecto
R411	C412	Se recomienda que el BEP en su estructura contemple el manejo y flujo de la información en cuanto a formas de entrega de la información, procedimientos, revisiones y versionamientos.
<b>Dominio No. 5</b>		
R501	C501	De acuerdo con los recursos disponibles se debe seleccionar el nivel de madurez de BIM, lo ideal, es el nivel 3 donde se integren los procesos y las organizaciones, trabajando con estándares e información integrada.



<b>CÓDIGO</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERADORA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA RECOMENDACIÓN</b>
R502	C502	Cada etapa requiere modelos que permitan entender los objetivos del proyecto, de allí la importancia de identificarlos para el desarrollo.
R503	C503, C504	Se deben garantizar los recursos en todas las etapas del proyecto para que el flujo de trabajo no se vea interrumpido.
R504	C511	Se recomienda que el CDE sea el gestor de la información del proyecto, por consiguiente, dentro de la estructura del BEP se debe establecer los flujos de información entre responsables del proyecto que permita entender los cambios de estado de la información.
R505	C505	El modelo de trabajo de IPD es no lineal, por eso debe existir procesos cíclicos para ir ganando grado de detalle en cada iteración
R506	C507	BIM debe ser usado exhaustivamente bajo estándares como es la ISO 19650 para que se pueda desarrollar todo su potencial.
R507	C509	Se recomienda que el uso de materiales dentro del proyecto y/o proceso constructivo tenga en cuenta la energía embebida de los mismos, con el fin de que el impacto durante el proceso de fabricación se reduzca y se establezcan estrategias con los proveedores del proyecto, para establecer parámetros de forma contractual en relación con el cumplimiento de sostenibilidad.
R508	C510	Para que un proyecto sea sostenible debe existir una clara comunicación entre todos los especialistas, a fin de encontrar eficiencia en los sistemas; esto conlleva a un proceso integrativo, en el cual, los especialistas del proyecto analizan los objetivos y/o requerimientos generados por los <i>Stakeholders</i> y las estrategias a emplear para el cumplimiento de estos de forma eficiente. Este proceso se realiza por medio de la optimización de sistemas, contando con el acompañamiento de un asesor en sostenibilidad y eficiencia energética.
<b>Dominio No. 6</b>		
R601	C601	Para garantizar que se puedan cumplir los entregables, es importante establecer el tipo del edificio que se quiere, las herramientas y su funcionamiento.
R602	C602	Los criterios de éxito del proyecto deben ir más allá de la triple restricción, se deben incluir criterios de sostenibilidad como el impacto a la economía local y la afectación a sus ecosistemas
R603	C603	Se debe contar con una exhaustiva simulación de las opciones diseñadas, para que la opción construida sea la que mejor cumple con los requerimientos del entregable
<b>Dominio No. 7</b>		
R701	C701, C705	Dentro de las métricas se debe incluir la cantidad de recursos ahorrados, la calidad interior y los impactos generados.
R702	C704	La información producida durante el desarrollo del proyecto debe tener el suficiente grado de detalle para poder cumplir con las métricas.
R703	C705	El establecimiento y entendimiento de los objetivos del proyecto, permite transformarlos en métricas.
R704	C707	Se recomienda que se generen modelos virtuales en donde se representen las métricas.
R705	C711	Se recomienda que el BEP dentro de su estructura establezca los procedimientos que permitan enlazar el cumplimiento de las condiciones planteadas en el BEP para el desarrollo del proyecto, con las métricas de calidad.
<b>Dominio No. 8</b>		
R801	C801	Simular los procesos constructivos, operación, y demás procesos es vital para reducir los riesgos y la incertidumbre.

<b>CÓDIGO</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERADORA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA RECOMENDACIÓN</b>
R802		Se debe hacer una investigación en cuanto a requerimientos para reducir incertidumbre y lograr los objetivos del proyecto.
R803	C802	Usar la información generada para monitorear los cambios de precios de los recursos se debe realizar por medio de los modelos virtuales.

**Fuente:** Elaboración propia

## **5.4 RECOMENDACIONES DE LA VERIFICACIÓN DE LOS EXPERTOS**

En la siguiente tabla se presentan las observaciones de los expertos que evaluaron la guía

*Tabla 13. Recomendaciones y observaciones de expertos*

<b>Experto</b>	<b>Recomendación</b>	<b>Implementación/ Sección guía</b>
José Arturo Rodríguez	Ampliar la guía con una descripción de roles y responsabilidades y (o RACI (quien es responsable de que) así como el resultado que se espera en los macroprocesos.	No / Na
Juan Hurtado	El CDE debe tener la relevancia que tiene el espacio físico, ya que el CDE debe comportarse como catalizador donde se desarrolla el trabajo colaborativo y las demás características del marco IPD	Sí / Se incluye a lo largo del ciclo de vida del proyecto
	Las iteraciones en el macroproceso de diseño deben estructurarse basándose en los estados de la información.	Sí / se incluye en el macroproceso de diseño

**Fuente:** Elaboración propia

## **9. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA INTEGRANDO BIM – ETAPAS DE PLANEACIÓN Y MONITOREO Y CONTROL**

*Estás aquí porque sabes algo. Aunque lo que sabes no lo puedes explicar. Pero lo percibes. Ha sido así durante toda tu vida. Algo no funciona en el mundo. No sabes lo que es, pero ahí está como una astilla clavada en tu mente y te está enloqueciendo.*

Morfeo, Matrix (1999)

### **.1. Introducción**

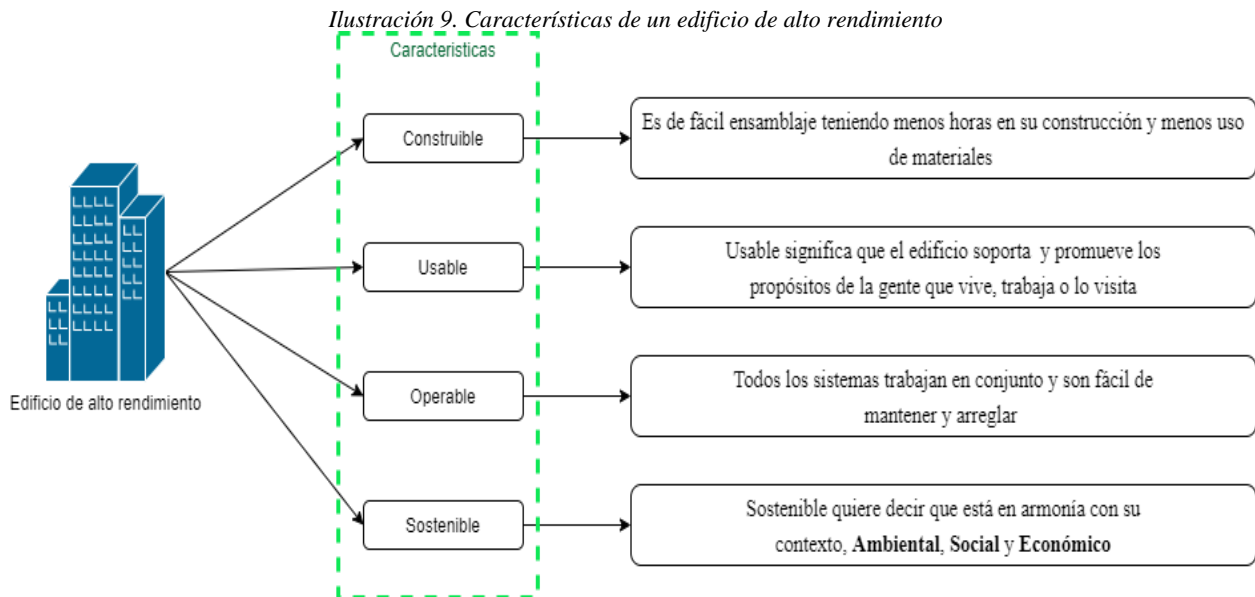
Querido lector, este documento es el resultado del trabajo de grado que lleva por nombre el mismo de esta guía. El trabajo nace desde la inconformidad del desempeño presentado en el sector de la construcción, no es un secreto que, a pesar de ser de los principales motores de la economía, el sector de la construcción es visto como de baja fiabilidad en cuanto al cumplimiento de cronograma, presupuesto o alcance de los proyectos que se realizan.

El propósito del trabajo de grado es brindar una guía que contribuya en aumentar la productividad en el sector de la construcción, permitiendo que los proyectos se alinean con los requerimientos que la sociedad está exigiendo en cuanto a sostenibilidad y adopción de nuevas tecnologías. Desde la academia a los arquitectos se les enseña que no se debe hablar de edificios sostenibles porque al igual que los tres principios vitruvianos, la sostenibilidad debería ser innata y debería estar siempre presente. En respuesta a estos requerimientos sociales, esta guía contiene los lineamientos que un gerente de proyectos deberá exigir a su equipo de proyectos para que el producto del proyecto sea un edificio sostenible, independientemente de si se va a optar por una certificación o no.

La guía está dividida en tres secciones de la siguiente manera. En la primera se presenta el concepto de edificio de alto rendimiento y las características de este. A continuación, se presenta el marco de desarrollo de proyectos IPD y sus ventajas frente a los modelos tradicionales. Finalmente, en la tercera sección se presenta el flujo de trabajo propuesto desde la investigación realizada en el trabajo de grado.

### **.2. Edificios de alto rendimiento**

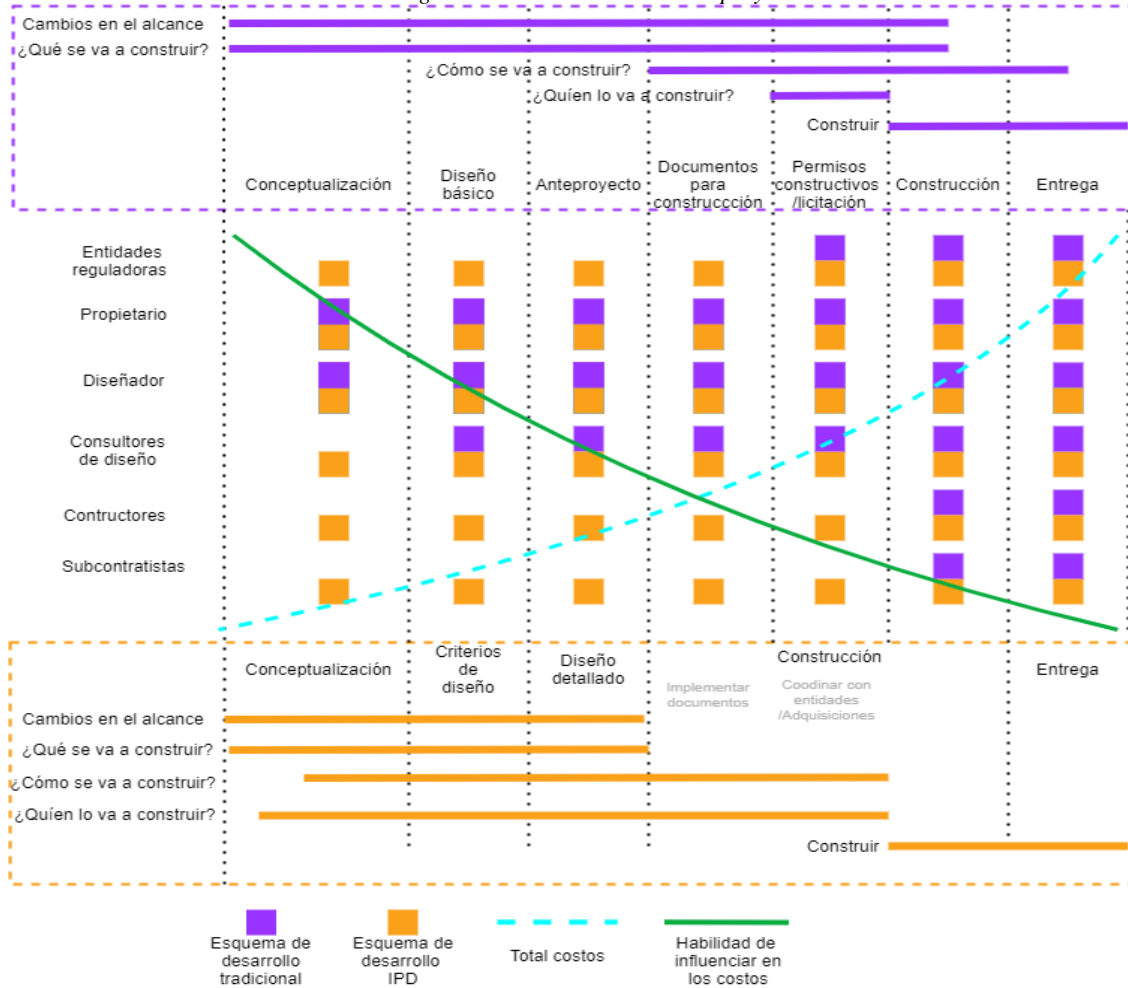
No existe una sola definición de un edificio de alto rendimiento, por ejemplo, Charles Kibert en su libro *Sustainable Construction Green Building and Delivery* (2016) expone que el término se asocia con edificios verdes donde existe un DISEÑO integrado, Fischer et al. et al, en *Integrated Project Delivery*, (2017), van más allá y brindan 4 características que debe cumplir una edificación para alcanzar este “título” (Ilustración 9)



### **.3. Marco de desarrollo IPD**

IPD (*Integrated Project Delivery* o en español entrega integrada de proyectos) es un método de gestión de proyectos enfocado en cambiar el paradigma, donde se reconoce que la construcción se ha desarrollado de forma lineal y el producto final es una suma de partes, es decir, el arquitecto hace un diseño, se lo entrega al calculista y a los diseñadores MEP, quienes posteriormente realizan los diseños de su especialidad, transfieren esta información a obra y allí se solucionan las “incongruencias” que se detecten. Esta fragmentación se ha identificado como una de las causas de la baja productividad del sector de la construcción (Camacol & McKinsey & Company, 2017), sumado a factores como baja implementación de tecnología y errores de diseño. En contraste, IPD busca generar flujos de trabajo colaborativos, donde los *Stakeholders* se involucren en etapas más tempranas para tener mayor influencia en la toma de decisiones y por ende en los costos del proyecto ver Ilustración 10. Cuando se sobrepone el gráfico de impacto en los costos y gastos acumulados, frente a la etapa en la que se integra al proyecto cada *Stakeholder*, se puede apreciar que estos tradicionalmente se integran cuando hay muy poca habilidad de influir y la materialización de un cambio representará un exceso en el costo.

Ilustración 10. Integración de Stakeholders en los proyectos



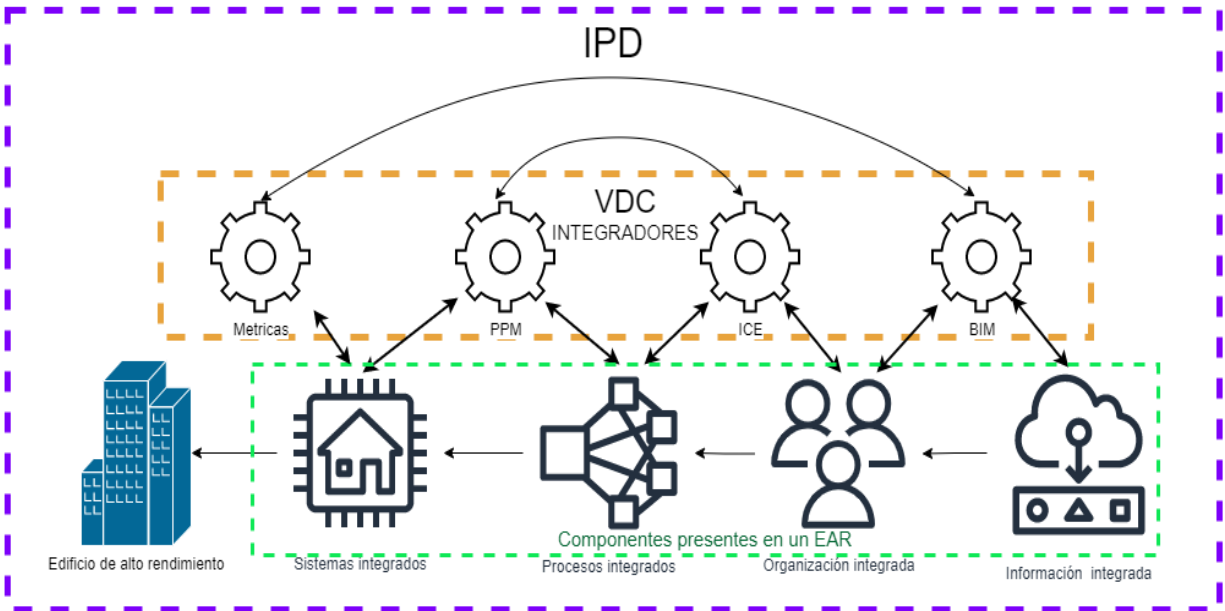
Fuente: Elaboración propia a partir de AIA California Council

De forma abstracta, la planeación de un proyecto de construcción se resume en 3 preguntas ¿Qué se va a construir? ¿Cómo se va a construir? y ¿Quién lo va a construir? En la Ilustración 10 se contrasta cómo IPD cambia el paradigma y busca que haya certeza en el desarrollo del proyecto antes de empezar la ejecución, por ende, los reprocesos en obra no deberían existir. En adición, buscando cambiar el paradigma de la construcción tradicional, IPD da más relevancia al equipo de trabajo que a la forma en que se va a construir el producto, la cual, es definida con la participación del constructor desde la etapa de diseño.

Si bien formalmente IPD es un marco de desarrollo de proyectos donde se reparten los riesgos y las ganancias entre los *Stakeholders*, el objetivo de implementar este marco de trabajo colaborativo va más allá de las utilidades, la finalidad del marco es construir un edificio de alto rendimiento. Para cumplir este objetivo, la edificación debe tener sus sistemas integrados (Primer componente). Tradicionalmente un edificio se construye como la suma de sus sistemas, en contraste, para lograr una edificación de alto rendimiento IPD Ilustración 11 propone que esto cambie y desde el inicio, el proyecto se conciba con el desarrollo de diseños integrados, es decir,

las distintas disciplinas deben trabajar en conjunto para diseñar sistemas que funcionan en sinergia agregando valor al edificio.

Ilustración 11. Componentes IPD y articuladores VDC



**Fuente:** Elaboración propia a partir de Fisher et al (2017)

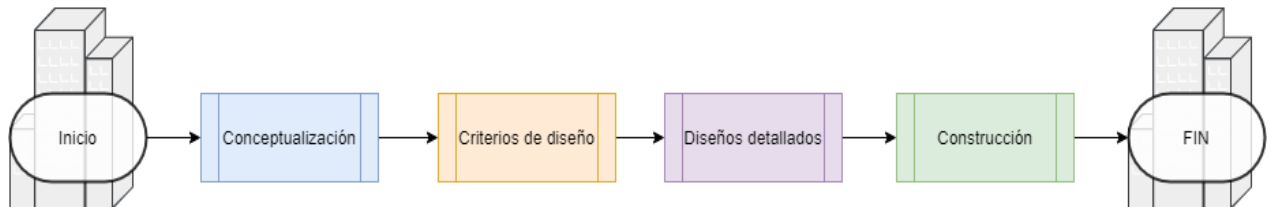
El segundo componente hace referencia a los procesos integrados, los cuales permiten incorporar el conocimiento de todas las especialidades para que el edificio pueda ser construido, usado y operado de la forma más efectiva. Los procesos y sistemas se integran mediante la gerencia de producción de proyectos (Fisher et al, 2017), esto es, diseñar y gestionar los procesos de producción y actividades de trabajo para el proyecto en su ciclo de vida.

El tercer componente es la organización integrada y hace referencia a que todos los integrantes del proyecto trabajan bajo una misma estructura creando pertenencia al proyecto y fortaleciendo el trabajo en equipo bajo un mismo objetivo. La organización y los procesos se articulan mediante ICE (*Integrated Concurrent Engineering*) que son reuniones conformadas por distintas especialidades, donde las personas se integran para diseñar soluciones ya sea para la construcción del edificio o la ejecución de procesos del proyecto. De esta forma, la información integrada se convierte en el eje principal del proyecto puesto que todos los *Stakeholders* deben tener acceso a la información en tiempo real para tomar decisiones; ahora bien, es esencial que esta información sea producida bajo estándares establecidos en el plan de gerencia - BEP. Paralelo a esto, es necesario planear el intercambio de información para asegurar la calidad de los productos a fin de que estos puedan ser usados en las simulaciones diseñadas para el proyecto. La información debe realizarse por medio de BIM (articula la información y los sistemas) siendo esta una tecnología (no solo software) (Eyzaguirre, 2020) que permite simular y visualizar la información producida por cada especialidad reduciendo incertidumbre y manejando los riesgos del proyecto, debido a que facilita la visualización y análisis de procesos que el dibujo tradicional actualmente no permite.

#### .4. FLUJO DE TRABAJO IPD

A continuación, en la Ilustración 12 se presenta el flujo de trabajo objeto de esta guía. El flujo de trabajo propuesto en esta guía es sintetizado en 4 macroprocesos, los cuales corresponden a fases del ciclo de vida del proyecto, iniciando en la conceptualización y terminando con la construcción del producto.

Ilustración 12. Flujo de trabajo IPD



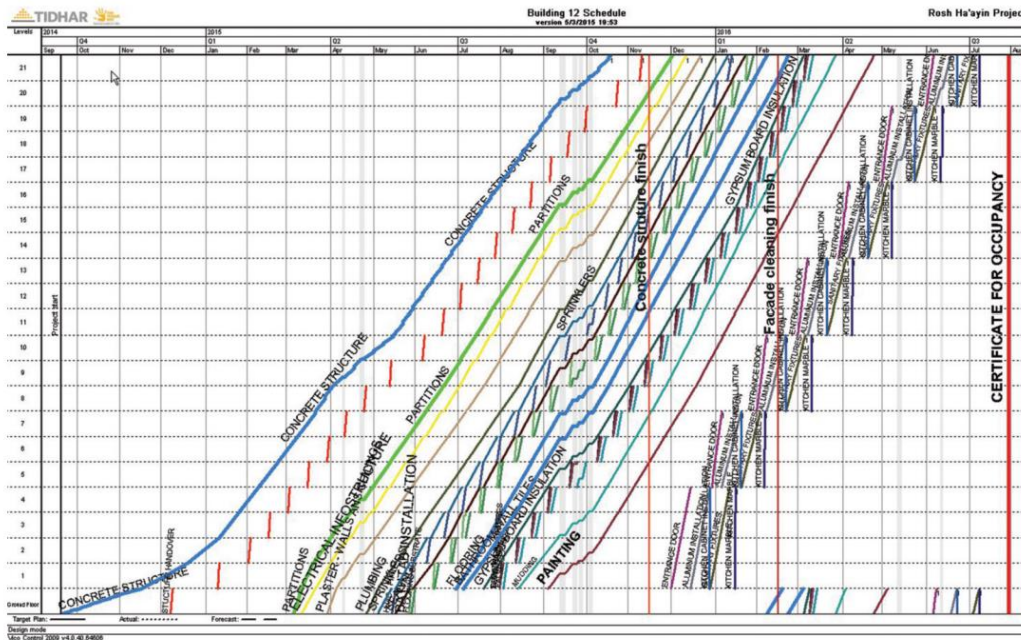
**Fuente:** Elaboración propia

Cada macroproceso alberga en su interior procesos y reuniones que dan origen a salidas y documentos claves para el éxito del proyecto. En la ampliación del flujo de trabajo propuesto (Ilustración 15) se observa como cada proceso está ligado a alguna característica de IPD (Ilustración 11). En adición, a las reuniones ICE se incluye la actividad de realizar el control y evaluación de las métricas del proyecto (identificadas con un punto rojo), a continuación, se presentan varias herramientas que proponen los marcos IPD, VDC, PMI para poder hacer monitoreo y control al proyecto.

Tradicionalmente los proyectos se “chequean” una vez al mes y las medidas usadas se enfocan en métricas de resultados que no muestran las causas de los problemas. Es por ello por lo que IPD propone que el articulador de métricas se use para evaluar el proyecto de forma recurrente. Ya sea respecto al proyecto (cronograma, recursos, costos), o el producto (cumplimiento métricas).

Herramientas tradicionales como CPM condensan todos los detalles de producción en una caja sencilla, dejando de lado conceptos como la tasa de producción y la fluctuación de esta (Sacks, Korb, et al., 2018). Para complementar el monitoreo de los proyectos se proponen herramientas como *location-base management* (Ilustración 13). La cual consiste en dividir el proyecto en secciones (graficadas en el eje y) y el tiempo (eje x) de esta forma se obtienen gráficamente las actividades a realizar en cada sección y en qué momento. En consecuencia, se obtienen paquetes de trabajo (*batch*) más pequeños y por ende controlables.

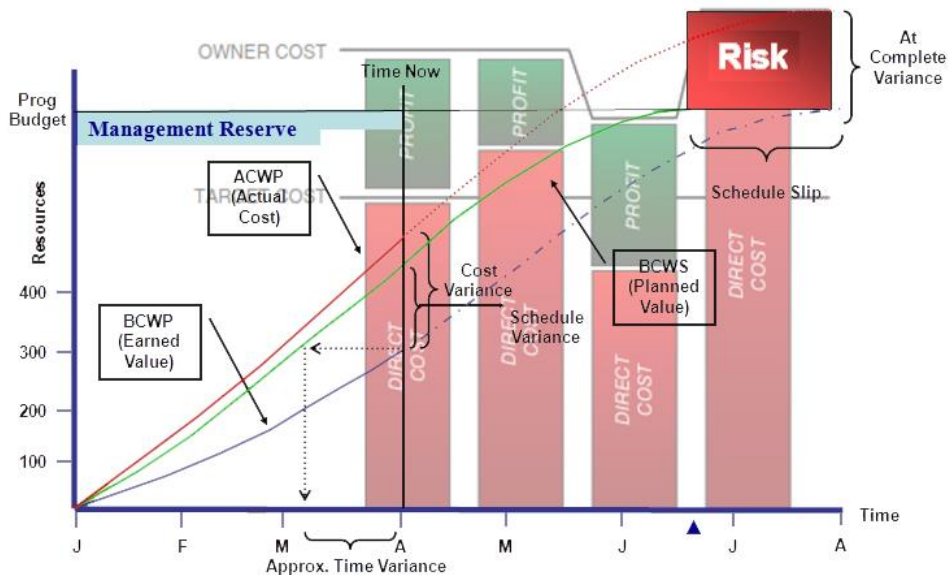
Ilustración 13. Line-of-balance chart de un proyecto de vivienda



Fuente: Sacks et al. 2018

Uno de los grandes cambios de paradigma en IPD es compartir las ganancias y los riesgos entre los *Stakeholders* y el propietario, en orden de obtener ganancias es importante conocer el estado del proyecto para tomar las acciones que este requiera, es por ello que se recomienda implementar un enfoque de seguimiento basado en las técnicas de *Earned Value Management* (EVM) para medir el desempeño del proyecto a partir de la comparación de su avance real, frente a lo planeado, permitiendo evaluar tendencias y formular pronósticos.

Ilustración 14. EVM para el control de proyectos IPD



Fuente: Elaboración propia a partir de (Fisher et al, 2017) y (Premier Agile, s.f)



Para implementar las técnicas de EVM, se recomienda definir para cualquier etapa del proyecto: el *Budget Cost of Work Schedule* (BCWS o PV), determinado a partir de las líneas base del proyecto (las cuales se crean durante el macroproceso “Criterios de diseño”), el *Actual Cost of Work Performed*, (ACWP ó AC) y el *Budget Cost of Work Performed* (BCWP ó EV), los cuales se determinan a partir de los reportes de avance en tiempo real del proyecto. Una vez obtenidos estos datos, que conforman la materia prima del estado de proyecto en su ejecución, se recomienda determinar las desviaciones en cuanto a costo y cronograma: *Schedule Variance* (SV) y *Cost Variance* (CV) así como los índices de rendimiento del costo y cronograma: *Cost Performance Index* (CPI) y *Schedule Performance Index* (SPI), una vez determinados dichos índices de seguimiento, se realiza el análisis del estado de desarrollo del proyecto a fin de identificar si el mismo está dado cumplimiento a las líneas base definidas en el macroproceso “Criterios de diseño”, o si se presentan desviaciones que impliquen retrasos en cronograma y/o sobrecostos; en cuyo caso, y de acuerdo con el marco contractual IPD donde los riesgos y las ganancias de proyecto, se reparten entre el propietario, arquitecto y constructor, se recomienda que el impacto a las partes involucradas se distribuya, teniendo en cuenta que el resultado numérico de cada índice y desviación representa el estado de desarrollo del proyecto, como se muestra a continuación:

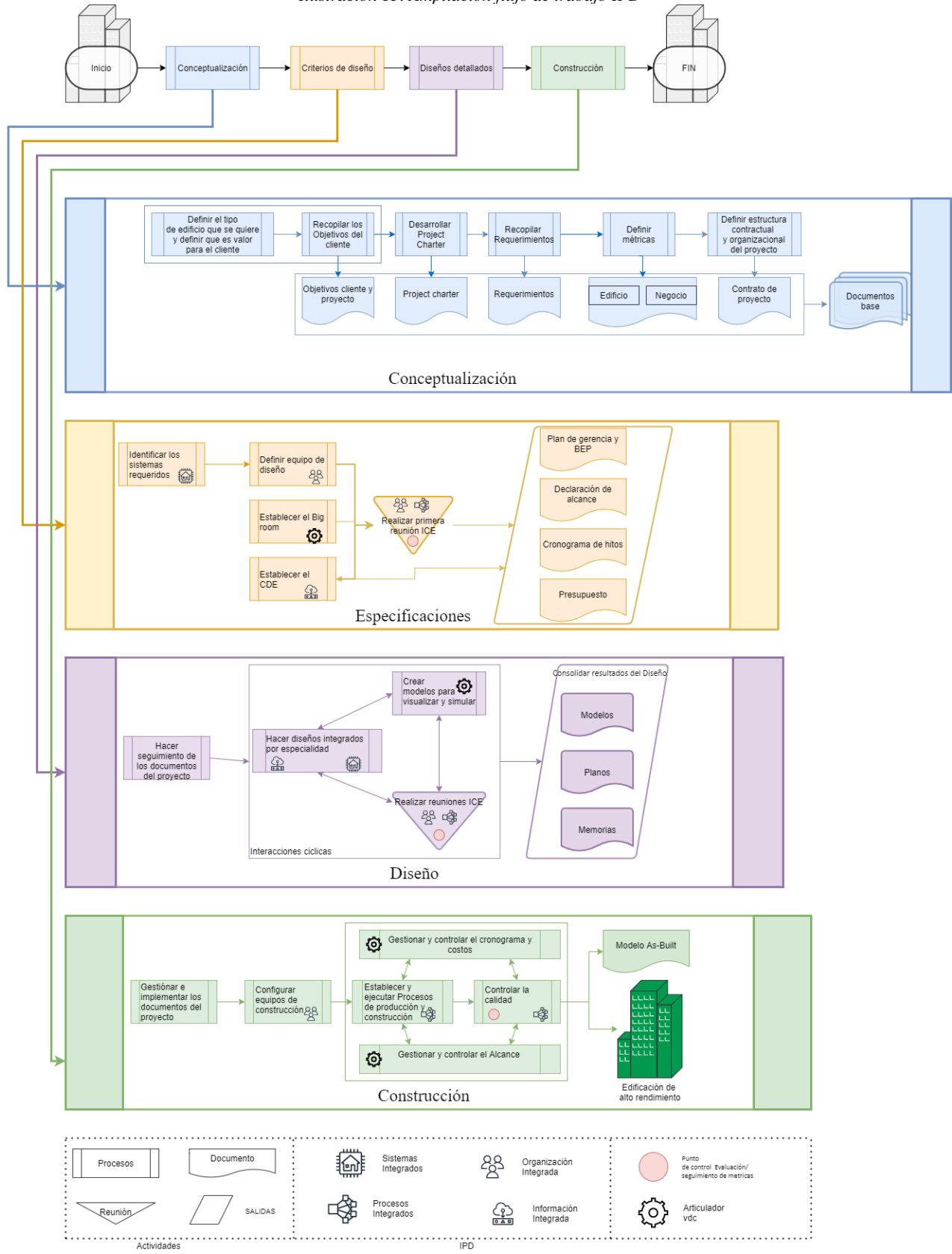
Tabla 14. Estado del proyecto en función de las variables de EVM

Área de gestión y control	Desviación	Índices	Descripción
Cronograma	$SV > 0$	$SPI \geq 1$	Indica que a la fecha de corte el proyecto ha avanzado más de lo planeado en la línea base.
	$SV < 0$	$SPI \leq 1$	Indica que a la fecha de corte existe un retraso en el alcance del proyecto.
Costo	$CV > 0$	$CPI \geq 1$	Indica que a la fecha el proyecto está teniendo ahorros en términos de costo.
	$CV < 0$	$CPI \leq 1$	Indica que a la fecha de corte se ha excedido el presupuesto destinado para la ejecución del proyecto

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las técnicas de EVM

Como se puede ver la clave para poder monitorear y controlar el proyecto es tener un gran nivel de detalle, ya sea de actividades y locaciones, en orden de que el proyecto se comporte como una línea de producción en vez de contratos disgregados. Finalmente, la transparencia al momento de producir la información y compartirla con el resto de los integrantes para que a través de estos datos extraídos desde el CDE puedan ser usados para evaluar las métricas y generar las evaluaciones de desempeño.

Ilustración 15. Ampliación flujo de trabajo IPD

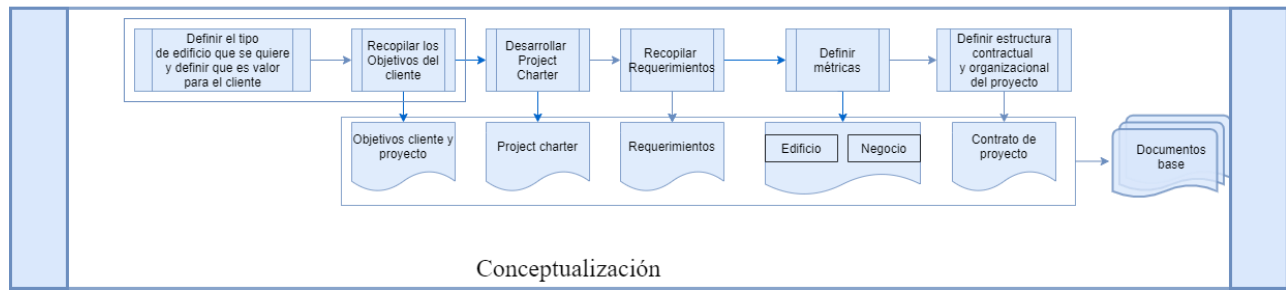


Fuente: Elaboración propia

## .4.1. Macroproceso: Conceptualización

En este macroproceso se busca establecer los lineamientos con los que el equipo de diseño va a trabajar para lograr el producto final, teniendo como resultado los documentos que posteriormente se constituyen en guías de los procesos de diseño y construcción.

Ilustración 16. Macroproceso - Conceptualización



Fuente: Elaboración propia

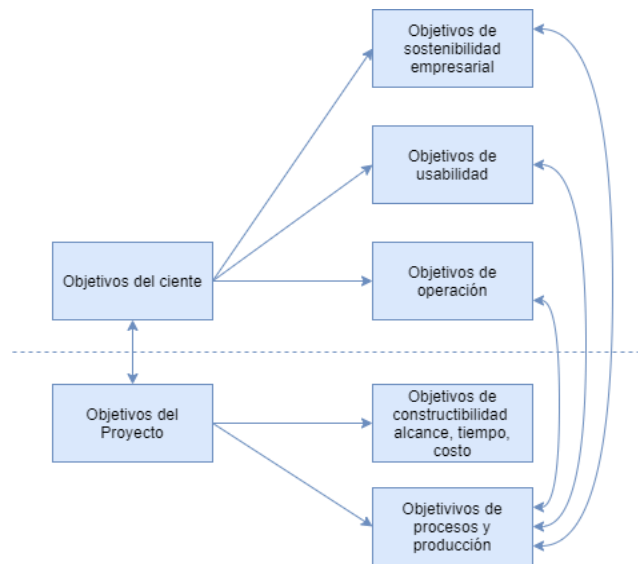
### .4.1.1. Definir qué tipo de edificio se requiere y definir qué es valor para el cliente

En este proceso se busca establecer las expectativas del cliente en función del producto a construir; se debe entender qué es valor para el cliente, lo cual implica, entender las necesidades del cliente, el funcionamiento del negocio y los valores que después serán plasmados en métricas. En este proceso se puede usar técnicas como *desing thinking* (Fischer et al., 2017)

### .4.1.2. Recopilar los objetivos del cliente y transformarlos en objetivos del equipo de proyecto

En este proceso se identifican las metas y los objetivos que son relevantes para fortalecer la sostenibilidad del negocio del cliente y el propósito para los usuarios del edificio a construir. Posteriormente, estos se traducen en objetivos de rendimiento que facilitan el desarrollo del proyecto. En la Ilustración 17 se aprecia cómo los objetivos del cliente se convierten en objetivos del proyecto, y en adición también se deben establecer objetivos propios del proyecto relacionados con el cronograma, alcance, y presupuesto, se recomienda hacer los primeros modelos en donde se plasmen los objetivos para facilitar el entendimiento de estos.

Ilustración 17. Objetivos del cliente y del proyecto



Fuente: Fisher et al (2017)

#### .4.1.3. Desarrollar Acta de constitución del Proyecto - Project charter

Este proceso consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al Gerente del Proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto (PMI,2016). Para este proceso se sugiere seguir lo propuesto en el PMBOK 6ta edición en su sección 4.1. Sumados a las secciones propuestas por el PMI se deben anexar los objetivos establecidos en el numeral 3.1.2

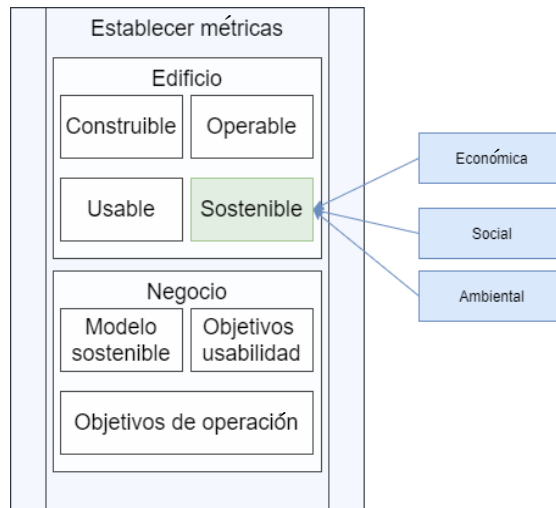
#### .4.1.4. Recopilar los requerimientos

Proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y requerimientos de los *Stakeholders* para cumplir los objetivos del Proyecto. (PMI2016). Para este proceso se sugiere seguir lo propuesto en el PMBOK 6ta edición en su sección 5.2, en adición, se deben plantear criterios de sostenibilidad en las distintas escalas desde nacional hasta local.

#### .4.1.5. Definir métricas

Las métricas permiten al equipo del proyecto tener un norte y controlar constantemente el rendimiento y la alineación con los objetivos del equipo de trabajo y de los entregables producidos a lo largo de las fases de diseño. Dentro de las métricas a definir existen dos categorías: el primer grupo son las métricas del edificio.

Ilustración 18. Grupos de métricas



**Fuente:** Fisher et al (2017)

El primer grupo de métricas está alineado con las (4) características de una edificación de alto rendimiento, dentro de un contexto nacional existe conexión entre la sostenibilidad y cada componente específico. En la característica construible, el criterio de sostenibilidad tiene en cuenta la elección de materiales (su ciclo de vida y huella de carbono) y generación de residuos. El uso de prefabricados aumenta la productividad, reduce costos y desperdicios, sin dejar de lado la seguridad de la mano de obra encargada de la construcción. En la característica usable se trabaja la dimensión social en donde el edificio vela por su relación con los usuarios en términos de su función, las relaciones físicas (confort), su relación con los vecinos desde el involucramiento de estos en el diseño hasta su operación. La característica operable, es esencial para la priorización del ciclo de vida y el consumo que representa el producto (energético, combustibles, hídrico, entre otros), es decir, minimizar los recursos que se consumen maximizando la rentabilidad del proyecto. Aunque el componente de sostenibilidad es transversal, es necesario tener en cuenta la relación del producto del proyecto con el entorno en términos de desarrollo social, esto comprende la generación de empleo local, el mejoramiento de la infraestructura existente y asegurar una buena calidad del ambiente en términos ambientales y sociales.

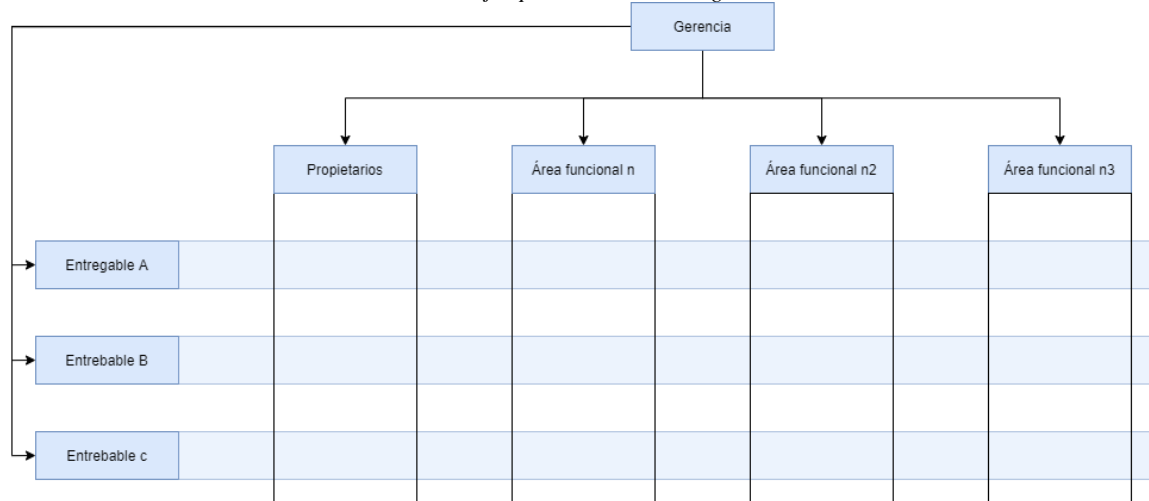
En el segundo grupo de métricas están las que involucran al negocio del cliente, es por ello por lo que la edificación como activo debe servir para que este modelo sea sostenible en el tiempo, que la edificación sirva y fomente su propósito; por ejemplo, si la construcción se trata de un colegio que sea uno que incentive el querer aprender y enseñar, y finalmente que la operación del activo esté dentro de los objetivos del propietario, Fisher et al (2017) en su libro *Integrating Project Delivery* capítulo 11 expone ejemplos de métricas económicas, de calidad, seguridad, cronograma y su cumplimiento.

#### **6.4.1.6. Establecer estructura contractual y organizacional del proyecto**

En este proceso se debe escoger el marco contractual a usar en el proyecto. García et al (2017) proporciona varios marcos contractuales, como administración delegada, precios unitarios y precio global. Todas estas estructuras legales son usadas tradicionalmente incluyendo los

problemas que conllevan; por ejemplo, la fragmentación del sector de la construcción. En esta guía se propone adoptar el marco contractual IPD donde los riesgos y las ganancias de proyecto, se reparten entre el propietario, arquitecto y constructor, teniendo que colaborar estrechamente. Respecto a la estructura organizacional, se debe buscar una que integre los *Stakeholders* internos para que exista una comunicación efectiva y se pueda lograr la organización integrada

Ilustración 19. Ejemplo de estructura organizacional

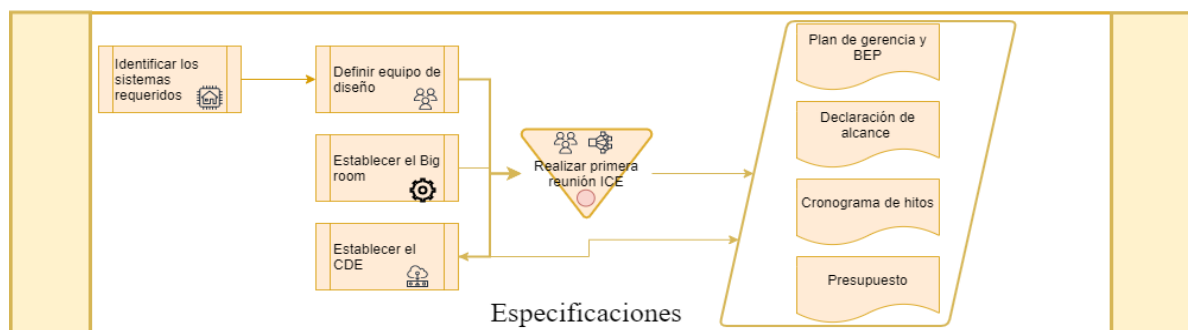


Fuente: Elaboración propia a partir de Garcia et al 2017

#### 4.2. Macroproceso: Criterios de diseño

IPD se fundamenta en la confianza entre todos los *Stakeholders*, por lo que, la planeación del proyecto debe ser de forma colaborativa y de forma activa a lo largo de todo el macroproceso. Esta colaboración se debe ver reflejada desde el diseño del flujo de trabajo que se va a implementar hasta las herramientas propias del proyecto; por ejemplo, el cronograma se realiza de forma colaborativa donde el equipo establece los hitos y usando herramientas como *last planner system* se van estableciendo las actividades y duración de forma colaborativa con el objetivo de cumplir el cronograma maestro; tanto este cronograma como los documentos graficados en el macroproceso son los productos finales de todo el macroproceso Criterios de diseño. Este ejemplo solo es uno de los tantos documentos que se obtienen de forma colaborativa cumpliendo con la característica de ser una organización integrada.

Ilustración 20. Macroproceso - Criterios de diseño



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. Identificar los sistemas requeridos y definir el equipo de diseño

De nuevo, trabajar colaborativamente es la clave del éxito en los proyectos IPD, este marco de desarrollo busca que un edificio no sea la suma de sistemas, por el contrario, que el diseño corresponda a la integración de conocimientos de todas las especialidades para tener un edificio de alto rendimiento. Con la finalidad de hacer una correcta integración de especialidades y sus conocimientos, es primordial identificar los sistemas que se involucran en el edificio con el objetivo de conformar el equipo de diseño que será encargado de cumplir los objetivos propuestos, hay que hacer hincapié en que no solo se debe integrar al equipo de trabajo a los sistemas tradicionales, se deben incluir expertos en el resto del ciclo de vida del proyecto ya sea constructores, y *facility managers*.

Las nuevas tecnologías como BIM, exigen que se involucren al proyecto nuevos roles que deben integrarse con el resto de los participantes de los equipos de diseño con la finalidad que la información sea integrada y se desarrolle de acuerdo con los lineamientos establecidos en el plan de gerencia y el BEP. En la Tabla 8, se presentan los roles BIM involucrados en el desarrollo de proyectos de construcciones de edificaciones sostenibles. Estos roles están definidos en función de las especificaciones establecidas en el BIM KIT Volumen 1 del BIM FORUM Colombia y los hallazgos identificados en las encuestas y entrevistas realizadas en el proceso de investigación.

Tabla 15. Roles BIM y responsabilidades en Diseño y Construcción

ROLES	Responsabilidades	
	En Diseño	En Construcción
<i>BIM Manager</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir las directivas para la implementación de la metodología BIM de acuerdo con las particularidades del proyecto.</li> <li>- Generar el Plan de Ejecución BIM (BEP)</li> <li>- Definir procesos, procedimientos y rutas de comunicación e intercambios de información entre los <i>Stakeholders</i> del proyecto.</li> <li>- Definir usos de las herramientas empleadas en la implementación de la metodología BIM para el desarrollo del modelo integrado y las estimaciones del cronograma y del presupuesto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el avance del proyecto.</li> <li>- Actualizar (en caso de ser necesario) el Plan de Ejecución BIM</li> <li>- Desarrollar y garantizar la funcionalidad de los usos de las herramientas empleadas en la implementación de la metodología BIM e informar a todas las dependencias.</li> </ul>
<i>BIM Coordinator</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir las directivas para la implementación de la metodología BIM de acuerdo con las particularidades del proyecto.</li> <li>- Definir estrategias y simulaciones que permitan la integración óptima de los flujos de trabajo de todas las disciplinas involucradas en el proyecto.</li> <li>- Gestionar modelos BIM del proyecto para la estimación del cronograma y presupuesto del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestionar la implementación del Plan de Ejecución BIM en obra con la participación de los contratistas.</li> <li>- Auditar el cumplimiento de los estándares BIM definidos por la organización en modelos del proyecto.</li> <li>- Generar información BIM que reporte el estado de avance del proyecto y la eficacia de la coordinación de las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto.</li> </ul>

ROLES	Responsabilidades	
	En Diseño	En Construcción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir estándares de reporte de información <i>As built</i>.</li> <li>- Gestionar y consolidar la información contenida en el Plan de Ejecución BIM del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditar la calidad de los entregables y la información <i>As built</i> recolectada en obra.</li> </ul>
<i>BIM Modeler</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líder de la disciplina de diseño.</li> <li>- Desarrollar, gestionar y editar los modelos BIM del proyecto para contribuir en la definición de la hoja de ruta a implementar en el proceso de construcción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentar por cada disciplina la información de los modelos BIM.</li> <li>- Plasmar la información de reporte de avance de obra en los formatos BIM definidos para tal fin.</li> <li>- Implementar los estándares, protocolos y estrategias definidas por la organización para el reporte de la información.</li> </ul>
<i>Information Manager</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que la información del proyecto se produzca de la forma correcta en cuanto a nomenclatura, flujos de revisión, versionamiento, entre otros.</li> <li>- Garantizar la eficacia de los procedimientos y flujos de comunicación entre las diferentes disciplinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditar los procesos de la metodología BIM</li> <li>- Auditar la calidad de la información generada en obra.</li> <li>- Supervisar el cumplimiento de los estándares, protocolos y estrategias definidas por la organización para el reporte de la información.</li> <li>- Supervisar el cumplimiento del BEP en las actividades desarrolladas en obra.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en el BIM KIT Volumen 1 del BIM FORUM Colombia

Aunque si bien los profesionales involucrados en estos roles deben tener amplio conocimiento en el uso de herramientas y de la tecnología BIM, más que agregar o reemplazar personas a los proyectos se debe procurar que el recurso humano esté en constante aprendizaje. Es decir, aclarar que los nuevos roles que se integran son propios de BIM y tienen funciones específicas en el proyecto, en contraste se debe evitar integrar roles propios del sector con el complemento BIM, por ejemplo, arquitecto BIM o Residente BIM, ya que como se mencionó antes todos los *Stakeholders* deben tener amplio conocimiento para poder integrarse al flujo de trabajo. En términos de sostenibilidad (particularmente la dimensión social) la inversión en capacitar a todo el personal involucrado en el desarrollo de un edificio de alto rendimiento tiene repercusiones en una organización que realiza sus procesos integrados.

#### **.4.2.2. Establecer *Bigroom***

La colaboración es la clave del éxito de los proyectos, pero no solo es relacionar los flujos de trabajo, el conocimiento y la información. Involucrar un espacio físico es la clave para que todos los *Stakeholders* puedan interactuar, trabajar con pares y discutir las ideas propuestas. Para desarrollar una colocación exitosa, es necesario un espacio físico que cumpla con los requerimientos tanto físicos como tecnológicos ya que en este espacio se van a desarrollar



reuniones ICE y las etapas de trabajo por especialidad. Como beneficio, no solo se mejora la comunicación y la colaboración, sino también la interacción entre *Stakeholders* fomenta la apropiación de los objetivos y el compromiso frente a ellos, así como mejora la toma de decisiones.

#### .4.2.3. Establecer CDE

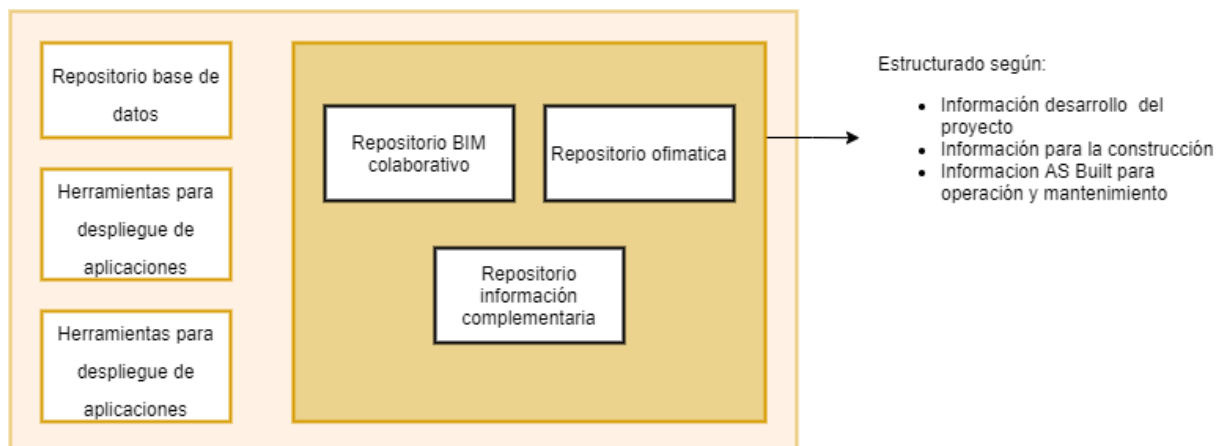
Al igual que el talento humano, la información también debe estar concentrada en un espacio virtual. Este espacio se conoce como el entorno común de datos CDE. Según BuildingSmart (2019) el CDE se define como una herramienta que permite recopilar, gestionar y difundir datos de modelos y documentos entre la organización integrada. La estructuración del CDE debe estar basado en normas como la norma ISO-19650; la cual estipula cómo se debe gestionar la información a lo largo del ciclo de vida de un activo construido utilizando BIM.

El CDE debe permitir:

- incorporar, consultar y obtener la información del proyecto, teniendo trazabilidad de la información entre las distintas versiones.
- Gestión de accesos de la información, donde según corresponda se de permisos
- Flujos de trabajo integrados en la gestión de la documentación: aprobaciones, comentarios,
- Visualización y anotación de archivos y modelos;
- Gestión de modelos federados: combinación de archivos IFC para su visualización y análisis

En orden de cumplir el marco de desarrollos de proyectos IPD, el CDE es la herramienta clave para tener la información integrada. En la Ilustración 21 se puede observar un ejemplo de la estructuración de un CDE con distintos repositorios de información, estos pueden ser una sola plataforma, o el uso de múltiples, por ejemplo, OneDrive para ofimática y BIM 360 para el control de los modelos BIM, en otras palabras un CDE va más allá de un repositorio cloud, corresponde a un espacio virtual que debe catalizar el trabajo colaborativo por medio del intercambio de información, la cual al ser integrada permite que se extraigan datos en tiempo real. El espíritu de la información integrada es que mediante BIM se articule con la organización, reconociendo los procesos que esta tiene y adaptando los flujos de trabajo propios de BIM y VDC.

*Ilustración 21. Ejemplo de una estructura CDE*



**Fuente:** Elaboración propia a partir de observaciones del entrevistado Juan Hurtado

#### **.4.2.4. Primera reunión ICE**

*Integrate Concurrent Engineering* o en español Integración de Ingeniería Concurrente, es un tipo de reunión donde participan distintas especialidades y en donde se integran conocimientos, procesos o productos de forma concurrente, es decir, hay colaboración continua a lo largo de todo el ciclo del proyecto entre personas para ingeniar diseños, soluciones y creaciones. Las reuniones ICE pueden tener dos orientaciones, la primera, enfocada al producto, en donde se busca mejorar y optimizar el diseño que se está analizando, desde una perspectiva integral y la segunda enfocada en los procesos del proyecto, en donde se establecen los flujos de información, comunicación y los procesos que se manejan internamente en el proyecto. La primera reunión ICE obedece al enfoque orientado en procesos, en donde de forma colaborativa se desarrolla desde el plan de comunicaciones el cual debe ser claro y alineado con la información; el cronograma intermedio, donde se especifican los hitos, las actividades y recursos necesarios para cumplir estos hitos; los presupuestos; el alcance de la edificación a diseñar; el plan de gerencia, que debe estar articulado con el BEP con el objetivo de que la información integrada cumpla su propósito. En adición, esta primera reunión sirve como punto de control donde se socializan y evalúan las métricas que se convertirán en el norte al momento de empezar a trabajar.

Existen factores que garantizan que una sesión ICE sea exitosa, por ejemplo, antes de iniciar, se debe definir el propósito, los resultados esperados, los participantes y la agenda a desarrollar (Celis & Humani, 2020); durante la sesión es vital el involucramiento de las personas que están a cargo de la toma de decisiones del tema a tratar, al igual que los modelos 3D; tener indicadores acerca de los temas tratados en la reunión facilita el entendimiento de las cuestiones a desarrollar y facilita formular la respuesta frente a ellos, siempre pensando en la reducción de desperdicios. Finalmente, se debe recalcar que todos los participantes deben trabajar en cobicación.

#### **.4.2.5. Documentos base**

En esta sección se describe como los documentos tradicionales que propone el PMI en su marco de trabajo se complementan con IPD, VDC, y BIM para garantizar el cumplimiento de los objetivos, ya sea mediante un mejor entendimiento del proyecto, aumentando la fiabilidad de la información al momento de realizar cronogramas y estimados de costos, o reduciendo la incertidumbre que de otra forma no se podría identificar. Como se mencionó antes toda información debe quedar registrada en el CDE para que, se pueda usar, medir y auditar por los miembros del proyecto según sea su permiso de acceso a la misma. Este grupo de documentos se debe realizar de forma colaborativa garantizando el entendimiento de las herramientas a usar y se debe aclarar los lineamientos de sostenibilidad, tanto en las especificaciones técnicas como en los objetivos posteriores a la construcción.

#### .4.2.5.1. Plan de gerencia

Para que el equipo del proyecto se adapte al concepto de organización integrada se debe establecer el plan de gerencia (se sugiere modelo PMI 6ta edición) que se fortalezca junto con el BEP. Así pues, los grupos de procesos del PMI que se ven fortalecidos con la aplicación del BEP son:

Tabla 16. Acciones para establecer el Plan de gerencia, fortalecidas por el BEP

ÁREA DE CONOCIMIENTO (PMI 6ta Edición)	ACCIONES PARA ESTABLECER EL PLAN DE GERENCIA FORTALECIDO CON LA APLICACIÓN DEL BEP:
Integración del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El plan de dirección del proyecto se desarrolla en sincronía con el BEP para simular y analizar la coordinación de todos los procesos, actividades y el trabajo que se desarrolla en el proyecto; empleando modelos BIM desarrollados y actualizados en un entorno CDE.</li> <li>- Establecer procedimientos de recolección y disponibilidad de la información de avance de obra en tiempo real (Modelado Record).</li> <li>- El BEP incluye un plan para la gestión, aprobación e implementación de los cambios, por ejemplo, la habilitación de protocolos de incidencias.</li> </ul>
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La formulación de los objetivos del BEP se realiza con la definición clara del alcance del proyecto.</li> <li>- Realizar una formulación clara de los requerimientos de las áreas involucradas en el proyecto, por medio de la participación de todas las partes involucradas desde el proceso de diseño (especialmente la construcción) con el fin de no omitir los requerimientos de las partes interesadas.</li> <li>- Mantener informadas a todas las disciplinas involucradas en el proyecto del estado de cumplimiento de la línea base de alcance por medio de herramientas tecnológicas y softwares de modelación en espacios CDE, reportando los avances de actividades de obra por medio de Modelos As built.</li> </ul>
Cronograma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir un cronograma para marcar los momentos en que debe realizarse intercambio de información entre los agentes implicados y para el proceso de entrega del proyecto.</li> <li>- El equipo debe ordenar secuencialmente los usos BIM así como la fase del proyecto en la que serán empleados; con el fin de establecer el detalle de los mapas de procesos para cada uso BIM. Proceso que junto con el desglose de trabajo detallado en la WBS permite establecer una secuencia óptima de actividades del proyecto.</li> <li>- Establecer para los responsables de cada especialidad involucrada en el proyecto los parámetros de simulación para la creación de modelos, teniendo en cuenta que dichos modelos posteriormente serán utilizados para la construcción.</li> <li>- Establecer los modelos digitales que se integrarán durante el desarrollo del proyecto para realizar las simulaciones del proceso constructivo, esta definición permitirá optimizar el proceso de planeación de la secuencia de construcción.</li> <li>- Pactar los plazos para los intercambios de información, basados en el cumplimiento del cronograma de entregas.</li> <li>- Integrar modelos BIM con técnicas de EVM (<i>Earned Value Management</i>) para definir la línea base y controlar el cumplimiento de los plazos e hitos marcados para el proyecto, con el fin de garantizar el cumplimiento del plazo establecido en el contrato y la determinación de las acciones a seguir cuando se presenten desviaciones.</li> </ul>

ÁREA DE CONOCIMIENTO (PMI 6ta Edición)	ACCIONES PARA ESTABLECER EL PLAN DE GERENCIA FORTALECIDO CON LA APLICACIÓN DEL BEP:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir las herramientas, software o interfaz que se empleará para el control del cronograma,</li> <li>- Articular la programación de obra con la metodología BIM.</li> </ul>
Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplear el uso de herramientas y software que permita vincular los elementos modelados en las simulaciones con reportes de cantidades, estimación y gestión de costos, para formular el presupuesto.</li> <li>- Desarrollar y elaborar el presupuesto de trabajo en función de los usos BIM seleccionados para el proyecto.</li> <li>- Integrar modelos BIM con técnicas de EVM para definir la línea base de presupuesto y realizar un seguimiento, monitoreo y control de las desviaciones que se puedan presentar con respecto al presupuesto definido.</li> </ul>
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Describir detalladamente en el BEP la estructuración de los modelos, esto implica por ejemplo, la existencia de carpetas para cada una de las secciones del entorno común de datos, la normalización de la forma en la que se nombran los archivos, la definición del sistema de unidades para todo el proyecto y los estándares BIM de cada uno de los entregables.</li> <li>- El <i>Information Manager</i> debe verificar el control de calidad en cada entregable.</li> <li>- Establecer en el BEP los parámetros de calidad de los modelos que se van a emplear en el proyecto. Esto incluye el versionamiento, establecimiento de familias y los parámetros base que deben tener incorporados los elementos modelados, con el fin de que la información incluida en los modelos del proyecto sea la necesaria.</li> <li>- Las herramientas tecnológicas utilizadas para el control de calidad de los modelos (por ejemplo, interferencias, compatibilidad de versiones,.) deben poseer la flexibilidad de incorporar algoritmos que de forma adicional a las revisiones de chequeo, permitan incorporar parámetros técnicos como la normatividad legal vigente en cuanto a la construcción de edificaciones y regulaciones de sostenibilidad.</li> </ul>
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar los recursos humanos necesarios y asignar las responsabilidades y roles de cada equipo y miembro del equipo, según los usos BIM aplicables al proyecto.</li> <li>- Definir quién será responsable de cada uso BIM y cuánto tiempo se estima necesario para ejecutarlo. El recurso humano que se emplee para el manejo de los usos BIM debe contar con el conocimiento y la preparación necesaria de la metodología BIM.</li> <li>- Establezca en el BEP una distribución de roles, con perfiles detallados de acuerdo con las exigencias del manejo de la metodología BIM. Estos roles deben estar integrados con protocolos de comunicación y responsabilidades en cuanto a entregas y calidad de los modelos producidos.</li> <li>- Definir los protocolos y requisitos de reporte de la información en obra (modelos <i>as built</i>) para determinar la efectividad de los equipos de trabajo por medio de la estimación de rendimientos, tasas de productividad y tasas de consumo de materiales y herramientas.</li> <li>- Las partes interesadas del proyecto deben definir qué herramientas y software se emplearán para el desarrollo del trabajo de cada uso BIM, esto se traducirá en la definición de la estructura tecnológica que se requiere para el desarrollo del proyecto.</li> </ul>

<b>ÁREA DE CONOCIMIENTO (PMI 6ta Edición)</b>	<b>ACCIONES PARA ESTABLECER EL PLAN DE GERENCIA FORTALECIDO CON LA APLICACIÓN DEL BEP:</b>
Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir: qué se va a entregar, cuándo y en qué formato (tipo de archivo, estándares de visualización, información presentada, entre otros).</li> <li>- Establecer protocolos de intercambio de información que se encuentren alineados con los parámetros de manejo de la información detallados en la ISO 19650; lo cual, debe ir de la mano con la infraestructura tecnológica para garantizar su óptimo funcionamiento.</li> <li>- Establecer un CDE para el manejo de la información del proyecto con el fin de que todas las especialidades puedan consultar en tiempo real el estado y la información del proyecto.</li> <li>- Establecer protocolos para la gestión y transferencia de la información, esto implica que todos los archivos que se manejen dentro del proyecto deben ser compatibles y deben ser producidos de acuerdo con los requerimientos establecidos y pactados en el BEP por las disciplinas involucradas en el proyecto.</li> </ul>
Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer en el BEP el uso del <i>facility Management</i>. BIM contiene en su metodología esta herramienta, la cual permite que durante la fase de operación se programen rutinas de mantenimiento predictivo – preventivo.</li> <li>- Implementar en obra servicios de logística de la construcción, los cuales permiten identificar los riesgos que existen en el desarrollo de las actividades de obra y analizar cómo se pueden mitigar. Por ejemplo, se puede simular la forma de circulación de las personas, los equipos y vehículos; esto permite tener un entendimiento de la logística para la construcción.</li> </ul>
Adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es importante que el BEP contemple los requerimientos en cuanto a operatividad en herramientas y software de la información de los proveedores, por ejemplo, que los elementos modelados puedan ser familias con parámetros previamente definidos por el proveedor y puedan ser adaptables a los modelos que se estén desarrollando para el proyecto.</li> <li>- Implementar modelos que cuenten con el nivel de detalle suficiente para clasificar los materiales que son necesarios para el proyecto, permite a la directiva de la empresa tomar decisiones para la adquisición de materiales. Esto permite que las empresas puedan tomar decisiones de forma previa para que no se vea afectada la economía del proyecto, por ejemplo, por el alza de algún precio del mercado.</li> <li>- Establecer requisitos de contratación, por ejemplo, a contratistas ya que estos deben poseer personal calificado en el manejo de las herramientas o software definidos en el proyecto para la realización de reportes <i>as built</i>.</li> </ul>
Interesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La información se debe intercambiar mediante los canales dispuestos para tal fin en el BEP.</li> <li>- La inclusión de modelos en tiempo real para la divulgación de información a los <i>Stakeholders</i> involucrados en el proyecto, permite mantener un involucramiento de estos últimos de mayor calidad, puesto que se tiene acceso a información general y particular del proyecto dependiendo de las necesidades de gestión de información identificada en el proceso de planificación del involucramiento de los interesados.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **.4.2.5.2. Creación del BEP**

La importancia del BEP en la etapa de planificación radica en que este permite realizar un diagnóstico del proyecto y revisar cuáles son las estrategias que permitirán su óptimo desarrollo. El BEP contribuye en la creación de la línea base del proyecto, por lo cual, en su creación y desarrollo deben participar: el dueño del proyecto, líderes de disciplinas, *BIM mánager*, Coordinador BIM y coordinadores técnicos, directores y contratistas del proyecto y entidades o áreas a las que se deba entregar información.

Con el BEP se establecen los hitos de entrega, por lo cual, este documento debe desarrollarse como el documento inicial para todo el proceso y debe contar con la estructura que se presenta a continuación:

1. Identificar los usos BIM aplicables al proyecto:
  - a. Identificar los usos aplicables al proyecto
  - b. Identificar los responsables de cada uso
  - c. Identificar los riesgos asociados a cada uso
  - d. Evaluar la implementación de los usos definidos en el punto a, teniendo en cuenta la información recolectada
2. Formular los objetivos BIM
  - a. Articular los objetivos y metas del proyecto con los usos BIM definidos en el punto anterior.
3. Desarrollar los procesos de ejecución BIM
  - a. Establecer una jerarquía entre los procesos de los usos BIM aplicables al proyecto.
  - b. Establecer la dependencia entre los procesos BIM
  - c. Desarrollar una hoja de ruta con los responsables de cada proceso
4. Definir los procedimientos y protocolos para el manejo de la información
  - a. Establecer responsables para la generación y gestión de la información, matriz RACI
  - b. Establecer requisitos de información de entrada y salida
  - c. Establecer protocolos de intercambio de información:
    - i. Identificar qué intercambios de información se necesitan en el proyecto
    - ii. Seleccionar cuáles son los requerimientos de la información de entrada y salida para intercambio (tipo de archivo, nivel de detalle e información general del proyecto como materiales, parámetros y especificaciones técnicas particulares).
  - d. Definir cómo se crea, organiza y estructura el modelo
    - i. Versionamiento
    - ii. Nombre de archivos
    - iii. Sistemas de clasificación de elementos
    - iv. Nivel de detalle del modelo (LOD)
    - v. Demás estándares BIM aplicables

- e. Definir y establecer rutas de comunicación entre especialidades
5. Establecer la arquitectura de la tecnología para la ejecución de la metodología.
  - a. Definición de softwares a emplear en el proyecto
  - b. Elección de la o las plataformas que contendrán el CDE
  - c. Definición de los recursos necesarios (computadoras, servidores, licencias, software y demás recursos tecnológicos esenciales para el óptimo desarrollo del proyecto)
  - d. Arquitectura CDE
6. Definir estándares de seguimiento y control de calidad
  - a. Definir la estrategia de control de calidad del proyecto
  - b. Definición de parámetros de control del modelo (de calidad de información y de calidad del producto)
    - i. Chequeo de interferencias
    - ii. Chequeo de cumplimiento de elementos con especificaciones técnicas de la normatividad aplicable
    - iii. Chequeo de elementos (en cuanto a definición adecuada de parámetros como peso o tipo de material)

Así mismo, el BEP debe estar articulado con pólizas de cumplimiento para que realmente se entienda su importancia, esto quiere decir que, si un modelo no se está produciendo con las condiciones planteadas en el BEP a nivel de calidad, se debe tener una repercusión a nivel del cumplimiento.

#### **.4.2.5.3. Declaración alcance**

Acá se va a especificar hasta dónde llega el proyecto, sus entregables y el trabajo requerido. Esta salida debe ser diseñada de forma que todos los stakeholders entiendan el proyecto y el trabajo que toca hacer para cumplirlo. La declaración de alcance del proyecto debe contener o hacer referencia a otros documentos que contengan: (PMI,2016)

- Descripción del Alcance del Producto (Entregables = Configuración).
- Descripción del Alcance del Proyecto (Trabajo requerido para producir los entregables)
- Criterios de aceptación del producto
- Exclusiones del Proyecto
- Restricciones del Proyecto
- Supuestos del Proyecto

#### **.4.2.5.4. Cronograma de hitos**

Tradicionalmente los cronogramas los desarrolla una persona “experta” en analizar proyectos pasados y su duración para realizar una proyección de cuál va a ser el estimado de cada actividad del cronograma y así obtener el cronograma final. Al reconocer la importancia de las personas, IPD propone que el cronograma se desarrolle de forma colaborativa, en donde los equipos

de trabajo crean el cronograma, comprometiéndose con los tiempos que ellos se asignan y fortaleciendo su compromiso con el proyecto.

Para poder desarrollar esta herramienta Saks et al. (2018) identifican la sinergia de BIM y LEAN construction. En LEAN se busca reducir el desperdicio, entendiendo que estos no solo se presentan en recursos materiales, para este caso también en tiempos. En orden de cumplir este objetivo está la herramienta Last Planner busca aumentar el cumplimiento de actividades a través de reducir la incertidumbre asociada a la planificación (LCE, s. f.). Last Planner propone tres etapas de planeación la primera es el cronograma de Hitos, donde se identifican las fechas límites para cada actividad, y basándose en estas definir de manera colaborativa las actividades para poder cumplirlas, bajo la premisa de que el tiempo propuesto para cada actividad es definido por el equipo que la va a desarrollar creando un compromiso por encima de una imposición. El segundo nivel de cronograma en Last Planner se enfoca en programar la producción durante una ventana de tiempo. Acá los paquetes de trabajo se desglosan para encontrar los requerimientos necesarios para poder programar los recursos requeridos y los prerrequisitos para tenerlos listos al momento de ejecutar la actividad. Finalmente está el cronograma semanal donde los equipos de trabajo se comprometen a realizar las actividades planeadas y pasada la semana se evalúa el rendimiento de tareas cumplidas, y frente a las que no se pudieron hacer se encuentra la causa raíz para corregirlas en la siguiente programación semanal.

#### **.4.2.5.5. Costos y cuantificación**

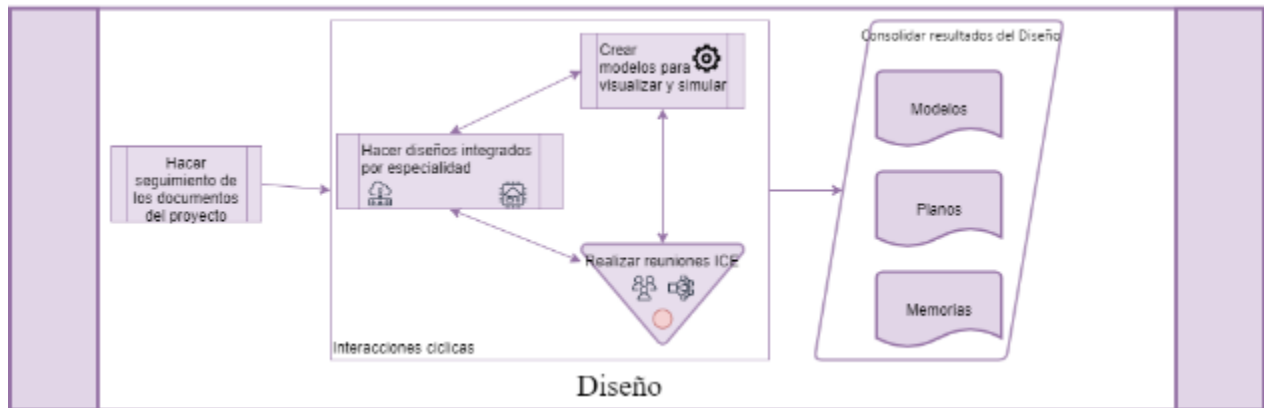
El uso de modelos BIM junto con modelos tradicionales cómo los de presupuesto permite optimizar los recursos y el flujo de caja del proyecto. BIM permite tener una cuantificación con alto nivel de precisión de materiales, estas cantidades se asocian con bases de datos de precios para obtener con alto nivel de detalle los costos del proyecto. Al contar con mayor grado de certeza hacia los costos, los recursos a disponer se pueden programar de tal forma que se garantice recursos y no interrumpir el flujo de trabajo propuesto en el cronograma. Acá es vital conocer y explorar la dimensión 5D de BIM en la cual se unen modelos BIM con un modelo presupuestal previamente definido, por ejemplo APU. Es importante hacer hincapié que toda la información a producir para este rublo debe poder extraerse del CDE lo cual implica la transparencia de los stakeholders al momento de producirla

#### **.4.3. Macroproceso: Diseños detallados**

En IPD el proceso de diseño es de forma cíclica, donde existen espacios de trabajo por especialidad, seguidos de reuniones ICE donde se evalúan y validan las propuestas y se define la hoja de ruta para el próximo espacio de trabajo “por especialidad”. El proceso de diseño detallado empieza desde que los documentos del proyecto son aprobados en la primera reunión ICE y pasan a ser los lineamientos para los equipos de trabajo, antes de iniciar las iteraciones se debe validar de nuevo los objetivos y métricas para su correcta apropiación.



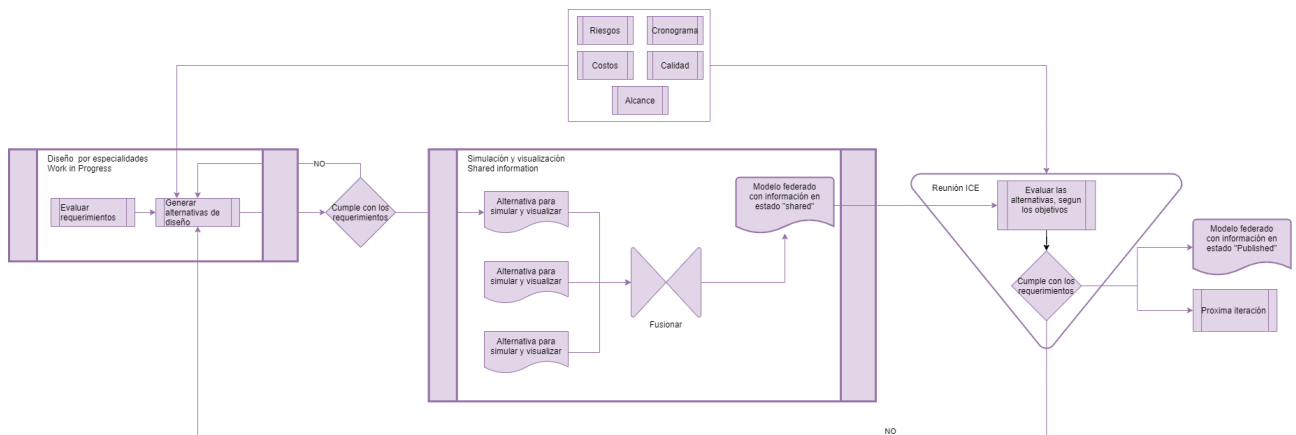
Ilustración 22. Macroproceso - Diseños detallados



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1. Iteraciones

Ilustración 23. Descripción de las iteraciones del Macroproceso - Diseños detallados.



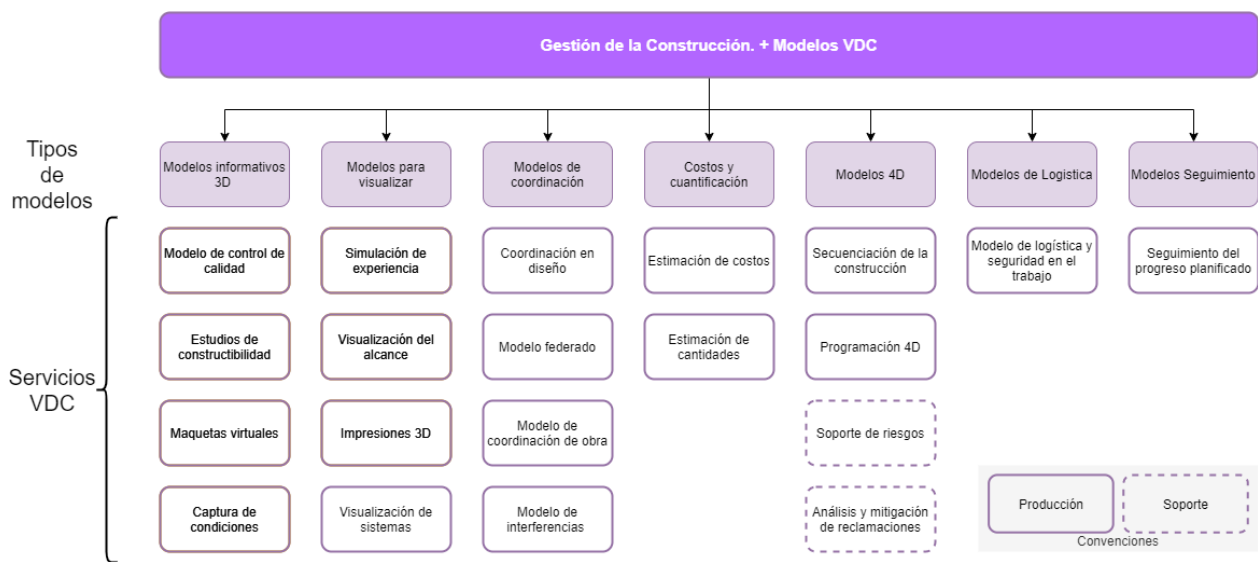
Fuente: Elaboración propia

Las iteraciones de diseño inician con una etapa de trabajo individual, donde cada especialidad evalúa lo que se va a producir, idealmente se deben diseñar varias alternativas digitales del producto, pensando en los requerimientos y métricas del proyecto. En esta etapa, se debe emplear estrategias de diseño con el fin de ahorrar recursos ya sea implementando estrategias pasivas o uso de tecnologías y herramientas (prefabricados); en adición, en el diseño al igual que en el proyecto los materiales deben tener ciclos de vida circulares, con impactos positivos a la sostenibilidad desde sus tres dimensiones. Sí las opciones de diseño cumplen con los requisitos y su estado de información se convierte en “compartido” (lo que implica que pasan a interactuar con las alternativas propuestas por los diferentes equipos), la calidad de la información producida debe corresponder a lo estipulado en el plan de gerencia y cada vez que la información cambie de estado esta debe pasar un proceso de auditoría. Tanto en la etapa de trabajo por especialidad como en las reuniones ICE se debe evaluar las 4 características de las edificaciones de alto rendimiento, los riesgos que se puedan presentar, cuánto va a costar, el tiempo que lleva construirla y la calidad de

esta. Hay que recordar que toda la información debe estar en su respectivo contenedor dentro del CDE para cumplir con la característica de información integrada.

La información integrada se debe articular con los sistemas integrados por medio de modelos BIM que según la etapa y necesidad pueden ser usados para distintos objetivos, desde simular la espacialidad hasta analizar el comportamiento energético. Simular los proyectos mediante modelos BIM permite aumentar el entendimiento del alcance de los proyectos sobre todo en *Stakeholders* que no están entrenados en abstraer información 2D. Cuando se decide hacer alguno de los modelos que se muestran en la Ilustración 24 es importante establecer la relación entre el modelo y su contribución al proyecto, ya que sobre producir información se considera desperdicio de recursos.

Ilustración 24. Tipos de modelos que se pueden obtener



Fuente: Elaboración propia a partir de Andersson et al 2016

Como se mencionó al inicio, un edificio de alto rendimiento debe ser construible, operable, usable y sostenible y para que se cumplan estos cuatro criterios es necesario que sus sistemas estén integrados, es decir, los sistemas deben ser pensados conjuntamente para crear sinergia entre ellos; por ejemplo, cuando el diseñador trabaja junto con los encargados de la iluminación y el aire acondicionado para crear espacios que permitan optimizar la luz natural sin necesidad de adicionar calor al confort interno reduciendo el uso de aires acondicionado y el consumo de energía, este tipo de decisiones se evalúan y desarrollan en las reuniones ICE teniendo en cuenta el ciclo de vida y los objetivos del proyecto. La idea de tener un proceso iterativo se remite a que el producto vaya evolucionando y con este el entendimiento del equipo de trabajo, al final de cada reunión ICE debe haber retroalimentación para que exista mejoramiento continuo.

Como se mencionó en el inicio de la explicación del flujo de trabajo propuesto, las reuniones ICE también deben ser punto de control del proyecto. En el macroproceso de diseños detallados el monitoreo y control en las reuniones ICE se debe enfocar en las métricas. BIM en sus

dimensiones 4D, 5D, 6D permite simular y generar información para comparar el producto (virtual) con las métricas definidas al inicio y poder tomar las acciones para corregir en la próxima iteración. En adición se debe evaluar el rendimiento de los equipos frente a las tareas cumplidas por parte de estos es decir que se esté monitoreando constantemente el proyecto frente al cronograma y recursos con las técnicas propuestas al inicio.

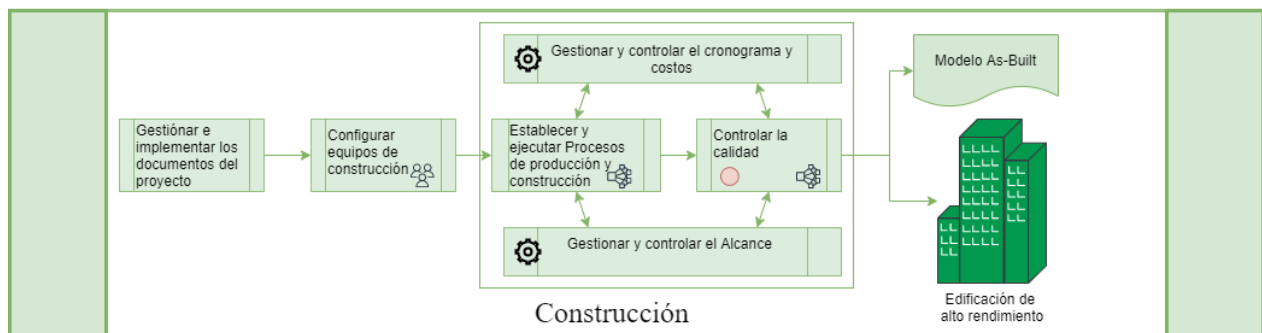
#### .4.3.2. Consolidar resultados de diseño

En esta etapa del macroproceso de diseño se consolidan los distintos modelos creados y previamente aprobados en las reuniones ICE siempre y cuando cumplan con los parámetros establecidos en las etapas anteriores y el nivel de detalle sea el indicado para que la información se considere publicada. Con la información en estado publicado, se procede a enviar a los equipos que van a construir cada pieza ya sea en sitio o prefabricados.

#### .4.4. Macroproceso: Construcción

El éxito de IPD radica en la planeación desde etapas tempranas, donde los constructores pueden aportar e interferir en el diseño. En consecuencia, cuando los diseños llegan a este macroproceso, los *Stakeholders* conocen ya conocen y tienen suficiente información del proyecto y a su vez, toda la información debe estar disponible en el CDE para la extracción de datos. En esta fase ya hay suficiente información acerca de cómo se va a construir gracias a las simulaciones del proceso constructivo, la estimación de los costos y las cantidades. En proyectos complejos también se pueden realizar modelos de logística y seguridad ocupacional. Respecto a los flujos de trabajo a desarrollar, se espera que los contratistas seleccionados sigan bajo el concepto de ser una organización integrada trabajando en el desarrollo de procesos integrados para tener una ejecución acorde con la de la simulación.

Ilustración 25. Macroproceso - Construcción



Fuente: Elaboración propia

#### .4.4.1. Gestionar e implementar los documentos del proyecto

En ese proceso es donde se empieza a gestionar los modelos para volverlos realidad, en otras palabras, asignar las responsabilidades de la construcción. Si hay piezas que se van a producir fuera de obra se debe compartir la información para que se produzca acorde con las

especificaciones y la calidad requerida, en los tiempos establecidos, de nuevo pensando en los objetivos de sostenibilidad que deben estar en cada modelo publicado.

#### **.4.4.2. Configurar equipos de construcción**

A pesar de que es el último macroproceso, el principio de organización integrada se debe mantener, en consecuencia, los nuevos equipos encargados de la construcción se deben integrar bajo el principio de organización integrada, adoptando las prácticas de trabajo bajo coubicación, adaptándose y contribuyendo a definir los procesos de producción y construcción propios de la obra con la información publicada por etapas anteriores.

#### **.4.4.3. Establecer y ejecutar los procesos de producción y construcción**

El ideal de la construcción es que se comporte como un sector más tecnologizado y automatizado, como lo es la automotriz, donde la fiabilidad en sus procesos de producción la hacen una industria fiable con un alto grado de productividad. IPD para lograr equipararse a otros sectores, se apoya en el articulador PPM, el cual compara al proyecto con un sistema de producción (Eyzaguirre, 2020) inspirado en el *Toyota production system*. En este proceso y siguiendo el espíritu de planificación continua y colaborativa se diseñan y construyen los procesos de producción para llevar a cabo el proyecto. Es vital que cada participante identifique sus flujos de trabajo y cree sinergia con los flujos de los demás, para construir como una organización integrada, controlando la variabilidad con un manejo de *buffers* de trabajo pequeños.

#### **.4.4.4. Controlar la calidad**

Controlar la Calidad es el proceso de hacer seguimiento y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de la calidad para evaluar su desempeño y asegurar que los resultados del proyecto sean completos, correctos y satisfagan las expectativas del cliente. (Pacheco, 2020). Para el control de calidad y seguimiento del proyecto se deben realizar modelos *as-built* por equipo de trabajo, donde se va a comparar lo planeado contra lo producido, comparando los dos modelos y así tener control en las métricas de la triple restricción ampliada. En adición, el control de calidad a través de las métricas propuestas al inicio permite establecer acciones correctivas junto al equipo que esté fallando de forma que aumente el compromiso con el proyecto.

#### **.4.4.5. Gestionar y controlar el cronograma y los costos**

La producción, el cumplimiento de tareas o actividades en un proyecto desarrollado de forma tradicional tiene poca fiabilidad en su ejecución, ya que se tienen actividades que van entre el 30% y el 150% de cumplimiento. En contraste usando métodos colaborativos de planeación y procesos integrados de producción el cumplimiento se ubica entre el 70% al 80% teniendo una baja variabilidad (Eyzaguirre, 2020). En esta etapa del proyecto, se debe hacer una programación semanal junto con los contratistas donde los equipos de trabajo examinan la planeación intermedia y la planeación semanal para poder gestionar el trabajo en progreso de esa semana. Cabe recordar

los instrumentos de planificación mencionados al inicio los cuales permiten tener *buffers* de trabajo de menor tamaño permitiendo entregar paquetes de trabajo de forma constante dando una fiabilidad a la cadena de producción. En caso de un incumplimiento en el cronograma se debe encontrar la causa y hacer las correcciones, para que en las próximas semanas se cumpla con las actividades a realizar pactadas. Así mismo para el control de costos se deben disponer de los modelos BIM 5D estructurado según el modelo presupuestal usado por la organización y el modelo as-built en ejecución para tener una comparativa y poder tomar acciones en caso de ser necesarias. En adición, se debe usar herramientas como EVM los cuales indicaran el estado del proyecto de forma periódica para saber el estado de este frente a las ganancias o los riesgos asumidos en el proyecto.

#### **.4.4.6. Gestionar y controlar el alcance**

Desde el punto de vista de la gerencia de proyectos, la gestión del alcance regula que dentro del trabajo del proyecto se incluyan únicamente los procesos requeridos para completar el proyecto con éxito. Esto implica que el control del alcance del proyecto parte de la información contenida en el plan de dirección, el cual, se encuentra articulado e integrado con el BEP y los procesos colaborativos que son producto de la metodología BIM. El control del alcance implica también la integración de las herramientas de gerencia de proyectos contenidas en el PMBOK con las revisiones de diseño que facilita BIM, la validación de normas por medio de software, la coordinación 3D, visualización de modelos digitales, control sobre el CDE, control sobre informes de cantidades y rendimientos en la ejecución de procesos constructivos; los cuales, permiten llevar a cabo el monitoreo y control del trabajo del proyecto.

## **9. Conclusiones**

Tanto el libro de *Integrating Project Delivery* de Fischer et al. (2017) y la guía producto del trabajo de grado inician con una frase de Matrix en donde Morfeo explica un sentir de Neo acerca de su realidad. El sector de la construcción ha creado una realidad a la que “nos hemos acostumbrado” y en consecuencia se ve cómo se normalizan los incumplimientos en tiempos, costo y alcance. Durante el desarrollo de la guía se concluye que el aumento de la productividad en el sector de la construcción solo es posible si se cambia los paradigmas que se tienen en el sector. En ese orden de ideas la guía resultante contribuye a cambiar los paradigmas presentes en el sector de la construcción con el objetivo de aumentar la productividad del sector usando marcos de gerencia de proyectos y tecnología BIM.

La bibliografía, los entrevistados y las encuestas indican que para el desarrollo de proyectos y que no existan reprocesos y pérdidas de tiempo, es esencial la participación activa de los *Stakeholders* en los cuatro grupos de procesos: iniciación, planeación, ejecución y control, lo cual no solo representa una identificación exhaustiva de los requerimientos de esto, sino que también la garantía de que los objetivos del cliente se encuentran bien representados (dado que a través de BIM es posible desarrollar modelos digitales que representan el producto final objetivo del proyecto y evitar el desperdicio de recursos). Esta nueva forma de trabajo implica que la

información digital producida, deba ser coordinada y administrada por nuevos roles capaces de implementar nuevas tecnologías (BIM).

Segundo, el sector construcción presenta gran fragmentación, teniendo como consecuencia la pérdida de información al momento de las interacciones entre stakeholders. La guía contribuye en la mejora de la productividad del sector de la construcción desde la visión de la sostenibilidad, dado el desarrollo del espíritu del trabajo colaborativo (que se incluye en su contenido), el cual, representa una herramienta que permite cambiar el paradigma de cómo se desarrollan los proyectos del sector de la construcción, este cambio, implica llevar al sector de la construcción a un modelo sostenible desde sus tres dimensiones, con productos integrales que vayan más allá de una certificación.

Tercero, Adoptar IPD no solo se “puede” poner en práctica en proyectos de gran escala, al igual que BIM (la semilla que genera este marco de trabajo), IPD se puede adaptar a cualquier tipo de construcción siempre buscando la interacción entre *Stakeholders* para evitar la segregación que los modelos contractuales han promovido, en adición, la guía logra fortalecer los grupos de procesos en la gerencia tradicional de proyectos a través de la tecnología.

Finalmente en un mundo digitalizado no solo es importante para el éxito del proyecto garantizar las interacciones físicas, también hay que pensar los espacios virtuales para que el trabajo colaborativo se pueda desarrollar de ahí la importancia del CDE.

## **8.Trabajos futuros**

El presente trabajo de grado cumplió los objetivos establecidos desde el inicio, sin embargo hay procesos que se pueden fortalecer más por otras metodologías o marcos de desarrollo de proyectos, un ejemplo es el proceso de identificar los objetivos el cual puede ser nutrido por design thinking, y el flujo propuesto ser analizado bajo la filosofía Lean construction.

Adicional como trabajo futuro es necesario aplicar el flujo de trabajo propuesto en proyectos de la vida real para poder encontrar indicadores que permitan medir el aumento de la productividad aplicando la guía propuesta, en adición, también se debe identificar las características mínimas del proyecto para poder aplicar la guía propuesta.

El cambio cultural propuesto, debe verse reflejado en los sistemas de gestión de las empresas, para trabajos futuros es importante ver como la guía se convierte en sistema de gestión ya que al final, este es el encargado de aplicar la guía.

## 9. Bibliografía

- ACIS. (2016). *ExpoCamacol 2016, plataforma hacia la nueva economía | ACIS*. Recuperado 18 de noviembre de 2021, de <https://acis.org.co/portal/content/expocamacol-2016-plataforma-hacia-la-nueva-econom%C3%ADa>
- Andersson, L., Farrell, K., Cranbourne, C., & Moshkovich, O. (2016). *Virtual Building Design and Construction*. Routledge.
- Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2021). Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 39, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102252>
- Atta, I., Bakhoun, E. S., & Marzouk, M. M. (2021). Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM. *Journal of Building Engineering*, 43, 103233. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103233>
- Azzopardi, S. (2014). *The Evolution of Project Management*. Project Smart. <https://www.projectsmart.co.uk/history-of-project-management/evolution-of-project-management.php>
- Ball, J. (2002). Can ISO 14000 and eco-labelling turn the construction industry green? *Building and Environment*, 37(4), 421–428. [https://doi.org/10.1016/s0360-1323\(01\)00031-2](https://doi.org/10.1016/s0360-1323(01)00031-2)
- Banihashemi, S., Hosseini, M. R., Golizadeh, H., & Sankaran, S. (2017). Critical success factors (CSFs) for integration of sustainability into construction project management practices in developing countries. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1103–1119. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.014>
- Bansal, V. K. (2021). Integrated Framework of BIM and GIS Applications to Support Building Lifecycle: A Move toward nD Modeling. *Journal of Architectural Engineering*, 27(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000490](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000490)
- Bautista Gordillo, J. D., & Loaiza Elizade, N. F. (2018). *Análisis costo-beneficio entre la construcción de viviendas sostenibles y viviendas tradicionales con base a la sostenibilidad ambiental en el municipio de Soacha, Cundinamarca*. (TFG). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15258/LoaizaElizaldeNelsonFabian2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benachio, G. L. F., Freitas, M. D. C. D., & Tavares, S. F. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121046. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046>
- Benkler, Y., & Nissenbaum, H. (2006). Commons-based Peer Production and Virtue. *Journal of Political Philosophy*, 14(4), 394–419. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2006.00235.x>
- BIM Community. (2020, 10 abril). *¿De dónde ha salido el concepto de BIM?* Diamonte: Evolución de la construcción. <https://www.diamonte.co/sala-de-prensa/de-dnde-ha-salido-el-concepto-de-bim>
- BIM Service Provider. (s. f.). *8D BIM | Point cloud scanner | BIM Service Provider*. <https://www.topbimcompany.com/8d-bim/>
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). Building Information Modeling: Why? What? How? *Building Information Modeling*, 1–24. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_1)
- BREEAM. (2019, 5 septiembre). *How BREEAM Certification Works | BREEAM - Sustainability Assessment Method*. BREEAM - Sustainability Assessment Method | <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>
- BREEAM España. (2021, 14 febrero). *BREEAM Internacional*. BREEAM® ES. <https://breeam.es/internacional/>
- Brundtland & World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future* (1.<sup>a</sup> ed.). Oxford University Press, USA.
- BSI group. (s. f.). *ISO 19650 BIM Building Information Modelling*. BSI. <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/>
- Building SMART. (s. f.). *¿Qué es BIM?* BuildingSMART Spanish Chapter. <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/buildingSMART> International. (2020, 3 diciembre). *openBIM Definition*. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>
- Calatrava Escobar, J. (1991). Arquitectura y naturaleza. El mito de la cabaña primitiva en la teoría arquitectónica de la Ilustración. *Gazeta de Antropología*. <https://doi.org/10.30827/digibug.13663>

- Calcagno, F. (2021, octubre). *Emprende 4.0* [Conferencia]. BIM for CEOs, Bogotá D.C., Colombia. <https://www.youtube.com/watch?v=YNw2s76PAVI>
- CAMACOL. (2020). *Introducción a la construcción sostenible*. <https://camacol.co/sites/default/files/documentos/Gu%C3%ADa%20Introducci%C3%B3n%20a%20Constucci%C3%B3n%20Sostenible.pdf>
- Camacol. (2020, 6 noviembre). *Estrategia BIM Colombia proyecta para 2026 que la totalidad de los proyectos de construcción públicos incorpore BIM | Camacol*. Cámara Colombiana de la construcción. <https://camacol.co/comunicados/estrategia-bim-colombia-proyecta-para-2026-que-la-totalidad-de-los-proyectos-de>
- Camacol & McKinsey & Company. (2017). *Una apuesta en construcción: mayor productividad, menores riesgos*. Congreso Colombiano de la Construcción 2017, Colombia. [https://camacol.co/sites/default/files/McKinsey%20Global%20Institute\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/McKinsey%20Global%20Institute_0.pdf)
- Camargo Sánchez, J. A. (2015). *ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE CONSTRUCCIÓN DERIVADOS DE ERRORES DE DISEÑO* (TFM). Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13493/u722589.pdf?sequence=1>
- Cardozo Herrera, D. F., & Ospina Alvarado, A. M. (2019). *Hoja de ruta para la implementación de Building Information Modeling (BIM) en Facility Management (FM)*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/44044>
- Castro-Lacouture, D., Sefair, J. A., Flórez, L., & Medaglia, A. L. (2009). Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia. *Building and Environment*, 44(6), 1162–1170. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.08.009>
- CCCS. (2016). *CASA Colombia – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS*. Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible. <https://www.cccs.org.co/wp/casa-colombia/>
- Celis, L., & Humani, C. (2020). *VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION Y LA MEJORA DE LA GESTIÓN EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES*. Universidad Ricardo Palma.
- Chegut, A., Eichholtz, P., & Kok, N. (2019). The price of innovation: An analysis of the marginal cost of green buildings. *Journal of Environmental Economics and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.07.003>
- CONPES. (2018). *Documento CONPES* (N.º 3919). <https://www.cccs.org.co/wp/download/1-documento-conpes-3919-pdf/?wpdmdl=16063&refresh=606f54d249a961617908946>
- Cuchí, A. [Facultad de Arquitectura y Diseño Uniandes]. (2013, 5 noviembre). *El paisaje como objeto del proyecto* [Vídeo]. Vimeo. <https://vimeo.com/78674837>
- DGNB. (s. f.). *Certification | DGNB*. DGNB. <https://www.dgnb.de/en/council/certification/>
- Eastman, C. & Others. (1974, septiembre). *An Outline of the Building Description System* (N.º 50). Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, Pa. Inst. of Physical Planning. <https://eric.ed.gov/?id=ED113833>
- EDGE. (2021). *EDGE User Guide* (3.0). EDGE IFC. <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2021/10/211026-EDGE-User-Guide-for-All-Building-Types-Version-3.0.A.pdf>
- Enshassi, A., Ghoul, H. A., & Alkilani, S. (2018). Exploración de los factores de desarrollo sostenible durante las fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1), 51–68. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732018000100051>
- Ershadi, M., & Goodarzi, F. (2021). Core capabilities for achieving sustainable construction project management. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1396–1410. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.08.020>
- Escallón, C., & Villate, C. (2014). La necesidad de un Código de Construcción Sostenible para Bogotá: ¿Cómo construir una propuesta? *Revista de Ingeniería*, 41, 85–89. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i41.775>
- Eseverri, A. E. (2020, 29 abril). *CDE, ¿qué es un CDE o Common Data Environment?* Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/cde>
- Ewin, N., Luck, J., Chugh, R., & Jarvis, J. (2017). Rethinking Project Management Education: A Humanistic Approach based on Design Thinking. *Procedia Computer Science*, 121, 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.067>
- Eyzaguirre, R. (2020). *VDC Y BIM*. Congreso BIM 2020: Digitalización del ciclo de vida del activo.
- Fadeyi, M. O. (2017). The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 711–722. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.08.003>



Federal Ministry of the Interior, Building and Community. (s. f.). *Assessment System - Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*. Assessment System for Sustainable Building. <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/en/assessment-system/>

Fernandez, L. (2021, julio 14–16). *Entrega Integrada de Proyectos (IPD) y BIM* [Ponencia]. Congreso BIM2021, Bogotá, Colombia. <https://www.iac.com.co/congreso-bim-2021/>

Fischer, M., Khanzode, A., Reed, D., & Ashcraft, H. W. (2017). *Integrating Project Delivery*. Wiley.

Fundación Aqueae. (2019, 25 agosto). *Qué cantidad de agua potable hay en la Tierra- Fundación Aqueae*. Fundación Aqueae. <https://www.fundacionaqueae.org/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>

García Mendivelso, D. L., Pinzón Bedoya, A. I., & Zapata Urdaneta, S. (2021). *García Mendivelso, D. L., Pinzón Bedoya, A. I., & Zapata Urdaneta, S. (2021). CREACIÓN DE UNA GUÍA PARA LA PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EMPLEANDO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (TFM). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

García Reyes, J., Echeverry Campos, D., & Mesa Hernández, H. (2017). *Gerencia de proyectos. Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones* (2.ª ed.). Ediciones Uniandes.

García, S. (2019, 15 marzo). *¿Sabes cuánta agua dulce hay en la Tierra? ¿Cuánta gastas para ducharte? ¿Y cuántos seres humanos apenas tienen acceso a acuíferos con un mínimo de salubridad?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/photoaqueae/2019/03/11-datos-interesantes-sobre-el-agua>

Garra Jr, R. J., & Skripac, B. (2019). IPD and VDC can lead to project success. *consulting -specifying engineer*, 18–22. <https://www.csemag.com/articles/ipd-and-vdc-can-lead-to-project-success/>

Gomez, J. M., Rojas, J. S., & Ayodeji, A. (2016). *THE STATUS OF BIM ADOPTION AND IMPLEMENTATION EXPERIENCES OF CONSTRUCTION COMPANIES IN COLOMBIA*. VII Elagec - II SeIN2co, Bogotá, Colombia.

Górecki, J., Núñez-Cacho, P., Corpas-Iglesias, F. A., & Molina, V. (2019). How to convince players in construction market? Strategies for effective implementation of circular economy in construction sector. *Cogent Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1690760>

Graphisoft. (s. f.-a). *OPEN BIM*. <https://graphisoft.com/es/solutions/workflows/open-bim>

Graphisoft. (s. f.-b). *Our Story*. <https://graphisoft.com/why-graphisoft/our-story>

Gustafsson, M., Gluch, P., Gunnemark, S., Heinke, K., & Engström, D. (2015). The Role of VDC Professionals in the Construction Industry. *Procedia Economics and Finance*, 21, 478–485. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00202-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00202-6)

Gutiérrez, G. (2019). *Gerencia Fundamental de Proyectos*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Hassan, H., Taib, N., & Rahman, Z. A. (2018). Virtual Design and Construction: a new communication in construction industr. *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Signal Processing - IC DSP 2018*. <https://doi.org/10.1145/3193025.3193062>

Hill, R. C., & Bowen, P. A. (1997). Sustainable construction: principles and a framework for attainment. *Construction Management and Economics*, 15(3), 223–239. <https://doi.org/10.1080/014461997372971>

HOON KWAK, Y. (2003). BRIEF HISTORY OF PROJECT MANAGEMENT. En *The Story of Managing Projects: An Interdisciplinary Approach Illustrated Edición* (pp. 1–10). Praeger.

Huang, B., Lei, J., Ren, F., Chen, Y., Zhao, Q., Li, S., & Lin, Y. (2021). Contribution and obstacle analysis of applying BIM in promoting green buildings. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123946>

Hwang, B. G., Ngo, J., & Her, P. W. Y. (2020). Integrated Digital Delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121396. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121396>

Ingrao, C., Messineo, A., Beltramo, R., Yigitcanlar, T., & Ioppolo, G. (2018). How can life cycle thinking support sustainability of buildings? Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 201, 556–569. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.080>

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (1980). *World Conservation Strategy*. IUCN.

ISO. (2015). *ISO 12006–2:2015*. <https://www.iso.org/standard/61753.html>

Jalaei, F., & Jrade, A. (2015). Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. *Sustainable Cities and Society*, 18, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.007>

- Kaatz, E., Root, D., & Bowen, P. (2005). Broadening project participation through a modified building sustainability assessment. *Building Research & Information*, 33(5), 441–454. <https://doi.org/10.1080/09613210500219113>
- Kibert, C. (1994). *CIB TG 16, Sustainable Construction*. ESTABLISHING PRINCIPLES AND A MODEL FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION, USA.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction* (4.<sup>a</sup> ed.). Wiley.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2020). Virtual design and construction. *Construction Management and Economics*, 38(4), 355–363. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068>
- Laiserin, J. (2002). *Comparing Pommés and Naranjas*. Laiserin letter. <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>
- Leach, L. P. (2014). Critical Chain Project Management. En *The Wiley Guide to Managing Projects* (pp. 805–829). Wiley.
- Leffingwell, D. (2007). *Scaling Software Agility: Best Practices for Large Enterprises* (Illustrated ed.). Addison-Wesley Professional.
- Lerma Cordoba, A. F. [TEDx Talks]. (2018, 24 agosto). *BIM, el futuro de la construcción* [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=VNUGW8HIPcg>
- Li, H., Lu, W., & Huang, T. (2009). Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution. *Construction Management and Economics*, 27(4), 363–371. <https://doi.org/10.1080/01446190902838217>
- Liu, Jiang, Osmani, & Demian. (2019). Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework. *Electronics*, 8(7), 724. <https://doi.org/10.3390/electronics8070724>
- Liu, Z., Lu, Y., Shen, M., & Peh, L. C. (2021). Transition from building information modeling (BIM) to integrated digital delivery (IDD) in sustainable building management: A knowledge discovery approach-based review. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125223. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125223>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica*, 3(1), 47–50. <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>
- Lozano Serna, S., Patiño Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., & Torres, A. (2018). Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 14(27), 117–151. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
- Majdalani, Z., Ajam, M., & Mezher, T. (2006). Sustainability in the construction industry: a Lebanese case study. *Construction Innovation*, 6(1), 33–46. <https://doi.org/10.1108/14714170610710613>
- Mandujano, M. G., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Kunz, J. (2017). Modeling Virtual Design and Construction Implementation Strategies Considering Lean Management Impacts. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32(11), 930–951. <https://doi.org/10.1111/mice.12253>
- Martinez, J. & Naskad digital. (2021, febrero 1–abril 28). *presentación del entrenamiento* [Clase on live]. Curso BIM Coordinator 2021, Bogotá D.C., Colombia.
- MESSNER, J., ANUMBA, C., DUBLER, C., GOODMAN, S., KASPRZAK, C., KREIDER, R., LEICHT, R., SALUJA, C., ZIKIC, N., & BHAWANI, S. (2019). *(Under Development) BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0* (3.0 ed.). Computer Integrated Construction Program, Penn State. <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanning/>
- Ministerio de economía y finanzas del Perú. (2019). *Plan BIM Perú*. Plan BIM Perú. <https://www.mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>
- Montes-Guerra, M., Gimena Ramos, F., & Díez-Silva, M. (2013). Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos. *Revista de Tecnología*, 12(2). <https://doi.org/10.18270/rt.v12i2.757>
- Morris, P. W. G. (2011). A Brief History of Project Management. *Oxford Handbooks Online*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199563142.003.0002>
- Nasereddin, M., & Price, A. (2021). Addressing the capital cost barrier to sustainable construction. *Developments in the Built Environment*, 7, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100049>
- ONU. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- ONU. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Objetivos del Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU. (2016). *El Acuerdo de París | Naciones Unidas*. United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

- Osorio Gomez, C. C., & Moreno Falla, M. J. (2019). *Lean construction & BIM in the value chain of a construction company: a case study*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/43783>
- Ospina Alvarado, A. M. (2011). *UNIFIED FRAMEWORK FOR CONSTRUCTION PROJECT INTEGRATION AND ITS POTENTIAL ASSOCIATION WITH PROJECT PERFORMANCE*. Georgia Institute of Technology. <http://hdl.handle.net/1853/39584>
- Othman, I., Al-Ashmori, Y. Y., Rahmawati, Y., Mugahed Amran, Y., & Al-Bared, M. A. M. (2021). The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.007>
- Oti, A. H., Tah, J. H. M., & Abanda, F. H. (2018). Integration of Lessons Learned Knowledge in Building Information Modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(9). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001537](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001537)
- Parkin, S., Sommer, F., & Uren, S. (2003). Sustainable development: understanding the concept and practical challenge. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, 156(1), 19–26. <https://doi.org/10.1680/ensu.2003.156.1.19>
- Parrish, K., & Chester, M. (2014). Life-Cycle Assessment for Construction of Sustainable Infrastructure. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19(1), 89–94. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000187](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000187)
- Pérez Gómez Martínez, G. J. F., del Toro Botello, H. Y., & López Montelongo, A. M. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 110–121. <https://doi.org/10.36825/riti.07.14.010>
- Pham, H., & Kim, S. Y. (2019). The effects of sustainable practices and managers' leadership competences on sustainability performance of construction firms. *Sustainable Production and Consumption*, 20, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.05.003>
- Plan BIM. (2016). *Qué es Plan BIM*. Planbim. <https://planbim.cl/que-es-planbim/>
- Plan BIM Chile. (2019, junio). *Estándar BIM para proyectos públicos* (1.1). <https://planbim.cl/biblioteca/documentos-estandar/>
- PORTO ELJACH, Y. M., & SALDARRIAGA HOYOS, T. (2018). *VIABILIDAD TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA CERTIFICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA* (TFG). Universidad de Antioquia. [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15907/1/PortoYina\\_2019\\_ImplementacionPracticasAmbientales.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15907/1/PortoYina_2019_ImplementacionPracticasAmbientales.pdf)
- practicalBIM.net. (2013). *Niveles de Desarrollo* [Fotografía]. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcomarqpanama.wordpress.com%2F2014%2F01%2F23%2Flos-niveles-de-desarrollo-1-o-d%2F&psig=AOvVawli-G0G8DdCMXYZ1jb32fqS&ust=1638398978236000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCKiD8f2VwfQCFQAAAAAdAAAAABAO>
- Project Management Institute. (2016). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management* (7th ed.). Project Management Institute.
- QuizPM. (2021, 24 agosto). *PMBOK7: Dominios de Desempeño del Proyecto*. <https://blog.quizpm.com/pmbok7-dominios-de-desempeno-del-proyecto>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Á., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rodríguez Becerra, M., & Vélez, M. A. (2018). *Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible*. Ediciones Uniandes.
- Rojas López, M. D., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. E. (2017). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 115–128. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>
- Russell, D., Cho, Y. K., & Cylwik, E. (2014). Learning Opportunities and Career Implications of Experience with BIM/VDC. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19(1), 111–121. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000191](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000191)
- Sachs, J. D. (2015). *The Age of Sustainable Development*. Amsterdam University Press.

- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook*. Wiley.
- Sacks, R., Korb, S., & Barak, R. (2018). *Building Lean, Building BIM* [Libro electrónico]. Routledge.
- Saieg, P., Sotelino, E. D., Nascimento, D., & Caiado, R. G. G. (2018). Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 788–806. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Santos Bernal, A. G. (2019). *Caso de negocio de la construcción sostenible en Colombia* (TFM). Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/35110/u821456.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1>
- ŠAparauskas, J., & Turskis, Z. (2006). EVALUATION OF CONSTRUCTION SUSTAINABILITY BY MULTIPLE CRITERIA METHODS. *Technological and Economic Development of Economy*, *12*(4), 321–326. <https://doi.org/10.3846/13928619.2006.9637761>
- Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt. (2020). The Last Planner® System and Building Information Modeling in Construction Execution: From an Integrative Review to a Conceptual Model for Integration. *Applied Sciences*, *10*(3), 821. <https://doi.org/10.3390/app10030821>
- Schramski, J. R., Gattie, D. K., & Brown, J. H. (2015). Human domination of the biosphere: Rapid discharge of the earth-space battery foretells the future of humankind. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(31), 9511–9517. <https://doi.org/10.1073/pnas.1508353112>
- Seymour, T., & Hussein, S. (2014). The History of Project Management. *International Journal of Management & Information Systems (IJMIS)*, *18*(4), 233. <https://doi.org/10.19030/ijmis.v18i4.8820>
- Shepherd, D. (2016). *The Bim Management Handbook*. Van Haren Publishing.
- Spitler, L., Wood, N., & Sacks, R. (2015). *CONSTRUCTIBLE BIM ELEMENTS –A ROOT CAUSE ANALYSIS OF WORK PLAN FAILURES*. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986, enero). *The New New Product Development Game*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game>
- Toljaga-Nikolić, D., Todorović, M., Dobrota, M., Obradović, T., & Obradović, V. (2020). Project Management and Sustainability: Playing Trick or Treat with the Planet. *Sustainability*, *12*(20). <https://doi.org/10.3390/su12208619>
- Toribio, R. (2018, 6 abril). *¿De Dónde Salió el Concepto BIM? Algunas Aclaraciones*. BIM Blog. <http://blog.triart.com.do/2018/04/04/concepto-bim/>
- U.S Green Building Council. (2021). *LEED v4.1 BD+C rating system*. <https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc>
- Valverde Farré, A., Chavarro Ayala, D., & Álvarez Lopez, A. E. (2017). Una aproximación al sistema voluntario de certificación de edificios denominado “Bogotá Construcción Sostenible”. *Arquitectura y Urbanismo*, *38*(3), 71–85. <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/issue/view/36>
- van Nederveen, G., & Tolman, F. (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, *1*(3), 215–224. [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-b](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-b)
- Vidal, O. (2021, 28 mayo). *El aumento de la temperatura del planeta en tres gráficos*. La Vanguardia. Recuperado 2021, de <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20210325/6605302/aumento-temperatura-planeta-tres-graficos.html#:~:text=La%20temperatura%20global%20de%20la,aumentado%20%2C%20grados%20cent%20%20C3%ADgrados.&text=Seg%20C3%BA%20datos%20de%20la%20NASA,m%20C3%A1s%20de%20%20C2%B0C>
- Vitrubio, M., & Rodríguez Ruiz, D. (1995). *Los Diez Libros De Arquitectura* (1.ª ed.). Alianza Universitario.
- Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchí, A. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, *62*(517), 37–51. <https://doi.org/10.3989/ic.09.067>
- Wiersum, K. F. (1995). 200 years of sustainability in forestry: Lessons from history. *Environmental Management*, *19*(3), 321–329. <https://doi.org/10.1007/bf02471975>

### ANEXO No 1 - ENTREVISTAS REALIZADAS

Código	Entrevistado	Perfil del entrevistado	Fecha de entrevista
FEn01	Luis Fernando Fonseca Jiménez	Arquitecto, BIM <i>Cordinator</i> con experiencia en implementación BIM en obra responsable de la ejecución y seguimiento de modelos <i>As Built</i> obra CTIC	29 Septiembre de 2021
FEn02	Jhonatan García	Arquitecto e ingeniero Civil – Universidad de los Andes con experiencia en desarrollo de edificaciones sostenibles bajo metodología BIM y certificación sostenible LEED.	21 Septiembre de 2021
FEn03	Ana María López Rovira	Ingeniera civil – Universidad Javeriana con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED	14 Septiembre de 2021
FEn04	Juan Sebastián Murcia Plaza	Ingeniero civil – Universidad Javeriana con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED	16 Septiembre de 2021
FEn05	Jorge Eliecer Romero Oyuela	Ingeniero civil – Universidad De los Andes con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación y urbanismo bajo metodología BIM y verificación LEED	16 Septiembre de 2021
FEn06	Juan Hurtado	Ingeniero mecánico – Universidad Nacional de Colombia con experiencia en coordinación técnica de proyectos de edificación bajo metodología BIM y verificación LEED, miembro de BIM <i>Fórum</i> Colombia y experto en <i>Virtual Design Construction</i> .	20 Septiembre de 2021
FEn07	Nicolas Sarmiento	Arquitecto especialista en sostenibilidad con experiencia en coordinación técnica de proyectos bajo metodología BIM	21 Septiembre de 2021

## Entrevista FEn01 - Luis Fernando Fonseca Jiménez

### ¿Cuáles perfiles claves crees que son importantes para el desarrollo de un proyecto de construcción?

Hoy en día, todos los profesionales que participan en las obras deben poseer unas capacidades de manejo de herramientas digitales, que les permitan aprovechar todo lo proveniente del diseño, porque aunque se habla de procesos BIM (que desde luego tienen que ver con la metodología), el hecho de que un profesional emplee REVIT no quiere decir que sea un *BIM Manager*, ya que este rol va más allá; pues este profesional está encaminado y encargado de gestionar todos los procesos (este es el primer rol que debe tener carácter en todas las empresas); debe existir este rol que se dedique a generar, gestionar y documentar todos sus procesos. El segundo perfil está encargado de liderar toda la parte en obra con contratistas y demás áreas, ya que el *BIM Manager* se desgasta durante bastante tiempo para generar ese Plan de Ejecución BIM general; esto implica que este rol en obra debe ayudar también a gestionar ese Plan; el cual, aunque va a ser muy diferente al Plan de Ejecución BIM de diseño, tiene una relación directa con este; en otras palabras, en obra se emplea un Plan de Ejecución específico para construcción y dentro de él aparecen los roles.

### Entonces ¿manejan dos BEP distintos?

Así es, son dos BEP distintos que se interrelacionan, ya que el BEP de diseño es específico y está dirigido a los consultores, quienes deben cumplir con ciertos formatos, entregables y en general con todo lo que se disponga en ese Plan de Ejecución; ahora bien, los modeladores cuentan con un rol específico, para el cual se indica como, de que forma y en que formatos debe ser entregada la información. Las especificaciones de producción de la información con base en la conexión que deba tener, con presupuesto o planeación por ejemplo (simulación 4D, 5D y de ahí en adelante) está consignado en la gran “biblia” que indica como se deben hacer las cosas, a fin de que la información pueda ser transversal y ser usada por las dependencias de presupuestos, programación, obra y demás en la cadena de trabajo.

Una vez producida y transmitida esa información a obra, se crea un BEP adicional de los procesos que se llevan a cabo en obra, ahí aparecen procesos de coordinación de instalación, los cuales contemplan: como deben ser los entregables de los contratistas, en que formatos, que información deben entregar y cuando deben hacerlo. Aunque los anteriores documentos a primera vista son dos cosas distintas, tienen una correlación ya que todo va en cumplimiento de ese plan general de ejecución BIM de la compañía.

Como tercer rol, están los BIM de los contratistas, quienes tienen la capacidad del manejo de la herramienta y también experiencia en la propia disciplina, lo cual facilita el trabajo, permitiendo conformar todo un equipo de trabajo en obra. Ahora bien, adicionalmente nosotros incluimos un rol de interventoría con un perfil BIM que está en capacidad de manejar las herramientas y trabajar las plataformas BIM de integración, para ser apoyo (ya que la interventoría es más una actividad de apoyo que de crítica a los procesos) a fin de entablar más fácilmente revisiones y auditorías de los modelos para la entrega de productos de calidad; si la interventoría no está involucrada en esos procesos, se generan reprocesos, ya que, mientras la interventoría revisa planimetrías en 2D (porque no tiene ni las herramientas ni los recursos para hacer verificaciones rápidas con el modelo), se pierde tiempo en revisión de información que no es.

Lo más importante, es que todos los que participan, todos los interesados del proyecto tengan la capacidad del manejo de algunas herramientas, sea BIM o no, aquí se le llama BIM al residente que tiene conocimientos en REVIT, Navisworks, Dynamo u otras aplicaciones que sirvan para estos

procesos; sin embargo, si no se les llama BIM, debe ser el residente técnico del contratista y debe tener capacidades y cualidades que le permitan: abrir un modelo en Revit, navegar en Naviswork, visualizar, realizar integración para que puedan tomar decisiones. Aunque, todo eso debe volverse contractual, ya que, si no lo es, o no hace parte del contrato, se genera un problema muy grande con los contratistas.

Aun así, los perfiles BIM no son una sombrilla desde el BIM *Manager*, la gerencia general de la compañía debe dar apoyo a todo el tema, si la gerencia no da ese apoyo va a ser muy complejo y difícil que una empresa pueda dar ese paso para emplear la metodología.

### **¿Quiénes participan en la formulación del BEP?**

El rol principal del BIM *Manager* es buscar las lecciones aprendidas, la documentación de los procesos y mejorar los procesos a través de la documentación, sumado a esto está la creación de perfiles.

### **¿Qué usos BIM están aplicando en la etapa de construcción?**

Estamos usando metodologías para modelos “*as built*” y planos *record*, *Facility Management*, simulación y coordinación 3D enfocada a la instalación como tal.

### **¿Cómo funciona el proceso de coordinación que realizan?**

Con respecto a la parte MEV, es coordinar en tiempo real el proceso de instalación en ciertas áreas según la directriz o la planeación general del proyecto.

### **A parte de los conocimientos técnicos del oficio y de la herramienta ¿Qué competencias cree que deberían estar presentes en un equipo colaborativo?**

Las personas deben estar en la capacidad de manejar el software, de acuerdo con lo que se haya diseñado, siempre se habla de Revit, Navisworks, BIM360 (es decir, Autodesk); sin embargo, existen otra gran cantidad de plataformas. Los perfiles de las personas deben estar enfocados de acuerdo con las herramientas de diseño o uso (en diseño o en obra). Existen otro tipo de herramientas que son de gestión de datos; por ejemplo, Excel (que es de office y sin embargo es la base de datos primordial, porque toda la data de los modelos sea el que sea, toda la información la pasamos por Excel ) existen además, otro tipo de herramientas que ayudan a gestionar los datos, organizarlos y mostrarlos en un informe gerencial; sin contar con plataformas adicionales como dynamo, que permite gestionar datos de los modelos rápidamente y tener bases de datos concretas en pocos minutos. El perfil de cada persona dependerá de cuáles son los requerimientos y los entregables, ya que si se realizan proyectos de infraestructura civil las herramientas cambian (por ejemplo el uso de Civil 3D que requiere otro tipo de perfil diferente); lo importante, es establecer el perfil de la persona para darle las herramientas o la capacitación suficiente con el fin de que genere los informes detallados de acuerdo a lo que se quiera mostrar.

### **¿Cómo se realiza la comunicación entre un equipo de construcción?**

El CDA se convierte en el centro de información de todo el proyecto, eso es lo que garantiza que la información es única y que todo el mundo tiene acceso al último diseño, modelo y comunicación. Ese es el medio de comunicación directo. El tema de tecnologías, software, herramientas en la metodología BIM va más allá que usar solamente Revit, ya que BIM no es solo Revit, BIM va más

allá con el manejo de la información. Lo importante es el aprovechamiento de la herramienta y la tecnología en pro del cumplimiento de los tiempos y presupuestos de un proyecto específico

### **¿Cómo se registran los avances de obra?**

El modelo “*as built*”, se presta para tener el avance de obra de lo que se quiera (de cada contratista o de cada red). En diseño inicialmente teníamos alrededor de 20 modelos; en obra tenemos 41 modelos de cada disciplina porque cada contratista que entra a la obra debe desarrollar su propio “*as built*” o debe desarrollar su propia disciplina, desafortunadamente en proyectos de gran magnitud no se puede trabajar con un solo contratista, dado que existen varios frentes y muy seguramente hay unos micro—proyectos dentro de un proyecto de gran escala; en estos entornos, lo que sucede es que cada contratista genera una segmentación del modelo principal y cada uno es responsable de su modelo, por eso, es complejo usar solo un modelo (el de diseño) como *as built*. Este proceso, nos permite garantizar que se está produciendo un modelo a medida que se presentan avances en obra; nosotros elaboramos esos modelos cada 15 días, es decir, los contratistas cada 15 días nos deben entregar el modelo y los planos *record* de todo lo que hayan ejecutado. Esto nos permite comparar los modelos para saber cuál es el avance que se tiene con respecto al último reporte. Eso, integrado con sabanas de cantidades, permite conocer cuánto se ha ejecutado de forma mensual, semanal, quincenal o en cualquier otra medida de tiempo.

### **¿Cuándo el contratista termina, comparan el *as built* del contratista con el que les entrega diseño para corroborar que el alcance se cumplió?**

Los procesos relacionados con cambios dependen de la escala del cambio, cuando el cambio implica un impacto fuerte en el presupuesto se debe generar un control de cambios, lo importante es que eso quede registrado en los modelos “*as built*” (quien solicitó el cambio, cuando, y porque). Entonces cuando se comparan esos cambios con el modelo inicial, es apreciable el impacto que hubo en una zona, un piso, una habitación o en todo el proyecto; la idea es que se maneje la trazabilidad de esos cambios y todo sea controlado.

### **¿Cómo se maneja la gestión de cambios en el equipo?**

El cambio viene de una solicitud, muchas veces cuando el diseño llega al contratista, el contratista se da cuenta que hay algo que no está bien dentro del diseño; entonces, el contratista solicita que se revise con el consultor los aspectos que no están acordes al diseño; esa es una opción; la segunda es por un cambio del cliente y la tercera es por un cambio desde diseño. De acuerdo con cada directriz se lleva un proceso distinto. Cuando el contratista es el que se da cuenta hacemos uso del formato de inconsistencias, el cual, usamos para que el contratista reporte el problema y lo podamos subsanar con los consultores directamente, consiguiendo el aval de diseño para realizar el cambio. Si ese cambio, genera un impacto fuerte en el presupuesto, se debe hacer un control de cambio presupuestal (proceso que se lleva independiente, pero que va alineado con el proceso de control). En el caso de que sea diseño quien se dé cuenta del cambio, se debe para la actividad para que con el consultor se haga el ajuste requerido y ya diseño se encargara de hacer el control de cambio directamente; lo importante es que las soluciones no se hagan sobre la marcha sino previamente y para eso se debe tener un plan de ejecución de las obras, esto con el fin de que los tiempos de proyecto no cambien.

### **¿Cómo realizan el control de cronograma?**

Todo se puede controlar con los modelos, todo lo que este modelado puede ser controlado y eso incluye el rendimiento de ejecución, entonces nosotros tenemos rendimientos iniciales, aquí es donde se debe tener cuidado porque esos rendimientos iniciales generar una programación inicial que se



hizo en oficina. En obra lo importante es medir el rendimiento real del contratista, ya que este puede estar haciendo más o menos de lo que se ha planeado hacer y ahí es donde hay que alzar la mano y avisar si es necesario incorporar más personas o cuadrillas debido a que el trabajo no está rindiendo, este trabajo debería ser exigido por parte de la gerencia a cada residente encargado de cada disciplina.

El tema de los rendimientos se basa en informes, entonces nosotros sacamos informes de rendimientos, con el modelo medimos lo que se debe ejecutar para una semana en particular y los informes sirven para tomas de decisiones gerenciales, muchas de estas decisiones iban enfocadas a cambios de proveedores porque el trabajo de los contratistas se veía retrasado dado que el material no llegaba en el tiempo adecuado, entonces se involucran áreas como fabricación. Es decir, los rendimientos están en función de los avances de obra.

Una cosa es proyectar los rendimientos y otra es analizarlo desde una simulación 4D, porque una cosa es ver una lista de actividades con unas fechas, pero cuando tu pasas esa información a una simulación 4D, todo es muy distinto, dado que gráficamente es apreciable el impacto en términos de (atraso o adelanto del proyecto); ahí se introducen los términos rendimiento y de simulación.

### **¿Como se controlan los costos de la obra?**

Ese control se realiza de forma tradicional, por cortes quincenales, aunque tenemos contratistas que realizan corte cada dos o tres meses; sin embargo, a través de los modelos generamos parámetros para que cada elemento tenga una fecha de corte específica, con el fin de realizar verificaciones de la veracidad de la información de los contratistas; el modelo “*as built*”, se presta para realizar el control de obra sobre las cantidades pagas, las que hace falta por pagar y las proyectadas por pagar; aunque si bien esta información se puede manejar a través de los modelos esta condicionada, al compromiso y las auditorias que se tenga con los contratistas, (reportes oportunos de toda la información y de los parámetros que se asignan para llevar el control). Lastimosamente, esto no es contractual, es decir, al contratista no se le paga conforme a lo que se reporta en los modelos, sino que de forma tradicional en campo se miden las cantidades ejecutadas y en función de esa información se paga (no debería realizarse así, pero así es como se hace actualmente), lo correcto, debería ser pagar de acuerdo a la información modelada en el “*as built*” porque para eso existe la herramienta, dado que estamos reportando, verificando y auditando la información.

### **¿Cómo es el proceso para el control de calidad del proyecto?**

Nosotros tenemos una matriz de revisión donde, se verifica que no haya elementos duplicados; si se va a usar el modelo para planeación entonces cada elemento debe tener una fecha de iniciación y de terminación de obra, entonces se mira que todos los elementos tengan estos parámetros. Es decir, la auditoria de la información se hace a acuerdo con lo que se quiera lograr en el modelo “*as built*” o con el modelo *record* en obra. Si por ejemplo, el modelo se está utilizando para realizar un registro fotográfico entonces se debe verificar que cada elemento tenga un registro fotográfico específico, de esa forma se garantiza que la información es viable para las personas que requieran usar ese modelo. Nosotros tenemos un departamento de planeación y control y dentro de obra tenemos un departamento de control que verifica que lo que el contratista este instalando se esté haciendo bien; esos modelos se emplean para realizar cada revisión. Ahora bien, las auditorias las hace interventoría también y esto garantiza que la información es viable, esto permite que por ejemplo no se le pague de más a los contratistas y no existan fugas presupuestales. La idea a futuro es que los modelos que producimos sean usados por todos los departamentos, porque lastimosamente ahí entramos a ver un tema de capacidades, ya que si un profesional es de control no puede abrir un modelo en Revit porque no lo sabe hacer, entonces, debe confiar en la información que esta reportada en los planos o revisar el 2D; lo cual, genera reprocesos y problemas

### **¿A que interesados crees que les ha faltado llegar en cuanto a BIM?**

Existe un problema con los contratistas debido a que muy pocos han empezado a romper el hielo en cuanto al tema de la metodología, también es importante vincular a los proveedores, ellos son fundamentales porque facilitarían el trabajo, el problema es que ese no es un tema contractual, entonces como no se les exige contractualmente a los proveedores el tema de BIM pues ellos lo que requieren es un plano y ya, pero con ellos trabajando desde BIM se podría controlar que cantidades han llegado a la obra, que cantidades hacen falta y todo a través de modelos. Esto permite, por ejemplo, que no sea necesario estar llamando a los proveedores para pedirles informes con respecto a cuanto se ha entregado o instalado o cuanto queda pendiente.

### **¿Como controlan el tema de sostenibilidad dentro de obra?**

Se hace a través de nuestro residente LEED, si previamente en el diseño el edificio o la construcción se llevó a esa simulación 7D y construimos tal cual esos diseños, se está cumpliendo, la sostenibilidad; sin embargo, va mucho más allá, dado que se debe certificar que los equipos instalados, los materiales, los sobrantes y desperdicios se estén manejando adecuadamente; esto se realiza a través de informes (manejados por el área LEED directamente); obviamente cada contratista debe responder al residente LEED por ciertos informes o actividades, lo que genera que a obra no llegue un solo producto que no tenga su ficha técnica aprobada por el residente LEED. Así mismo, desde el diseño tenemos un asesor de sostenibilidad que nos ayuda a revisar que dentro de las licitaciones que realizamos se esté cumpliendo con los requerimientos de sostenibilidad, todo esto se podría incluir dentro de los modelos en los parámetros de diseño de cada elemento que se esté modelando.

## Entrevista FEn02 – Jhonatan Garcia

### **¿Qué requerimientos cree que debe tener una construcción para que sea sostenible?**

Consumo energético, huella de carbono que cumpla con el abanico de la sostenibilidad social y económica, estos son los mejores enfoques, porque casi siempre se enfoca sostenibilidad al tema bioclimático y se confunde.

### **¿Cómo cree que se puede utilizar BIM para alcanzar los ODS propuestos por la ONU en el sector de la construcción sostenible?**

Yo creo que BIM está muy ligado a la parte técnica, entonces, lo económico y lo ambiental es fácilmente dimensionable y aplicable con la herramienta, porque te permite parametrizar y medir todos los elementos, el impacto social es más difícil, para la parte medio ambiental, es muy sencillo si se toma como los parámetros tradicional que se tiene para medir que algo es sostenible ambientalmente, estos se ponen en el modelo y se puede medir, para la parte económica BIM tiene integrada toda la parte de *Management* entonces también es muy fácil, para la parte social es más complicado porque no hay una variable que pueda medir el impacto tan fácilmente.

### **En cuanto a interesados, ¿Cuándo se habla de construcciones sostenibles aparecen nuevos Stakeholders?**

Si, si se ve desde las 3 variables (ambiental, económica y social) se abre totalmente al usuario, casi siempre se tiene *Stakeholders*, pero desde mi perspectiva eso se enfoca más en un tema de *marketing*, es decir, me interesa el usuario si el me compra, lo incluyo en mi matriz como objeto de mercadeo pero no lo doy más participación que eso, si se ve desde el punto de vista de analizar la línea de tiempo, el ciclo del edificio, mantenimiento, esa aplicación no la he vivido en los proyectos que he hecho, la conozco teóricamente desde el enfoque IPD, pero realmente no es fácil verlo.

### **En un mundo ideal ¿Qué Stakeholders deberíamos consultar o tener como aliados para que el proyecto se logre con éxito?**

Una verdadera relación con quienes podrían ser los usuarios, una metodología integrada de gestión de proyectos que vaya más allá del interés económico, si se plantea la sostenibilidad en sus tres dimensiones no como un logo sino realmente como un área de interés en donde se manejan indicadores, existe un valor agregado, una ganancia que no se mide en dinero sino en otros impactos; cuando se identifica esto, se incluye a más personas aparte de lo técnico y lo financiero, el concepto del proyecto es el que hace que lleguen los *Stakeholders* indicados.

### **¿Qué roles cree que deberían tenerse en un equipo BIM?**

Depende de lo que se esté buscando en el proyecto, lo ideal es siempre tener un BIM *Manager* con su traducción literal, un gerente BIM que realmente tenga poder de decisión, no que este debajo de una gerencia, sino que este a la misma altura de la gerencia de proyecto, eso es importante dado que normalmente la metodología BIM no llega a su máximo potencial puesto que tiene que sufrir adaptaciones a metodologías preexistentes. Cuando el BIM *Manager* está en igual condición a la de un gerente que toma decisiones de proyecto (financieras, condiciones de diseño, decisiones del proceso constructivo, etc) empieza a tener peso la metodología y todo se trabaja de forma sincronizada, de no ser así, el BIM *Manager* realiza esfuerzos para tratar de hacer que funcione la metodología dentro de un sistema de negocio que ya está previamente establecido. La estructura de

trabajo dependerá del producto que se desee obtener, por ejemplo, coordinadores, profesionales BIM, residentes BIM.

Si creo que debe haber un árbol, porque no puede existir un *BIM Manager* y no tener a nadie a cargo, ya que, en estas circunstancias, la persona no puede desempeñar la labor estratégica que tiene un gerente (tomar decisiones); la parte operativa del área BIM casi siempre se enfoca en interferencias, sin embargo, esto es solo un capítulo dentro de todo el panorama de la metodología, existen muchas formas de distribuir el trabajo, lo importante es tener claro lo que se debe hacer.

### **¿Cómo considera que es la manera ideal de distribuir el trabajo con base en la metodología BIM?**

Depende del producto, depende de lo que se este haciendo; si la empresa realiza productos inmobiliarios o de vivienda que son repetitivos y están enfocados en la optimización de recursos y maximizaciones de utilidades (en obtener el producto que más llame la atención y que cueste menos en su realización), en estos proyectos el personal BIM ya tiene ese enfoque, es decir, trabajar rápido, hacer cosas que funcionen, fáciles de consultar y que ayuden a cumplir el objetivo de vender un proyecto inmobiliario.

Normalmente lo que se tiene es un coordinador BIM para un portafolio de proyectos, para proyectos especiales que requieren más atención o que son particulares ya se requiere un coordinador de proyecto, hay profesionales *Senior* y *Junior* de acuerdo a la cantidad de coordinadores BIM que haya o según la complejidad del proyecto; la clave es que la persona que está encargada del área BIM no se dedique únicamente a interferencias sino que también a la implementación, ya que ese es el proceso más largo. Siempre se está mejorando la tecnología y la implementación es lo más duro porque ahí le enseñas a las personas, aprendes de ellas, y tratas de que todos estén enfocados en la misma línea de trabajo; en ese momento, se realizan protocolos, reglas de juego, se revisa como están trabajando las personas, todo eso es un trabajo de supervisión y revisión de las actividades de modelado, hay un trabajo de capacitación al personal y de implementación ya que la forma de trabajo no se puede cambiar drásticamente, debe ser de forma estratégica y existe un plan para eso, ese es el rol que debería tener un coordinador.

### **¿Qué competencias deben estar presente dentro de un equipo de trabajo BIM?**

La más importante es la resiliencia y la capacidad de poder perseverar para una implementación, lo que he visto en mi experiencia es que decirle a alguien que lo que ha hecho no es la mejor forma de haberlo hecho y que hay mejores formas de hacerlo aun cuando según él tuvo éxito es difícil. Esa capacidad de convencer a los demás y de no rendirse cuando te digan que no; la idea es que el cambio sea gradual, yo he visto personas que saben mucho de la metodología BIM, pero a la hora de implementarlo no cuentan con las herramientas de gestión para implementarlo porque no leen la gente, no leen la empresa, no leen los procedimientos creen que lo saben todo y no pueden aplicar las cosas que saben. La capacidad de gestión es muy importante.

### **¿Qué importancia tiene el BEP en la ejecución del proyecto y cuál es su relación con el plan de gerencia de un proyecto?**

El BEP y el plan de gerencia deben ser la misma cosa, ahí es donde la metodología puede evolucionar, los buenos BEP que conozco traen consigo una metodología de gestión de proyectos, tienen directorio, responsable, roles, objetivos, tiempos, flujos, etc. Las metodologías BIM han tomado cosas de todas las áreas para hacerlas materiales, porque se pueden ver en flujos de trabajo y en planos. Es totalmente tangible y se utiliza todos los días, ahí radica la diferencia con los procedimientos

tradicionales de gerencia en donde existen un montón de documentos que nadie más allá del gerente conoce, en cambio el BEP llega hasta abajo si la gente lo sigue, esta metodología es más como gestionar el proyecto a partir de una herramienta. El BEP es un cuerpo que te explica algo directo y los anexos te explican la metodología, por ejemplo, como llamar los archivos donde guardarlos, como hacer un flujo de trabajo, como usar el CDE.

### **¿Quiénes deben participar en el momento en el que se desarrolle el BEP?**

Lo óptimo es los gerentes, no solamente el BIM *Manager*, porque la mayoría de los gerentes no saben lo que trae el BEP y ahí precisamente esta toda la estructura del trabajo y los roles

### **¿Qué requisitos mínimos debería tener el CDE para que un proyecto pueda ejecutarse con éxito?**

Que sea accesible a todos, el problema es que las licencias cuestan y algunos líderes tratan de optimizar dinero con el acceso a las plataformas; ahí es donde se cometen errores, porque todos en el proyecto deberían tener acceso a la mayor parte de la información (Porque desde luego hay información sensible) esa es la primera regla, eso ayuda a que todos estén enfocados en el mismo lugar, los segundo es que el BEP debe tener una comunicación uno a uno con el CDE porque en el BEP están los flujos de trabajo, debe poder ser absolutamente claro en cuanto a cómo encontrar la información y el recurso humano debe estar capacitada para usarlo.

### **¿Cómo debe ser la comunicación en un equipo BIM para que no se presente la desactualización de la información?**

Ahí sirve mucho el CDE porque permite controlar el versionamiento, no solo dice la última versión disponible, sino que puedes consultar todas las versiones previas del proyecto y las versiones de los documentos, ahí es clave ser organizado, por eso el BEP dentro de sus anexos describe como se deben nombrar los archivos, normalmente los CDE tienen forma de reportar cuando se cargó un archivo cuando fue aprobado, en ves del uso de correos.

### **¿Cómo se puede aprovechar la metodología BIM para procesos de comunicación entre equipos de trabajo?**

Trabajar sin la metodología BIM o sin un modelo de colaborativo implica una pérdida de tiempo grande, porque las actualizaciones no se reportan.

### **Desde su experiencia ¿Cómo se puede aprovechar BIM para hacer la línea base de alcance?**

Por el lado de poder medir, básicamente se habla mucho pero no se sabe del potencial que tiene la herramienta de captar la información y medir si está pasando o no algo; la herramienta permite saber si es posible cumplir o no una meta, más allá de brindar apoyo en la definición del alcance, contribuye en saber si es posible lograr los propósitos del proyecto, dado que estos se pueden hacer tangibles y medibles.

### **¿Qué información se considera relevante para realizar esas mediciones?**

Eso depende del alcance que se establezca, esa es la parte más chévere, planificar que se modela y que no, que información debe contener el modelo y que no y en que etapa del proyecto debe llegar esa información , en qué momento la parametrizo, es realmente, saber que con los objetivos claros, se defina que información de esos objetivos debe estar clara en el modelo y en que momento defino

esa información y como la defino para después establecer parámetros, saber como los diligencio y después hacer control sobre ellos, eso no se puede hacer por ejemplo en AutoCAD

### **¿Qué suso BIM como mínimo se deberían solicitar para un proyecto sostenible?**

Coordinación es el uso más importante, aunque la coordinación va más allá de interferencia, es saber cómo están interactuando o funcionando las cosas, otro uso clave que casi nunca se hace es el energético, casi no se utiliza la herramienta para eso. Por ejemplo los modelos MEP se pueden enfocar en función de los requisitos que se conocen, materiales, accesorios y equipos que deben cumplir requisitos de sostenibilidad, entonces en el modelo se asigna un parámetro para ese objeto y se realiza una comparación entre el parámetro que debo cumplir y lo que yo estoy proponiendo en el proyecto y esto es muy fácil de hacer en BIM en la modelación, pero aun así eso está corto, porque todo lo que es MEP, son objetos susceptibles de análisis, es decir, objetos analíticos, por ejemplo con una luminaria tienes un punto de conexión con voltaje, amperaje y todas las variables que son necesarias y se puede hacer el diseño eléctrico desde REVIT pero lo que pasa es que la gente no lo hace y las familias originales de puntos eléctricos, de sanitarios, entre otros, vienen con toda esa información de consumos eléctricos, de agua, con la información del diámetro del tubo que se debe conectar, y si se conecta apropiadamente se genera un parámetro que mide que toda conexión debe tener un principio y un fin, pero eso no se está haciendo acá en Colombia, las redes se modelan únicamente para buscar interferencias pero no utilizamos el potencial analítico que tiene REVIT, porque también hay softwares que tienen mejor y mayor alcance que REVIT, serí excelente que tener toda la información permitiera realizar el modelado analítico de cada especialidad desde REVIT, pero no se está haciendo, la idea es que tú tienes una base de datos con objetos, entonces le puedes poner toda la data que quieras al objeto, se pueden realizar tablas de comparación y requisitos LEED si se planea. El problema es que planear eso es difícil, los usos analíticos serian fundamentales para lograr la sostenibilidad, coordinación, autoría (para usarlo en diseño), revisión, estimación de costos y líneas de tiempo, esos serían los usos principales, sin embargo, la sostenibilidad aplica a todas las áreas así que es más complejo verlo por separado.

### **¿Cómo es el proceso de creación de la línea base de cronograma y costos (BIM 4D Y 5D) con el modelo ya coordinado?**

Nosotros en este momento estamos empleando un mecanismo que hasta el momento es teórico, mediante sistemas de clasificación *omniclass*, lo que se hace es modelar por actividades de obra, entonces por ejemplo se modela el muro civil, el pañete y aparte el acabado, entonces ahí tienes 3 familias es ves de una, a cada familia se le aplica un código de actividad, porque cuando se construye, se construye y contrata por aparte, REVIT te permite hacer un muro con 8 capas pero el mampostero es un contratista, el que pañeta es otro, el que pone el revestimiento es otro, que tienen cuadrillas por parte que son ítems de presupuesto que pertenecen a capítulos diferentes, se ejecutan en épocas diferentes y se pagan en momentos diferentes y en REVIT se modelan como una sola cosa, ahí está el error, la propuesta que nosotros tenemos en este momento es modelar por actividades, eso permite asignar a cada elemento un código de actividad del presupuesto, entonces aquí es clave tener un lenguaje común (*omniclass*) así cuando se habla de una actividad todos los involucrados están informados, así cuando se sacan los materiales y las tablas de cantidades, la estructura de como yo hice las especificaciones y nombre todo en el modelo es la misma estructura del presupuesto, la misma estructura de compras y la misma forma de cómo se construye y se paga y así todo pasa transversalmente y horizontalmente, porque uno de los problemas más grande que tiene el modelado, es que el modelador va por aparte, siguiendo una metodología visual.

***El dilema ahí es que cada constructora tiene una clasificación omniclass y de alguna manera cada compañía realiza sus modificaciones.***

Si, lo malo de eso es que por ejemplo cuando llega un consultor que trabajo con Amarillo y trabaja para otra empresa diferente ya no tiene los mismo códigos entonces tiene que adaptarse, pero es el quien tiene que adaptarse, es un reproceso para el, pero al misma organización Omniclass de Estados Unidos dice, “yo llego hasta acá, de aquí para adelante usted puede editarlo pero con estas reglas” y pone unas reglas para que se pueda seguir o no lo importante es seguir las reglas, es chévere cuando la gente tiene la misma clasificación Omniclass porque por lo menos la cogieron como base, el problema es cuando no, cuando cada quien se inventa su propio sistema de clasificación y no solo ese es el problema, sino que hay como 10 sistemas de clasificación en el mundo, los británicos tienen el suyo, los holandeses, los canadienses, es decir casa loco con su tema. En resumen, hay que tener un lenguaje común que permita que todos hablen de la misma cosa en el mismo lenguaje, por que si no se generar reprocesos.

### **¿Cómo manejan el cronograma de obra?**

De igual forma porque en el presupuesto sale el cronograma, un presupuesto es una estructuración de actividades para hacer algo, esas actividades tienen un APU que tienen materiales, recursos, mano de obra, transporte, tiene rendimientos y un montón más de información, entonces si usted hace el presupuesto bien, el cronograma es organizar precedencias,

### **¿Bajo el mismo sistema de clasificación que tienen las actividades tienen duración de tiempo estandarizado?**

No, la duración de tiempo la dan los rendimientos, cuando tienes el APU hay una parte que dice rendimiento, entonces digamos por unidad, es decir, m<sup>2</sup> de mampostería, entonces ¿Cuál es el rendimiento?, en cuanto tiempo haces el m<sup>2</sup> de mampostería, ¿esa información la podría tener REVIT también? Claro que sí, pero nosotros no lo vemos necesario porque hay una base de datos de presupuesto que tiene esa información, lo que ellos necesitan de nosotros es la actividad, cantidad, descripción e insumos.

### **En el momento de la construcción ¿Cómo se integra toda la planeación que se hizo en el modelo para materializarlo en el proyecto?**

No es tan fácil, lo que más importa es que la gente quiera colaborar y estar en una actitud positiva para encontrar soluciones, porque la metodología nunca va a permitir que todo salga perfecto, el punto es no echarle la culpa a lo que hay sino buscar soluciones dentro de lo está hecho, esa es la premisa más importante para sacar adelante un proyecto, porque siempre van haber problemas, los más comunes son problemas de coordinación, a veces todos quieren estar supremamente coordinados sin interferencias y hay proyectos que tienen una complejidad tan grande que uno se enfoca es en lo crítico y lo importante que permite una adecuada coordinación pero no un “nivel de perfección en la coordinación” que no se puede hacer porque de ser así duraríamos 10 años diseñarlo y son cosas que deben hacerse ya, esas parte de la expectativa entre lo que recibes y lo que damos que es un nivel gerencial, de que entre gerentes se transmita lo que se entrega.

La comunicación es el pilar del éxito en todo, muchas veces las dificultades vienen en la comunicación, en hablar el mismo lenguaje tener definido cuales son los usos del modelo y como se aplican, cuando la gente habla el mismo lenguaje es fácil porque a veces el problema no es del objeto sino de la falta de comunicación. Pero esta metodología cambia, es dinámica.

### **En el tema de riesgos ¿Cómo se podría implementar la metodología para tratar los riesgos?**

Nosotros estamos aplicando apenas identificación y mitigación de riesgos desde una visión integral, no tengo mucha experiencia en eso porque es algo que apenas estoy empezando a gestionar.

### **En cuanto a calidad ¿Cómo BIM se ha aprovechado para gestionar la calidad?**

Mucho porque el hecho de BIM sea una metodología tan documentada, con procedimientos y protocolos, estas obligado a tener una reglas de juego y medir todo.

### **¿Como usan BIM para hacer gestión de cambios?**

Eso es algo que actualmente estamos empezando a utilizar, REVIT tiene particularmente la nube de revisión que permite llevar el registro de los cambios, aunque paramétricamente es muy limitada la nube en el sentido de que no te permite tener muchos parámetros y nosotros internamente tenemos cambios que pueden depender del presupuesto, del cliente, de compras, de obra, los cambios tienen muchos orígenes y muchos posibles impactos, eso aún se está estructurando pero REVIT no te permite cargar toda esa información porque la herramienta para gestión de cambios de REVIT que son las nubes de revisión es limitada en cuanto a parámetros, y eso conlleva a que no puedas crecer mucho en eso, cuando la herramienta no nos permite realizar estas cosas recurrimos a la vieja guardia, con Excel y montamos un formato de gestión en donde se documenta que se cambió, cuando y unos planos de soporte y listo, si REVIT pudiera soportar más data en ese parámetro uno podría sacar el informe desde REVIT, porque de la forma convencional tú lo registras en Excel y luego deber ir a REVIT y realizar la modificación, entonces ahí realmente podría realizarse un gran avance

### **En cuanto al monitoreo de interesados ¿Cómo aprovechan la herramienta para realizar el monitoreo de la relación de los Stakeholders con el proyecto?**

Usamos el CDE, pero no todos los Stakeholders tienen acceso a eso, porque hay niveles de interés, entonces los que tienen acceso a la plataforma es muy fácil porque pueden consultar toda la información del proyecto, los que no pues son personas externas o de otro nivel a quien se les lleva la información de forma filtrada, por ejemplo, los dueños del proyecto, pero la herramienta en realidad te permite dar data de todo.

### **¿Como controlan el cumplimiento del alcance con BIM?**

Nosotros tenemos una aplicación que se llama matriz de calidad donde los principales interesados internos (área comercial, de construcción, presupuestos, etc) tienen unos parámetros a cumplir y cuando se hace la exposición del proyecto, se hace desde REVIT y esos parámetros deben ser verificables en el modelo, entonces los interesados hacen una revisión y chequean si se está cumpliendo o no con esos parámetros en el modelo, básicamente es una lista de chequeo

### **¿En obra utilizan el mismo sistema para realizar el control de cronograma y costos?**

No, no estoy seguro de como hacen el control del costos y cronograma, sé que costos se puede controlar con REVIT porque desde el modelado viene el presupuesto, ya que dentro del modelo existe un parámetro que informa si está construido o no, entonces tú puedes mirar en el modelo *as built* cuantos muros estan hechos, eso tienen unas cantidades y un cronograma y unas metas. En diseño es distinto, porque es más orgánico, entonces ahí no se puede decir por ejemplo hoy hacemos solo “x” parte porque tu diseñas el edificio, lo vuelves a tumbar y así entonces medir con BIM el cronograma es algo que no veo claramente.



## **Entrevista Fen03 - Ana María López Rovira**

**La idea de nuestra propuesta es dividir la guía de acuerdo con las áreas de conocimiento que nos brinda el PMI que con el cambio actual de edición se llaman dominios, la idea es iniciar desde la etapa de planeación por la parte de integración, con esto en mente: ¿Qué importancia tiene el BEP en proyectos de construcción sostenible?**

Desde mi experiencia, en los proyectos en los que he participado en construcciones planificadas me encargo de la parte de urbanismo, como tal la parte de planificación es bastante importante, todo lo que es la parte de hacer un diagnóstico, de revisar cuales son las estrategias para llegar a un acuerdo nos va a permitir subsanar de ahí en adelante todo el desarrollo y como va a ser la implementación en un proyecto, exactamente en la etapa de sostenibilidad no tengo mucha experiencia, yo lo que manejo es coordinación de diseños técnicos de urbanismo.

**Cuando se trabaja con el BEP para llegar a acuerdos, ¿Cómo integran el BEP al plan de gerencia del proyecto?**

Podemos poner de ejemplo el proyecto del centro comercial “El Edén” donde la idea es que llegue un modelo a obra con cero interferencias, esto permite tener un mayor aprovechamiento de los recursos para reducir temas de imprevistos, sobrecostos y permiten también detectar que especialidades entrar primero (adelante unas de otras) para lograr una programación más eficaz a lo largo del proyecto

**En el momento de la integración ¿Cómo se debe manejar el entorno de datos?**

Nosotros manejamos en la compañía una plataforma que se llama BIM360, esta plataforma permite tener trazabilidad de toda la información; lo más importante, es conocer de quien viene la información, que se hace con la información y en el momento de “desarrollo durante la obra” ir verificando que lo que se va construyendo este alineado con lo proyectado en el diseño, porque de nada sirve que la obra vaya por un camino y el área de ingeniería vaya por otro si no se hace un seguimiento y acompañamiento a lo largo de todo ese recorrido. Entonces te presento un ejemplo, para desarrollar toda esta metodología BIM lo que hacemos es apoyarnos en unas herramientas, llámense software de implementación como lo es REVIT, que permite ir controlando a cada especialidad técnica: que cambios tienen, que cambios se deben mejorar, cuáles son las solicitudes del cliente, para que todos estén alineados desde la etapa de diseño hasta la etapa de ejecución en obra

**¿Qué roles considerarías claves para poder desarrollar los proyectos con BIM?**

Primero El coordinador BIM: es la mano derecha en cuanto a la parte de administración de la información, desde la parte técnica, donde se elaboran los diseños tiene que haber si o si un ingeniero de proyectos y en la parte de obra debe estar tanto el coordinador BIM de obra como el director de obra; básicamente estos cuatro son los roles principales y cada uno de ellos tendrá su equipo de trabajo apoyándolo.

***Entrando en el tema de edificaciones ¿“El Edén” fue pensado como una edificación sostenible?***

Si, de hecho, logramos una certificación *Platinum* o *Gold*, pero si logramos obtener una certificación.

**¿Qué requerimientos deben cumplir para llegar a esa certificación?**

Básicamente que todos los diseños estén integrados para no dejar una huella tan grande carbono, en cuanto a la evaluación técnica cuando se desarrollan los diseños, todos los equipos que se provean

para satisfacer estos diseños técnicos, hállese de equipos hidrosanitarios, mecánicos, todo tiene que ir revisado y evaluado para que funcione en las condiciones óptimas y no generen afectaciones al medio ambiente; de igual forma que el sistema como tal y los diseños técnicos sean pensados para que funcionen óptimamente y a lo largo de la etapa de operación del centro comercial.

### **Desde que se planea el proyecto ¿hay usos BIM que se aplican directamente o que se exigen a los contratistas?**

Si claro, con cada contratista, aunque eso depende del nivel que quieras implementar en tu coordinación BIM, porque se puede empezar a manejar la metodología BIM desde una etapa muy temprana de planificación o en una etapa más avanzada, para el centro comercial fue así, cuando ya se estaban entregando los diseños para obra, fue cuando metimos ese acompañamiento con una empresa que son hizo la revisión de todos los diseños para lograr apuntarle a esta certificación. Ahora bien, está etapa se puede haber llevado a cabo antes para lograr optimizar un poco más los diseños y no tener que estar corriendo a lo último, cambiando especificaciones de equipos y materiales, que a la larga generan retrasos en obra, sobrecostos; entonces, si se hubiese podido atacar desde el principio y tener este parámetro tan importante desde la planificación todo puede fluir más fácil desde que se planea y no en una etapa ya tan cercana a la obra, pero se logra hacer.

### **Aprovechar BIM desde etapas tempranas ¿Cómo contribuye a mejorar la experiencia en el alcance del proyecto?**

Le atina a reducir un porcentaje muy alto en lo que es el costo total del proyecto, porque va a permitir aprovechar mucho más los recursos, ya que al final de cuentas todo se resume es en términos de tiempo y costo.

### **¿Qué información considera relevante que debe tener un proyecto?, es decir ¿Qué más se debe incluir aparte del edificio en si para que el entorno funcione? Por ejemplo, dentro del marco de referencia del contexto o el entorno ¿Qué información se puede incluir para alimentar el modelo?**

La programación es la base de todo, se debe iniciar pensando en que no solamente debe haber una coordinación entre los especialistas (estructural, hidrosanitario, mecánico) sino que también debe existir el entorno social. El entorno social es: presentar el proyecto a las comunidades, revisar las entidades públicas de las que se debe tener un aval previo para continuar, por ejemplo, en mi experiencia de urbanismo en el CTIC, se debe tener en cuenta el IDU (el cual es el último ente que da la aprobación de todo) pero previamente se debe presentar y tener avales de: la secretaria de movilidad, secretaria de planeación, el Acueducto, las empresas de Enel, Vanti, todo lo que sea servicios públicos. Todos esos tiempos, son importantes a la hora de planificar el desarrollo del proyecto porque generan precisamente un impacto social.

### **¿BIM ha contribuido a mejorar esa experiencia con las comunidades?**

Si, sin duda, con las comunidades y con las entidades públicas que son el medio por el cual se autoriza y se da el aval de todos los diseños, pensando en el bienestar social de todos.

### **Entrando al tema de cronograma recursos y costos ¿Cómo se puede aprovechar BIM para mejorar ese entorno de construcciones sostenibles?**

Al partir desde un modelo, llamémoslo la herramienta que nos apoya la metodología BIM que usamos en planificadas que es el REVIT, si se tiene concebido desde el inicio un modelo que va por fases,

que va asociado al cronograma de obra y a las necesidades que tenga el entorno social, se puede avanzar rápidamente sin tener obstrucciones en el camino o imprevistos que no se tengan previstos.

### **¿Existe una forma ideal para planear los recursos o el cronograma mediante BIM?**

Si, claro que si, por ejemplo, Mcs Project puede ser una muy buena herramienta en la que si se hace el ejercicio de línea de tiempo amarrado a un modelo Revit, se puede tener paso a paso, etapa por etapa con una base de los recursos que se van a utilizar, esto brinda un panorama muy bueno de todo el desarrollo del proyecto. Es muy importante entender que la metodología BIM no es solamente ligarse a un programa o a un modelo 3D, sino que es la integración de muchas herramientas que permiten tener una gestión a lo largo del tiempo, pero desde la etapa de planificación (hago mucho énfasis en esa, porque es muy importante) se puede tener todos los imprevistos que se vayan presentando en determinado tiempo durante el desarrollo del proyecto.

### **A esos imprevistos los vamos a llamar riesgos, con base en eso ¿Cómo se puede aprovechar todo el ecosistema de BIM para manejar los riesgos que se van a presentar en el proyecto a futuro?**

Los riesgos pueden ser en temas de tiempo, por ejemplo, trámites ante entidades públicas, permisos, para edificaciones en el sentido de los suministros de puntos de agua, luz. El manejo de imprevistos con el modelo Revit en un nivel de detalle que permita conocer que tan flexible pueden ser las cantidades y la desviación, por ejemplo, si se estima que el acero sube de precio de aquí a seis meses, con el modelo ya se tienen las cantidades previstas que se van a necesitar en un determinado instante del proyecto, por lo que se puede decir ¿Qué conviene más? ¿Negociar el precio ahorita o dentro de seis meses? Hablando por ejemplo de un tema netamente estructural y así aplica para cualquier especialidad que se analice; si ya se tiene concebido que cantidades se necesitan y en qué momento del proyecto, eso ya es una ganancia impresionante.

### **¿Cómo se planea la calidad del producto final desde la etapa de planeación con BIM? ¿Qué políticas de calidad se deben aplicar?**

Calidad es una palabra muy grande, pero en la constructora por ejemplo se maneja el modelo BIM del cual extraen cantidades, calidad puede ser hacer una revisión netamente dentro del área de presupuestos que verifique que efectivamente se tienen todos los recursos discriminados por especialidad, ahí es donde se revisa para que etapa del proyecto que nivel de LOD (modelado en Revit) se necesita, porque es diferente tener por ejemplo solo una columna apoyada sobre una superficie de suelo, que tener la columna vinculada con una platina; todo eso hace parte de un proceso de calidad, auditar bien los modelos para asegurarse de que estén en el nivel de detalle correcto (es decir, el que se necesita dependiendo de la etapa en la que este el proyecto). Eso puede ser un chequeo de calidad.

En cuanto a la parte de materiales si se tiene distribuido en el modelo todo el listado de materiales, verificar que el material cumpla con certificados de calidad, resistencia, cumplimiento de exigencias de la norma a la que se este aplicando (en edificaciones la NSR-10), dependiendo la especialidad se evaluara netamente por ejemplo el tema de calidad de los materiales.

### **Entrando en la parte de comunicaciones, ¿Cómo debe ser la comunicación en un equipo BIM?**

Deber ser totalmente lineal, todos los miembros del equipo son importantes y vitales para el desarrollo del proyecto, todos deben estar enterados, de todos los cambios que haya sin importar el área en el que estén, para que se detecten desde inicios tempranos. La comunicación es primordial en esta metodología

### **¿Qué competencias debe tener un equipo colaborativo?**

Saber trabajar en equipo, saber escuchar, saber aceptar los problemas que se puedan presentar, estar abierto al cambio, las habilidades de un líder.

### **¿Cómo se aprovecha BIM para el tema de comunicaciones del equipo?**

Un ejemplo es la plataforma BIM360 que permite tener control de por ejemplo si nace un plano, manejo de documentos; es una plataforma bastante amable para compartir todos estos cambios con todos los miembros del equipo del proyecto

### ***¿En esta plataforma se puede hacer la trazabilidad de quien ha realizado sus entregables?***

Si, eso es lo chévere, que cada vez que se sube o se modifica información, se puede decidir a quién notificarle, previamente se pueden establecer flujos de información, notificación o aprobaciones que se requieren, de esta forma siempre va a estar reportado: quien hace el cambio, desde quien nace y si se tienen flujos de trabajo definidos previamente, estos permiten tener mayor agilidad en cuanto a quien se deben distribuir, si se necesita alguna autorización para seguir al siguiente paso y si es tema netamente por ejemplo de manejo con los consultores de actualizaciones de versiones, todo va quedando conciliado, todos los cambios van quedando agrupados, entonces es muy importante tener claro desde el principio la nomenclatura de todos los documentos, planos; cualquier información que se tenga debe respetar unos parámetros de nombres, que permiten precisamente hacer esa trazabilidad a lo largo del tiempo

### ***¿La persona encargada de la comunicación en un proyecto BIM es el mismo BIM Coordinator?***

Es un apoyo muy grande, pero no necesariamente es la única, la comunicación es entre todos, por eso es un modelo colaborativo, todos estamos comunicándonos con todos, claramente apoyándonos en un coordinador BIM, pero la comunicación es entre todos.

### **Pasando al tema del monitorio, cuando el proyecto ya se está ejecutando ¿Cómo se usa BIM para la política de gestión de cambios?**

Un cambio puede nacer desde cualquier área, tanto desde el área de arquitectura, pero a lo largo del proyecto también puede surgir algún cambio desde la parte técnica, acá lo importante es detectar el cambio que se necesita, presentarlo ante un comité con las razones que justifiquen el porqué del cambio, en dicho comité, se evalúa la implicación que tiene el cambio con respecto al estado del proyecto y con eso se determina si se autoriza o no el cambio y se procede a realizar la respectiva actualización. En ese proceso todos deben estar enterados, desde el que emite la solicitud de control de cambio, pasando por las opiniones de todas las áreas de diseño y obra para ver las implicaciones que tiene y tomar entre todos la decisión de si se lleva a cabo el cambio o no.

### **En el momento de ejecución de la obra ¿utilizan BIM para presentar los avances a los interesados, Stakeholders, patrocinadores, promotores?**

Si, si se tiene bien consolidada la información desde la etapa de planificación, si esta alineada con el modelo en Revit y todos los involucrados están de acuerdo, es muy fácil socializar a cualquier gerente o presidente el desarrollo y evolución del proyecto,

### **Cuando se finaliza un proyecto, en este caso hablemos de “El Edén” ¿utilizaron BIM para monitorear el cumplimiento del alcance y los objetivos del proyecto?**

Si, al final se comparan las líneas de tiempo entre lo que se tenía proyectado inicialmente y al final que fue lo que en verdad pasó, es muy importante no salirse de la línea base de planeación del proyecto

### **¿Qué tanto contribuye BIM para lograr las líneas base?**

Para el centro comercial “El Edén” no se inició un proceso de metodología BIM desde el inicio, esta se incorporó a puertas de iniciar la obra, sin embargo, seguramente se lograron ahorros en tiempo, lo cual repercute directamente en el costo. Cada vez que se planea y se apoya en las herramientas de la metodología BIM lo que debería pasar es que, si se tiene una correcta distribución de todos los recursos, se pueda mantener esa proyección de tiempo y flujo de caja a lo largo del proyecto

### **En obra ¿Cómo se monitorea o se programan las reuniones para que todos los actores estén involucrados?**

Puedo hablarte desde la parte de diseño porque no he tenido un rol directamente en obra, pero desde la parte de diseño realizábamos ese acompañamiento por medio de comités semanales donde se mostraba paso a paso el avance del proyecto con base en ese modelo inicial que se tenía. Por ejemplo, todo el tema (más que todo en obra) de interferencia de redes fue muy valioso porque nos ahorró bastante tiempo y mantener la concepción inicial desde el diseño para que no se perdiera esa línea.

### **¿En el paso a paso de la construcción usaban el modelo inicial para controlar la calidad en cuanto al cumplimiento de lo planificado?**

Generalmente el modelo se usaba y se iba adecuando a las necesidades, pero como logramos tener un modelo con cero interferencias, durante el desarrollo de obra no fue necesario cambiar mucho el tema de diseños, por eso es por lo que es tan valioso tener esa coordinación antes de que empiece la obra.

### **¿Como consideras que BIM permite contribuir a los objetivos del desarrollo sostenible?**

Permite reducir temas de contaminación acústica, huella de carbono porque todos los diseños están pensados y alineados con esa misión y ese objetivo, si se tiene eso claro desde el momento de la planificación, con los objetivos claros desde el inicio se pueden lograr muchas cosas.

## **Entrevista ET-04 – Juan Sebastián Murcia Plaza**

### **Según su experiencia ¿Qué importancia tiene el BEP en la ejecución de proyectos?**

El BEP apareció hace poco, desde un inicio los primeros que usaban BIM no conocían el BEP, del BEP se viene hablando desde hace unos 2 o 3 años, esta iniciando. El BEP es muy importante, es decir, se vio la necesidad dentro del BIM FORUM, donde empezaron a poner los estándares necesarios. El BEP es necesario, completamente; se necesita estandarizar la planeación

### **¿Qué actores deberían estar presentes cuando se elabora el BEP?**

Debe estar construcción, planeación es el primero que debe estar, todo el tema de coordinación, los directores de proyecto, la gerencia debe estar enterada, todos. En Construcciones Planificadas son como cinco gerentes y todos deberían estar involucrados en ese desarrollo

### **Aparte de actores internos dentro de la empresa, ¿consideras que debería haber actores externos en el momento de la planeación?**

Dueños, cliente final, los actores como por ejemplo el IDU y las otras entidades a las que se le presenta el proyecto ya terminado, a ellos no les interesa en que se hizo (BIM, Revit, etc.) les interesa más el resultado, un actor podría verse cuando se desarrolla un proyecto comercial o un proyecto que va a tener un mantenimiento continuo donde se entregaría una parte del BEP, de resto, en proyectos donde se necesita un producto terminado no creo que sea necesario o si lo toma, lo va a guardar y no lo va a volver a mirar.

### **¿Qué roles claves se necesitan dentro de un proyecto para ejecutarlo con BIM?**

Tiene que haber un coordinador de proyecto, que es donde nace el modelo, todo lo que se va a usar, tiene que haber un BIM Manager quien es el que define que usos tendrá cada herramienta, se encarga de desarrollar y garantizar la funcionalidad de esos usos e informarlo a las otras dependencias. Construcción por ejemplo es otro “mini mundo” porque todo lo que se produce en proyectos muy grandes en la construcción puede cambiar del cielo a la tierra, Puede ser que se tenga un producto que se diseñó y algo paso en la obra, una razón que puede ser comercial y algo tuvo que cambiarse totalmente, entonces la obra es un “mini BEP” y un “mini proyecto BIM”, lo cual nos pasó también en el CTIC, donde la obra tenía su BIM Manager y tenía todo su manejo BIM aparte, por todas esas modificaciones y cambios que se pueden presentar.

### **¿Qué aspectos claves tienen en cuenta cuando se selecciona el entorno de trabajo de datos?, es decir, ¿Qué requerimientos se necesitan para poner el practica un CDE?**

Nosotros hemos tenido toda la evolución, lo he vivido también en proyectos por fuera inclusive en un proyecto que diseñamos en Chile y en otros países, el entorno de datos depende de los actores que van a entrar, por ejemplo, cuando se realizamos todos estos proyectos, todo inicia con topografía y estudios de suelos (como los estudios básicos) y ninguna de esas personas manejan BIM, nosotros ya teníamos Autodesk 360 pero de nada sirvió, después están los otros actores o diseñadores que empiezan a involucrarse (estructurales, eléctricos y demás); para mí, ese entorno de datos debe estar enfocado a las personas que lo van a usar, porque si la persona que lo va a usar, nunca lo ha usado o no lo conoce, no va a funcionar, el entorno de datos debe ser colaborativo, pero debe ir en función de las personas que lo van a utilizar, para mí eso es clave.

### **¿Qué se debe buscar en los actores cuando se quiere implementar la herramienta?**

Que conozcan el entorno, que todos manejen la misma herramienta, y lo que nosotros hemos hecho es un anexo técnico y unas reglas básicas de lo que debe cumplir una empresa para poder entrar a trabajar con nosotros, si no lo cumplen, no pueden trabajar con nosotros. Se ha presentado muchas veces la oportunidad de que nos dicen que “no saben acerca de la metodología” pero no podemos arriesgarnos a darles el proyecto enseñándole todo, porque es una curva de aprendizaje muy fuerte.

**Aparte de saber usar herramientas ¿Qué otras competencias consideras como importantes dentro de un equipo colaborativo?**

Yo veo BIM más que todo como una herramienta, pero el conocimiento técnico si es fundamental, saber coordinar un proyecto; no es solo conocer la herramienta y saber dibujar, sino es el conocimiento, ese conocimiento es lo más clave.

**¿Cómo se puede aprovechar todo el entorno BIM (entendiendo que no solo es Revit) para mejorar la comunicación de un equipo?**

La facilidad de poder tener todos los diseños juntos, de poder explicar, de analizar, realizar cambios rápidos, eso ayuda mucho a esa comunicación con todos los consultores y a la coordinación.

**Entrando propiamente al tema del proyecto arquitectónico o constructivo en si ¿Qué requerimientos debería tener una construcción sostenible?**

Eso depende mucho del dueño, el tema sostenible es muy costoso, nosotros lo implementamos porque acá se tienen unos estándares muy altos, pero en los proyectos pequeños, por ejemplo los que yo he hecho de menos de 2000 m<sup>2</sup>, nadie le invierte un centavo a eso; pensar en elemento más costosos o en reutilización o tratar de “convertir en verde” es muy difícil, sobre todo por el costo, hoy en día ya han bajado cosas en el costo, por ejemplo el tema de paneles solares o elementos para reciclar el agua, pero siempre hay una pequeña resistencia para su uso, pero lo ideal seria poderlo utilizar en todos los proyectos, me parece clave todo el tema de reutilización de agua, no hemos logrado aun el tema de energías renovables, lo hemos analizado y planteado pero no se ha logrado, hemos utilizado el tema bioclimático para ayudar a reducir costos en confort acá en Bogotá, pero ese tema también es complicado, sobre todo en los proyectos donde es clima frio porque no se necesita.

**¿De qué forma cree usted que BIM se puede utilizar para fomentar la cultura de la sostenibilidad?**

Esos son dos temas aparte.

**¿existe una relación entre BIM y sostenibilidad?**

BIM es un consultor aparte dentro de todo el tema de actores que influyen en el proyecto, entonces el si tiene una relación ahí, pero eso no quiere decir que para que uno este debe estar el otro o que se necesiten los dos para poder hacer algo bien, BIM es solo un consultor más

**¿Qué usos BIM deberían aplicarse en el proceso de diseño y construcción de una edificación sostenible?**

El tema sostenible se enfoca mucho en ver los beneficios a largo plazo, cuando se habla de recuperación del agua o bioclimático, entonces tiene que haber una continuidad en el tiempo, para mirar que todo lo que se planeó en el diseño se esté cumpliendo.

**Víctor: pero también hay un tema importante que es por ejemplo lo que hacíamos al principio de análisis de CEPD, modelación de fachadas, en donde analizábamos las pieles del edificio, el comportamiento térmico, la orientación del proyecto orientada mucho más a la bioclimática**

Pero eso se puede hacer también si no está en Revit

**Víctor: Es que BIM no es necesariamente Revit**

Bueno si no es en BIM también lo puede hacer un consultor aparte, sin necesidad de utilizar ningún BEP ni nada de eso, tu contratas para un análisis bioclimático y la persona que contratas lo va a hacer, este o no este en BIM

**Víctor: si pero se hace más difícil, se demoran más los cálculos**

No, ¿Por qué se van a demorar más?, es decir, es el mismo software y en los usos que me preguntaban antes, yo diría que se debe utilizar todo los usos y el uso que va en la parte de operación para el tema de sostenibilidad

**Entrando un poco más al tema del proyecto en si, desde su experiencia ¿Cómo cree que BIM se puede aprovechar para hacer las líneas base de costos, recursos, cronograma?**

En los proyectos pequeños que he hecho, ha sido super útil en temas de cantidades y cálculos de presupuestos, porque lo hace muy rápido, en eso es muy útil. Se logra programar o tener listo unos modelos o herramientas en las que se dibuja y de una vez va haciendo el presupuesto, eso me parece muy útil.

**¿Existe una forma ideal para realizar la planeación de recursos y cronograma?**

He estado en varios proyectos grandes, pero no he utilizado BIM todavía en la etapa de planeación

**¿Considera que BIM se puede utilizar para prever riesgos y hacer su respectivo análisis antes de que sucedan?**

No sé cómo incorporar BIM con riesgos

**Integrando BIM al momento de la construcción ¿Cómo se usa BIM para realizar la gestión de cambios?**

Aquí se usa con un equipo BIM en la obra. Todos los actores usando el software y el entorno, entonces ellos hacían un seguimiento y entregaban sus cantidades y trabajo de construcción en el mismo entorno de datos y en la obra se realiza un seguimiento a eso. Entonces se hacen modelos en obra también, lo cuales son colaborativos, pero con otra función, no de diseño, sino de coordinación de obra, esto se usaba para revisar las cosas construidas, sacar cantidades de lo construido, revisar posibles errores o revisar planeación de la obra.

**En la parte de monitoreo, ¿se puede monitorear (con BIM) que tanto están involucrados los Stakeholders con el proyecto?**

No he realizado nada de monitoreo o seguimiento a un proyecto, más allá de lo que sea diseño y construcción, por lo cual, no conozco, no sabría como vender BIM para que llegue tan lejos, porque allá ya hay otras metodologías y otros objetivos, en ese punto ya no les interesa lo que estuvo sino el presente, es decir en la operación, analizar cuanto se esta gastando.



**De acuerdo con tu experiencia ¿Cuándo los construyes usas el modelo inicial de BIM para evaluar la calidad con la que se termina el proyecto?, es decir, que se cumpla lo que se planteó.**

Cuando se habla de proyectos pequeños, de menos de 2000 m<sup>2</sup> normalmente no tienen un staff en la obra muy capacitado, entonces son maestros o son personal de obra pequeño a quienes no les ha llegado esta metodologías, por lo tanto, el único que sabe es uno, claro que, de pronto uno abre el modelo y revisa dimensiones y parámetros, pero como tal, el tema de calidad se hace es en obra. En proyectos grandes, donde ya se tiene un equipo de residentes grandes, coordinadores MEP, ahí es donde si es evidente el tema de calidad, porque el proyecto tiene tantas variables que se pueden aprovechar; pero en proyectos pequeños, es muy difícil primero que el personal tenga el conocimiento y el uso y segundo, que en obra ya no se usan esas herramientas, se usa simplemente para diseño y hasta ahí, pero no he tenido la oportunidad o no he sabido como utilizarlo.

## Entrevista FEn05 - Jorge Eliecer Romero Oyuela

### ¿Cómo crees que BIM puede contribuir con los temas de sostenibilidad?

Con los conocimientos básicos de los requerimientos LEED había un tema particular, que era todo el tema de análisis energético, que en su momento (hace como 7 años) estaba muy enlazado con lo que se veía dentro de BIM, ahí fue donde empecé a conocer la metodología y lo que significaba esa sexta dimensión (que era de sostenibilidad).

### ¿Qué requerimientos clave consideras debe tener una construcción sostenible?

Los requerimientos deben estar desde diseño hasta construcción. Muchas veces los requerimientos particulares se generan desde diseño donde simplemente se puede dejar un Input o un dato de entrada en donde se especifican mínimos ahorros anuales, consumos energéticos específicos dentro de los espacios. Existen unos datos de entrada que por ejemplo la certificación LEED exige (como mínimos o un rango específico), pero muchas veces se queda ahí y no se hace en construcción. Construcción se alinea mucho a la metodología *Lean construction* y esta última está muy asociada a la metodología BIM en construcción, esto sin embargo es algo que se está empezando a explorar.

**Aparte del tema ambiental (que es muy conocido en la sostenibilidad) ¿considera usted que BIM puede ayudar con las otras dimensiones, es decir, la económica y la social? (Entendiendo la dimensión económica como los ahorros que se presentan durante todo el ciclo de vida de la edificación y la dimensión social, en términos de cómo cambian los roles (profesionalización de recursos) de las personas ejecutando un proyecto durante todo el ciclo de vida**

En la dimensión económica si y bastante, ya que desde la parte de diseño muy juiciosamente se puede entender esos ahorros particulares que se pueden presentar, en muy pocos proyectos se hace, dependiendo de lo que los inversionistas ven de utilidad dentro de la fase de diseño, veo que se puede ahorrar bastante dinero.

La dimensión social ha permitido que las personas se preparen un poco más, el entendimiento de la tecnología y su combinación con la parte técnica es lo que ha permitido que las nuevas generaciones se enfoquen más en el tema BIM, lo que permite que los roles migren a la parte tecnológica, que es básicamente lo que va a ser el futuro

### ¿Cuáles cree que son los Stakeholders principales en un proyecto de construcción sostenible?

El inversionista: El debería ser el más interesado en tener ahorros en todo el ciclo de vida

**Depende, si le interesa el OPEX obviamente sí, pero si es CAPEX no se le invierte tanto.**

De acuerdo y es ese el gran problema, en Colombia los proyectos están empezando a migrar, de forma que se contemple todo el ciclo de vida y en ese orden de ideas, ya se está licitando para incluir también las operaciones.

**Dentro del papel que desempeña en Amarilo (la cual está orientada al CAPEX) ¿Cómo se ha incluido la sostenibilidad dentro del CAPEX?**

Ah sido un segmento bastante explotado en la parte de la comercialización de los apartamentos, ha servido mucho ya que, el edificio corporativo (el cual es justamente donde se trabaja en Amarilo) se vende como un edificio que cuenta con certificación LEED *Platinum* en diseño y construcción y eso

es justamente lo que se esta vendiendo en la parte de construcción de apartamentos para vivienda de cualquier persona.

En cuanto a lo comercial, tiene mucho por explotar y la gente empieza a indagar un poco más acerca de porque nuestros edificios son más sostenibles, porque tiene condiciones diferentes a las de los demás, por eso, en la rama comercial ha funcionado mucho.

**Para manejar el tema de la sostenibilidad, ¿han recurrido a actores externos al ciclo de construcción? Por ejemplo: el *green building council*.**

Desde el inicio todos los proyectos deben tener un acompañamiento LEED, de forma que nuestros proyectos están acompañados por empresas como *Green Loop* y otros asesores en términos de sostenibilidad desde el diseño. Básicamente todos nuestros documentos deben estar conforme a los requerimientos LEED y justamente estas empresas realizan acompañamiento a los diseñadores para que podamos cumplir con esos requerimientos.

**¿Qué roles BIM considera como claves para desarrollar proyectos de construcción de edificaciones sostenibles?**

Existen cuatro roles claves:

1. Coordinador BIM: Es un profesional ingeniero o arquitecto, alineado con el perfil de Coordinador BIM que contempla CAMACOL y es básicamente el coordinador del proyecto, se puede conocer como coordinador o gerente de proyecto.
2. BIM Manager
3. Modelador BIM
4. *Information Manager*: Este es un papel muy importante, debido a que la metodología son procesos y los procesos los audita el *Information Manager*, el verifica que todo se realice de la forma correcta (nomenclatura, flujos de revisión, versiona miento, etc), el perfil de este cargo a mi criterio, debe ser un profesional o un tecnólogo que cuente años certificables de experiencia en procesos, metodología y trabajo (en el caso del profesional 5 años, en el caso del tecnólogo 8 años).

**¿Cómo debe ser la comunicación entre los roles BIM?**

La comunicación es clave, hablando de un proyecto particular la comunicación directa debe ser entre *BIM Manager* e *Information Manager* (al día-día), de igual forma, una validación con el coordinador y modelador BIM.

**Considerando actores como por ejemplo los especialistas ¿Cómo debe ser la comunicación entre ellos y los roles BIM?**

No debe haber tantas personas involucradas, para eso existe un entorno común de datos, el cual, permite a las disciplinas comunicarse entre sí, lo que hacemos en Amarilo, es habilitar un protocolo con las incidencias, con el fin de que si un diseñar necesita una respuesta particular por ejemplo de un estructural, la incidencia permite subirla al entorno común de datos y precisamente por las particularidades de dicho entorno de datos, el coordinador del proyecto se entera a diario de lo que está sucediendo. Así no se está dejando fuera o se está omitiendo ningún proceso, pero si está quedando todo registrado.

**¿Qué aspectos recomienda para seleccionar el entorno común de datos?**

En Colombia somos muy Autodesk, existen plataformas similares a BIM360 que funcionan muy bien, pero por el hecho de que el mercado trabaja en REVIT, se puede afirmar que funciona muy bien BIM360, sin embargo, de forma global los aspectos que debe tener son:

- Que los formatos se puedan reconocer y cuenten con un visor específico para visualizar la información
- Control de versionamiento
- Que permita comunicación entre las disciplinas
- Centralización de la información en el entorno común de datos

### **¿Qué competencias debe tener el equipo que trabaja en el entorno común de datos?**

Capacitaciones como si fueran un coordinador BIM o un modelador BIM, deben poseer entendimiento de:

1. La metodología BIM
2. Las normas que rigen en Colombia, por ejemplo, la ISO 19650
3. Estructura de carpetas de manejo de información
4. El procedimiento de carga de información

### **¿Qué importancia tiene el BEP dentro del proceso de establecimiento del plan de gerencia del proyecto?**

El BEP es todo, pero a la vez es nada, porque cuando se suelta, las personas no lo leen; desafortunadamente muchas veces se convierte en un documento tan denso que las demás partes no se toman el tiempo de entenderlo, ahí es donde entra el rol de *Information Manager* (ya que el identifica cuando se está haciendo algo que no va de acuerdo con el BEP y hace saltar la alarma).

### **¿Quiénes deben participar en la creación y desarrollo del BEP?**

- Líderes de las disciplinas
- BIM Manager que conozca la metodología
- Coordinadores y directores de proyecto
- Las entidades o áreas involucradas en el momento de entrega de información (por ejemplo, si es necesario entregar información al departamento de construcción, entonces se debe involucrar dicho departamento para saber de qué forma se le debe entregar la información. Esto funciona de igual forma para las áreas a las cuales se les debe entregar información).

### **Entendiendo que el BEP es un capítulo dentro de todo el proyecto ¿Cómo se integra el BEP al plan de gerencia?**

En Amarillo se hace una reunión con el gerente del proyecto, en donde los capítulos importantes del plan de gestión del proyecto se enlazaban con el BEP, lo que se buscaba era que se complementaran y esto sucedía en muchas partes, por ejemplo, en flujos de información (formas de entrega, procedimientos, revisiones, versionamientos). Si bien se habla de que es LOD y que significa, en el momento de recibir y auditar la información, aún no está muy claro que parámetros específicos se deben tener en cuenta para cada elemento. Con respecto a esto último, aquí en Colombia hay dos temas claves que se necesitan desarrollar de mejor forma, el primero es la información o parámetros que debe tener cada elemento o familia y la segunda es como se clasifica la información y para el caso de esta última, cada empresa cuenta con un código de clasificación personalizado, es decir, no existe un estándar internacional que proporcione con claridad la estructura que se necesita en un

proyecto determinado, entonces esto origina, que cada empresa defina una clasificación acorde con sus necesidades.

### **Entendiendo que la metodología BIM es modelar a través de la información ¿Qué usos BIM se deben tener en cuenta al momento de solicitar información?**

Desde el inicio del proyecto se definen esos usos particulares, a grandes rasgos se utilizan los normales como: coordinación 3D, Validación técnica de diseños, las revisiones de sostenibilidad no las tenemos como un uso específico que se valide pero si se maneja como documentación que debe garantizar el encargado de sostenibilidad, En Amarilo se maneja una “oficina BIM” y esta oficina no audita que tan sostenible es un proyecto de acuerdo al Uso, sino que se encarga de validar procesos y procedimientos, la existencia de la información necesaria (clasificación, parámetros) pero no un uso particular de si se está cumpliendo energéticamente, o si los diseños particulares cumplen con los requerimientos LEED.

### **¿Cómo cree que BIM contribuye en la creación de la línea de alcance de un proyecto de edificaciones sostenibles?**

Contribuye en casi todo; desde la concepción del BEP se está organizando la línea base del proyecto, y con el BEP que se define como estándar, se sientan los pasos y los hitos particulares de entrega. El BEP se volvió el documento inicial para todo el proceso.

### **¿Qué información adicional se solicita para contribuir con el cumplimiento del objetivo del proyecto?**

En Amarilo tenemos un departamento que genera todo el contexto del proyecto (la base, el urbanismo) y sobre eso empiezan a trabajar las disciplinas, la información viene de otras áreas, lo que se requiere a cada disciplina es que posean un equipo particular de trabajo con su modelador BIM y sus roles específicos

### **Desde su experiencia ¿Como se utiliza BIM para definir las líneas base de costos y recursos?**

BIM apoya mucho, la clasificación particular de elementos que manejamos en Amarilo brinda la estructura del presupuesto y esta estructura se pasa a un programación con los rendimientos de cada ítem, como conceptualización y tiempo contribuye mucho, ya que simplemente con tener un muy buen modelo 3D (buena calidad y clasificación de elementos acorde a las necesidades) se puede tener un presupuesto organizado y por medio de ajustes particulares, este último permite definir un cronograma, por consiguiente, en poco tiempo se tiene enlazado 3D, 4D y 5D; lo clave en todo esto es tener una buena herramienta que permita gestionarlo, ya que en el mercado existen muchas que aun no tienen refinados estos temas.

### **¿Cómo se realiza control de calidad con BIM?**

En Amarilo se manejaba un listado de chequeo, de forma que se manejaba la mitad automatizada en Model Checker en donde definíamos estándares y una vez ejecutado encontrábamos un porcentaje de cumplimiento para cada disciplina. Lo que se hace actualmente es estandarizar todo en forch, donde se maneja un tablero global de proyectos que consigna que modelos tiene cada proyecto y que porcentaje de estado presenta cada proyecto.

### **En cuanto a riesgos, ¿Es posible usar BIM para análisis, mitigación y control de riesgos?**

Claro que sí, en Amarilo estamos intentando implementar en las obras un servicio de logística de construcción que permite ver los riesgos que existen en determinados lugares de la obra, como se pueden mitigar, como pueden circular las personas en la obra, como circular los equipos y vehículos; esto permite tener un entendimiento de la logística para la construcción y todos los aspectos de seguridad en el trabajo; Para hacer esto posible, generamos la volumetría y la secuencia en Navis y cuando ya tenemos organizado eso, lo pulimos en un motor de renderizado como 3ds Max .

### **¿Por qué hay una reticencia del sector en la parte de construcción para el uso e implementación de BIM?**

Diseño lleva evolucionando mucho tiempo y construcción se ha quedado rezagado en contratistas, personal, directores de obra, en el perfil de la información que les llega (porque hasta ahora esta empezando a llegar información en 3D); sin embargo, en diseño y consultoría la evolución fue completamente diferente, ya que ellos llevan cerca de 5 o 7 años entregando diseños de una manera más eficiente porque el nicho de diseños se dio cuenta que podían generar información de forma más rápida y podían optimizar y entregar cosas de mejor calidad a mejor precio y les funciona pasar a la metodología BIM; en cambio en construcción las personas están más reacias y es debido a que hasta ahora está llegando BIM a ellos.

### **En un escenario ideal ¿Cómo debería ser la unión entre el momento que un modelo pasa de diseño a construcción?**

Lo que se busca en Amarilo es garantizar que existan perfiles BIM dentro de la obra y aparte de eso, que esos perfiles se garanticen dentro de los contratistas que están en obra, los pasos importantes serían:

1. Que Amarilo exija a los constructores perfiles BIM y estándares de entrega de información
2. Existencia de un perfil BIM en obra (el director) que audite los procesos que esta generando cada contratista.

Más puntualmente, lo que hacemos en Amarilo es capacitar a los residentes de obra, de forma que cuando se realiza la entrega un modelo, se les comunica que dicho modelo les permite presentar reportes de avance diariamente de una manera visual fácil, para ellos generamos un parámetro de visibilidad, les enseñamos a determinar cantidades asociadas a los cortes de obra ejecutada, es decir, estamos capacitando a los residentes en estos temas dentro de sus funciones diarias para que ellos entiendan que la metodología es de utilidad una vez asimilado este concepto podemos incursionar con ellos en el 4D, 5D y más allá.

### **¿Cómo realizan un control de calidad en cuanto a cumplimiento del alcance del proyecto?**

De la manera tradicional, es decir, lo que se hace es que el residente valida que los planos As-built efectivamente hablen de lo que se esta entregando en obra, que se cumplan con los requerimientos generales de cantidad y calidad de información. No hay una forma de validar si un elemento por ejemplo una columna, quedo desplazada 3 cm de lo que estaba en diseño; no hay forma de validar si un elemento que estaba contemplado en diseño fue cambiado y las razones que llevaron a ese cambio.

### **¿Cómo se podría controlar en un escenario ideal los recursos y costos mediante el modelo BIM?**

Esto es lo que se ha venido trabajando con los residentes de obra con la inclusión y capacitación de ellos en la metodología BIM.

### **¿Cómo se hace la gestión de cambios en BIM?**

Dentro de la estructura de la ISO 19650 en Amarilo tenemos una estructura WIP (compartido y publicable), todo lo que esta en publicable es lo que ya se ha entregado a construcción y es lo que ya ha pasado por un flujo de revisión, por consiguiente ya tiene un estado de aprobación; en el momento en el que se deba hacer una actualización de versión se corre un flujo con la versión que se ha entregado y en publicables, el plano que está cambiando, aparece en versión 2 cuando sucede esto, esa segunda versión ya está aprobada; de forma que existe un versión anterior y es posible validar dicha versión; de hecho, se podría saber incluso cuando llego el cambio con el flujo de revisión; la conclusión en este caso es que el versionamiento dentro de BIM360 esta controlado.

### **¿Cómo se manejan las comunicaciones y reuniones en el diseño colaborativo?**

En Amarilo tenemos el módulo de Coordinate, con el cual, se genera la información integrada 3D, en donde todas las especialidades pueden visualizar la información y mediante el protocolo de incidencias de BIM360 se puede establecer la comunicación entre especialidades y en las reuniones se filtran las incidencias y los comentarios particulares sobre la plataforma 3D. Ahora bien, del lado de la presencialidad, en Amarilo tenemos una oficina BIM adecuada con herramientas tecnológicas como un televisor táctil que nos permite proyectar la información 3D con las diferentes disciplinas (este espacio se utilizaba antes de la pandemia).

### **Aparte de la sostenibilidad ¿En que más puede contribuir BIM a los objetivos de desarrollo sostenible?**

Todo el tema de seguridad y control en el trabajo se puede gestionar dentro de una herramienta o un entorno común de datos, lo importante, es que todos los procesos y procedimientos se generen dentro de una nube o entorno centralizado; el control del trabajo se puede centralizar en procesos y formatos dentro de la nube para poder tener una trazabilidad y poder integrar el 3D, 4D, 5D, 6D, 7D con el “8D” que puede ser seguridad y salud en el trabajo, así como también, buscar que Lean Construction pueda ser integrado dentro de BIM360 y se utilice de forma efectiva el 6D

### **En cuanto a comunicación con el cliente o los inversores ¿Es posible utilizar BIM para transmitirles a ellos información?**

Claro que sí, en Amarilo utilizamos maquetas 3D, que se construyen a partir de la información que modelamos y generamos, tenemos por ejemplo dentro de nuestra pagina web, recorridos 3D que permiten observar la información de los proyectos construidos y en proceso de construcción, herramientas como estas permiten que las personas imagen el resultado del proyecto y de esta forma se interesen en la adquisición de este

## **Entrevista FEn06 – Juan Hurtado**

### **¿Cómo cree que BIM puede contribuir con los temas de sostenibilidad?**

Cuando se quiere hacer un trabajo completo a nivel de sostenibilidad, siempre se recomienda que el ejercicio de diseños de ingeniería esté amarrado a los diseño BIM, lo que sucede mucho en Colombia o en países en los que el tema BIM no esta tan avanzado es que el modelo BIM se convierte en un proyecto paralelo a los diseños de ingeniería o al avance del proyecto y la información de los diseños de ingeniería empieza a alimentar los modelos BIM. Desde un punto de vista más holístico de lo que debe ser la integración de BIM y sostenibilidad, esta la inclusión de estos diseños. En la guía del Penn State cuando se habla de los usos BIM, se hace referencia a que durante el tiempo que el modelo empieza a crecer los diseños de ingeniería deben estar atados y no ser algo independiente, porque cuando empieza a ser información independiente se pierde el seguimiento a los proyectos.

### **El Penn State clasifica el BEP como guía dentro del proyecto BIM. ¿Qué importancia tiene el BEP en un proyecto de construcción de edificaciones sostenibles?**

El tema del BEP es algo bastante controversial, desde mi experiencia, el BEP juega un papel fundamental porque es el documento o guía para que todas las partes involucradas en el proyecto cumplan la meta inicial, por ejemplo, la necesidad de que todos los diseños de ingeniería se hagan sobre los modelos BIM, que sean un representación de ese modelo digital, todo esto lo garantiza el BEP; sin embargo, en Latinoamérica el uso del BEP no tiene tanta importancia debido a que es un documento contractual, entonces, a nivel Latinoamérica el tema contractual no es muy fuerte, entonces un BEP sin una base contractual fuerte no tiene ninguna validez. Entonces la importancia del BEP esta en el peso que se le dé a nivel contractual.

En las implementaciones en las que he podido participar en Colombia, ese ha sido uno de los puntos más complejos de llevar debido a que no hay una base contractual fuerte; si la base contractual es fuerte y da el soporte al BEP, el BEP tiene validez, si no, no tienen ninguna.

### **¿Cómo se podría integrar el BEP al plan de gerencia de un proyecto de construcción de edificaciones sostenibles?**

Lo que se plantea es que el BEP sea el plan de gerencia del proyecto, lo que sucede es que normalmente el gran problema de BIM es que entra en los proyectos como un adicional, sin entender que el proyectos debe nacer BIM desde el inicio, es decir, tener un contrato BIM, un nivel de exigencia BIM; más que la parte técnica, realmente es un tema desde la gestión donde el BEP se debe cumplir, otro punto que se ha detectado es que a nivel Latinoamérica hay muchas fugas de talentos, es decir, no hay profesionales muy capacitados para llevar a cabo los proyectos, y esto es producido por ejemplo por malas remuneraciones económicas, que conllevan a rotaciones de personal y es ahí donde los proyectos empiezan a sufrir. Desde el punto de vista presupuestal se empiezan a quemar y es porque no somos abiertos con la aprobación de las ordenes de cambio, son muy pocas las que se gestionan en los proyectos, eso siempre se da por la estructura contractual.

Si se mira la estructura del BEP, o desde el punto de vista del PMI, el seguimiento que se hace en valor ganado, cuando en los proyectos se empieza a llevar estos tableros y a hacer este seguimiento a los indicadores, se empieza a tener una evidencia de que el recurso que se utiliza a nivel de BIM por no ser muy calificados y que se deben a esa rotación y de hecho se ha demostrado que existe mucha rotación y se pierde el nivel de madurez en los proyectos, entonces los indicadores de los proyectos empiezan a ir hacia abajo, es decir, siempre se esta haciendo un uso indebido del recurso, no se hace un seguimiento exhaustivo a que el recurso este trabajando de una manera productiva sino que



normalmente es poco productivo; esto es muy diferente a lo que pasa en el mercado Norteamericano, Europeo, donde hay niveles más altos de BIM, y el seguimiento de los recursos es muy exhaustivo, son estructuras de trabajo muy disgregadas con su identificación de tareas y con seguimientos muy precisos, esto conlleva a que dentro del punto de vista presupuestal exista mucho control, la clave de todo desde el punto de vista BIM, es utilizar el modelo como una fuente de análisis para la sostenibilidad, es tener una planeación eficiente, y normalmente ahí es donde se falla.

***¿Esta rotación también es producto de que los recursos no se ven como Stakeholders sino como empleados?***

Si, de hecho, cuando estuve a cargo del área BIM en la constructora Bolivar, existía una alta rotación de personal por el tema económico, al interior de la misma compañía. Hay que entender la construcción como una de las industrias más fragmentadas en comparación con las demás; cuando se ve un proyecto de infraestructura, ya sea vertical o lineal, los equipos de trabajo son muy fragmentados, por ejemplo en el CTIC se tienen equipos de trabajo que van desde 18 diseñadores, más construcciones planificadas, más las interventorías, más el equipo de construcción, más los contratistas de la obra, más los proveedores de la materia prima; entonces se empieza a entender que es una industria sumamente fragmentada.

Uno de los fenómenos en Latinoamérica es que el diseño es muy mal pago, cuando se mira el ámbito presupuestal lo que se paga por un diseño estructural, hidráulico o eléctrico es muy poco y se sigue pagando los diseños sin tener en cuenta el recurso que exige un proyecto BIM; entonces realmente nunca se está teniendo en cuenta en términos de presupuesto lo que se necesita a nivel de personal y de recurso, de hecho, el cálculo que se hace es que para el BIM de un proyecto, debería utilizarse el 1% del presupuesto del proyecto independiente de los diseños técnicos, solo BIM debería ser el 1%

***¿Se podía lograr que funcionara mejor la integración entre las partes involucradas en un proyecto si se hiciera el BEP desde el inicio con los Stakeholders?***

El BEP siempre tiene que ser responsabilidad del owner del proyecto; el owner debe ser quien decide a que objetivos dará respuesta el BEP, de igual forma, tiene que ser el quien se encargue de garantizar su cumplimiento, porque realmente si no es el propietario quien desde un principio está poniendo las condiciones, esto no se va a generar.

Adicional a esto, es importante hacerle seguimiento al tema presupuestal, ya que, si hablamos de un 1%, ese porcentaje debería estar distribuido entre todos los Stakeholders; si se contrata un diseñador estructural o hidráulico, ellos deberán tener su parte de BIM; esto es: los profesionales, el software, un entorno digital apropiado, etc. Por consiguiente, se debe asegurar que cada disciplina cuente con los recursos apropiados, es por esto que desde el propietario se debe garantizar el cumplimiento del BEP. Ahora bien, todo eso debe estar amarrado al tema contractual, porque es este el que siempre falla, debido a que el BEP termina siendo un documento de más que si no tiene peso y no tiene validez, no va a marcar ninguna diferencia en el proyecto.

Cuando hablo del tema contractual, me refiero a que el BEP debe estar pegado a pólizas de cumplimiento para que realmente se entienda la importancia de este, esto quiere decir que, si un modelo no está saliendo con las condiciones planteadas en un BEP a nivel de calidad, se debería tener una repercusión a nivel del cumplimiento; sin embargo, eso hoy no pasa, el tema de BIM es más un tema de palabra que de cumplimiento.

**¿Cree usted que, si se tuvieran roles fuertes dentro del equipo BIM desde que nace el proyecto, se podría manejar mejor?, es decir, ¿Qué roles BIM propone para un equipo de trabajo?**

A nivel de roles, en el BIM KIT Volumen 1 del BIM *Forum* Colombia se plantean los roles BIM, en un proyecto específico se debe tener: BIM Manager, Coordinador BIM, Modeladores, Equipo de especialistas o equipo de diseño. Así mismo, se debe contar con equipos de tecnología, porque los recursos de TI son los que están en el *background* asegurándose de la salud de la plataforma digital y del cumplimiento de los estándares. Actualmente hay un nuevo rol que ha venido tomando mucha importancia y es todo el tema del desarrollo, hoy en día los equipos BIM cuentan con equipos de desarrollo, es decir, desarrolladores de *back* y de *front* haciendo aplicaciones especializadas (a nivel de organización, porque hay que entender que el BIM puede ser a nivel organizacional o a nivel de proyecto). Normalmente se recomienda que a nivel empresarial se tenga un BIM Manager, quien debe estar a un nivel directivo casi gerencial, como un staff de la gerencia general, ya que estos equipos ponen estándares a nivel de la organización, de forma que permiten aterrizar cada uno de los proyectos; eso es lo que debe hacer la oficina de BIM Management (la cual en este caso viene a ser una PMO - Normalmente el área BIM es la misma PMO de las organizaciones). De igual forma, es importante involucrar coordinadores BIM de forma que cada proyecto tenga un coordinador BIM, que funcione como un interventor del cumplimiento de los estándares y de ahí hacia abajo que cada uno de los equipos que hacen aportes al uso BIM de Autoridad de diseño tengan un equipo de modeladores calificados. En el caso de que sean varios Stakeholders, siempre debe haber un coordinador BIM que tenga conexión con el coordinador BIM “central”; todo esto, desde un punto de vista de organización.

Realmente más que empezar a agregar personas a los proyectos o asignar roles, lo importante es que el recurso humano se transforme, ya que uno de los puntos que han aportado a la ineficiencia de BIM es que los profesionales de siempre muchas veces no están capacitados a nivel de BIM, y para dichos casos es necesario ponerles recursos que les traduzcan todo, el problema ahí es que cada vez se fragmenta la información.

**¿Qué competencias deberían tener los equipos BIM a parte del conocimiento tecnológico para trabajar en un proyecto de construcción de edificaciones sostenibles?**

Lo que realmente se requiere hoy es que de la totalidad del equipo que trabaja en un proyecto, tengan conocimiento BIM y eso ha tomado mucha relevancia, porque se ha detectado que, si se arman equipos BIM “adicionales”, lo que se está haciendo es fragmentar mucho más la industria y esto se traduce en peor comunicación, aparición de cuellos de botella, etc. En el BIM KIT Volumen 1 del BIM *Forum* Colombia se plantean los conocimientos que deben tener cada uno de los roles BIM ya que la línea de profundización de cada rol deberá tener sus conocimientos en vista de que BIM es muy amplio.

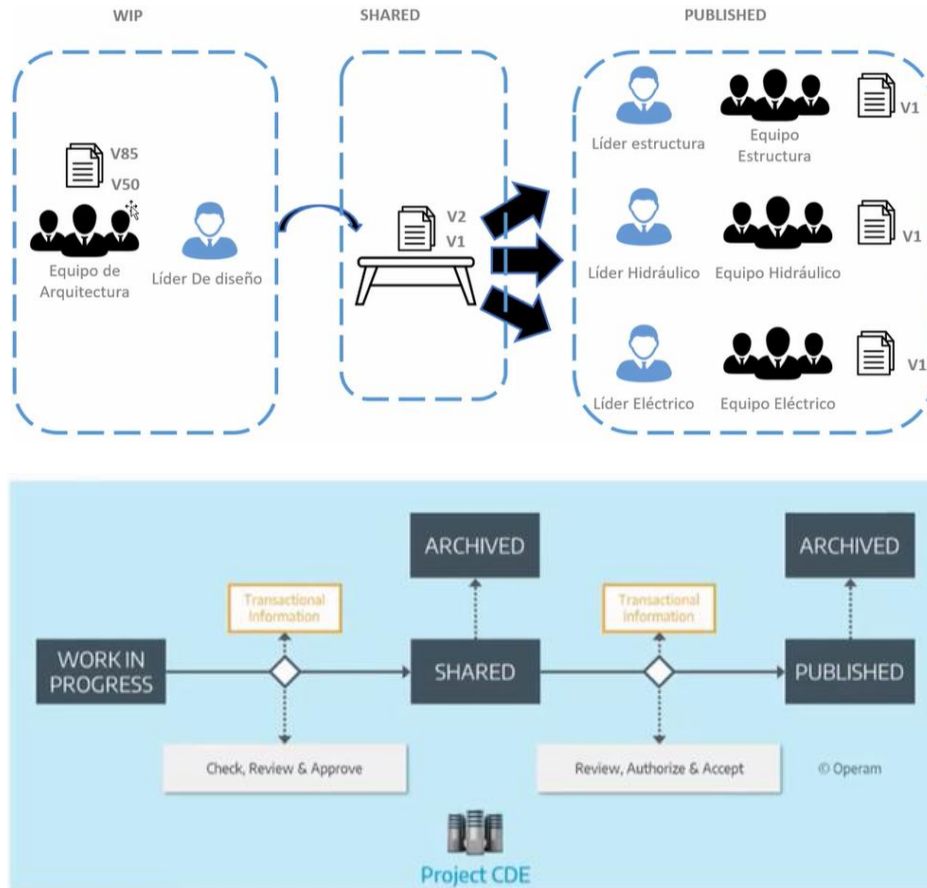
**Teniendo en cuenta un entorno de trabajo colaborativo, ¿Cómo son las comunicaciones dentro de un proyecto manejado por BIM?**

A nivel histórico la industria de la construcción ha sido una de las más atrasadas, ya que las obras se hacen exactamente igual a como se hacían hace 50 años, usamos los mismos materiales, generamos mucho desperdicio y somos muy ineficientes; para ilustrar esta respuesta voy a hacer un símil con la industria de manufactura automotriz.

Cuando se está ensamblando un carro se sabe que los componentes van llegando y simplemente se ensamblan, entonces, cuando se está fabricando un carro, no se mide el eje del carro para calcular como se va a trabajar, tampoco se hace el rin para ver que llanta se manda hacer, eso jamás pasa.

industrias como la automotriz tienen canales de comunicación muy claros al igual que la industria de desarrollo de software, quienes emplean metodologías ágiles, scrum, manejan estructuras de desglose del trabajo del proyecto (WBS) y el tema de la comunicación.

La comunicación en la construcción se ve afectada por la fragmentación, el bajo nivel de gestión documental y desde el punto de vista BIM se exige que el trabajo se realice como lo hace la industria de manufactura automotriz, aquí es donde entran temas como la ISO 19650, en donde se expone que la documentación debe basarse en la estructura documental e ir amarrada de acuerdo a los roles; el punto fundamental es que la información siempre debe trabajarse en tres estados principales: 1) Work in progress; 2) Compartido; 3) Publicado.



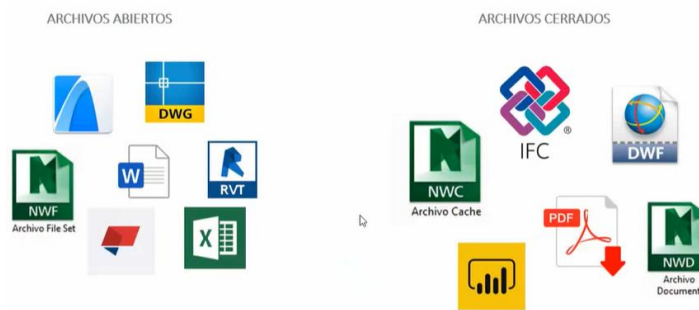
Por ejemplo, en un proyecto manda la arquitectura y existe una interacción entre el arquitecto, el estructural, hidráulico y eléctrico; el arquitecto es el líder del proyecto y está en un *work in progress*, eso significa que arquitectura va a trabajar desde la versión 1 a la versión 50 (por ejemplo) y va a trabajar con todo su equipo para llegar a esa versión de arquitectura preliminar que en algún momento le debe entregar al estructural, hidráulico y eléctrico. En el momento en que arquitectura llega a una versión 50 y requiere oficializar la información entonces publica la versión 1 de arquitectura, cuando la versión 50 se convierte en versión 1, la información está en un estado “Compartido”. En este punto, evoluciona la información al segundo estado, con esa arquitectura las áreas estructural, hidráulica y eléctrica deben iniciar sus diseños y a su vez cada uno de los líderes de cada disciplina tendrá equipos de trabajo; por ejemplo, el líder estructural revisa la versión 1 y decide si esa información es adecuada para que su equipo trabaje; si es así, el estructural transfiere esa información a su equipo de trabajo y genera una versión 1 “Publicada”, es decir, la que publica a su equipo de trabajo.

Así, la información ha pasado por tres estados de forma que la comunicación se hace sobre la versión y se da por un rol, esto significa que a este nivel ciertos roles tendrán la potestad de comunicarse.

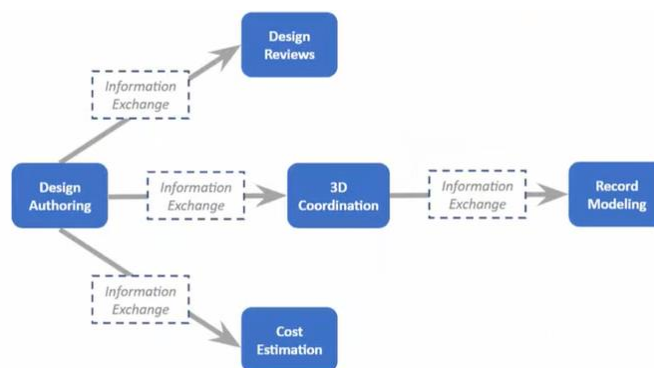
En el estado “compartido” interactúan cada líder de cada especialidad con el líder de diseño y es aquí donde la comunicación se segmenta; lo que exige la ISO19650 es que la comunicación sea muy clara, este ejemplo evidencia lo que sucede en las fases de diseño para un proyecto de construcción; sin embargo, la fase de obra es exactamente igual.

**Entonces, ¿La versión 1 publicada de cada equipo se convierte posteriormente en la versión 1 de work in progress de ese equipo?**

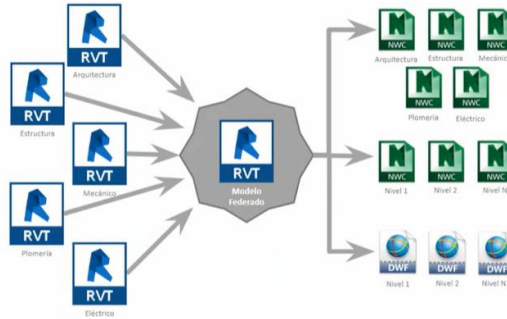
No porque en este caso lo que dice el *design authoring* y el Penn State, es que la versión 1 es la que utiliza el estructural como referencia de la parte de arquitectura, entonces ellos no pueden evolucionar el diseño, de hecho, ahí hay un tema de información abierta y cerrada (archivos abiertos y cerrados).



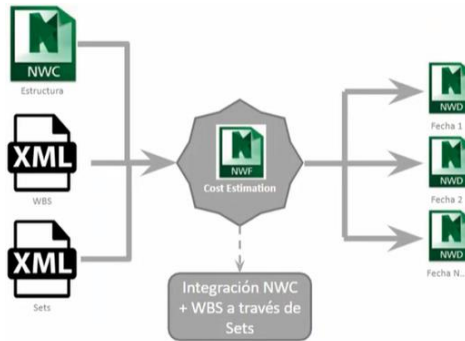
El *desing authoring* se hace en formatos abiertos como REVIT o un archivo de AutoCAD; sin embargo, cuando la información evoluciona, debería estar en formatos cerrados, por ejemplo, NWC, IFC, DWF. Si en este momento yo fuera responsable de generar un contrato y se lo tengo que pasar a un profesional para que lo revise, si lo trabajo en un archivo de Word (el cual es un formato abierto que se puede modificar) para las revisiones, yo debería estar entregando la información en PDF. Normalmente un contrato o un BEP no se puede compartir en un archivo Word, esa es la forma de interpretarlo, por ejemplo, en el caso del *desing authoring* los usos se conectan de la siguiente forma:



Cuando en el *desing authoring* se empieza a tener cambios, la información cambia de abierto a cerrado y viceversa, cuando se tiene *desing authoring + Reviews*, todos los formatos abiertos pasan a federarse en un modelo REVIT cerrado, a generar información cerrada para garantizar que en todo el análisis que se haga y la información que plasmo el arquitecto, el estructural, el mecánico, plomería, el eléctrico no sea modificada.



La evolución de un proyecto desde el *desing authoring* hasta la estimación de costos se hace de la siguiente forma: viene el arquitecto, vienen todas las especialidades, trabajan en sus formatos abiertos (eso es *work in progress*) cuando comparten en formatos cerrados como los de la imagen anterior, el estimador de costos, recibe como input un archivo cerrado que va a alimentar su *work in progress* (un NWF que es un archivo abierto) y posteriormente comparte el presupuesto en un archivo cerrado o NWD. Esto es lo que dice la ISO 19650, entender cómo se debe proteger la información de la autoridad de diseño y como cada diferente rol tiene un nivel de acceso a la información diferente.



Ahora bien, toda la información debe pasar sobre un mismo común data *environment*, todo debe estar dentro del mismo gestor de información, de forma que se permita entender cada cuanto y por medio de quien la información va cambiando de estados.

### ¿Qué debería tener el CDE (Común Data Environment) para un proyecto BIM?

Lo primero es que el proyecto sea compatible con los estándares de la ISO 19650 o que sea abierto para estructurar la norma, la cual básicamente protege la información, es decir, evitar que la información pueda ser archivada o eliminada. Hoy en el mercado hay muchas plataformas para esto, por ejemplo, el Construcción Cloud de Autodesk, BIM365, Procore y muchas más herramientas que están habilitadas para esta función.

### Desde la perspectiva de planeación de un proyecto con BIM ¿Cómo considera usted que se puede aprovechar BIM para crear la línea base de alcance de un proyecto?

La construcción de una línea bases presupuestal con BIM requiere de suficiente planeación, especificaciones que responda a todos los objetivos de sostenibilidad, del programa arquitectónico o de uso del edificio. Adicionalmente está el tema de gestión del versionamiento (dentro de la gestión documental) ya que los archivos no se deben guardar con nombres de fechas, sino con el versionamiento, lo que se debe identificar es que por ejemplo para una sola disciplina un archivo puede cambiar desde la versión 0 a la 300 (por ejemplo), esto significa que en este proceso todos los

archivos viene cargados con toda la metadata; así los archivos BIM sin importar la plataforma van a permitir hacer un tracking de los cambios que se tienen entre versiones, esto permite tener la capacidad de medir que tanto se está desviando un proyecto. En resumen, la capacidad de respetar la gestión documental permite hacer un tracking de la gestión de cambios.

Los modelos BIM están en la capacidad de decir que cosas han cambiado, normalmente se trabajan modelos más avanzados en los cuales es posible realizar un seguimiento en Navisworks, sin embargo, la idea es que con el versionamiento se realice una comparación entre la versión más vieja (línea base) y la más reciente, así el software estará en capacidad de indicar del total de los 100 elementos que están en la “línea base” cuantos elementos hay nuevos, cuantos se han eliminado y cuantos han cambiado de especificaciones. Cuando el proyecto sigue una versión (la línea base) y sobre esa versión se empiezan a hacer las comparaciones, el seguimiento es vital.

### ***¿Qué información se necesita para realizar comparaciones entre las versiones y la línea base?***

Primero hay que entender desde la parte conceptual que el modelo de la línea base deberá tener la cantidad necesaria de información del diseño. Segundo contar con parámetros con un nivel de detalle suficiente (lo que se conoce como LOD), si la línea base está enfocada solo en el tema presupuestal con un seguimiento a los parámetros geométricos y de especificaciones es suficiente, si se está haciendo un control a nivel de especificaciones para certificaciones de sostenibilidad se deberán tener parámetros asociados a ese tipo de información. Esto realmente empieza a estar muy asociado a los parámetros a los cuales yo quiera hacerles seguimiento, por eso se debe hacer el BIM necesario no más y tampoco menos, si no cumplir con la información que realmente se va a utilizar; porque se puede estar trabajando con información mucho más robusta y manejando muchas especificaciones cuando no es necesario, entonces lo importante realmente es darse cuenta de que parámetros se quiere seguir y como están representados en el modelo.

### **Dentro de este entorno ¿Cómo considera usted que se puede aprovechar BIM para crear la línea base de recursos y de cronograma de un proyecto?**

En estas áreas entra el uso BIM donde se empieza a desglosar la información, por una parte, esta toda la parte geométrica y la información de modelos y por otro lado está el tema de la WBS; lo importante es tener un desglose suficiente del proyecto que permita generar información de calidad. la WBS son todas las tareas que se deben tener.

Un punto dentro de BIM que es muy importante son los Sets que relacionan las tareas de la WBS con el modelo, cada una de las tareas de la WBS debe tener su set respectivo, el cual identifica la tarea con el elemento del modelo o con la representación gráfica y esta última contiene todos los parámetros (aquí se contemplan los profesionales que son muy hábiles en el tema de programación y que saben asignar los recursos en función de las necesidades y los roles). El secreto en este proceso es que la WBS sea una fiel representación de lo que está modelando y que haya un responsable para cada tarea.

### **¿Cómo se usaría BIM para medir la calidad de lo que se produce?**

Existen diferentes software que se pueden utilizar para revisar la calidad de un modelo, la primera revisión que se hace va en función de la calidad de la información, es decir, verificar que los modelos están habilitados para hacer ese tipo de revisiones, una vez que el modelo corre inicia un tema de calidad en cuanto al diseño, aquí son muy habituales los algoritmos que hacen revisiones de norma, es decir, revisiones a nivel de parqueaderos, normas contra incendios, de ventilación, para el caso particular de los hospitales por ejemplo espacios a presión positiva a presión negativa, que se cumplan las cascadas de presión, que se cumplan los caudales que por norma se deben tener; entonces, si esa

información está en el modelo existen algoritmos que realizan estas revisiones de forma casi inmediata, porque los modelos son realmente grandes bases de datos; lo realmente importante es que el modelo debe tener las propiedades, características y parámetros necesarios para alimentar esa base de datos, para que nosotros como profesionales entremos con los algoritmos y podamos realizar las validaciones; sin embargo antes de entrar a verificar la calidad de los diseños, se debe garantizar la calidad de la información del modelo

**A lo largo de las entrevistas que hemos realizado hemos encontrado ese “choque cultural” entre la etapa de diseño y la etapa de obra, ¿Cómo sería la conexión ideal entre estas etapas para que se pudiera realizar la construcción con base en el modelo?**

Aquí está el tema de fabricación. En Estados Unidos entregamos el modelo BIM para nivel de fabricación, prácticamente lo que entregamos son “instrucciones de Lego” para lo que pasa en obra. Sin embargo, el tema de prefabricaciones tardara mucho tiempo en llegar a Colombia; básicamente lo que se hace es que pasamos del modelo conceptual BIM donde tenemos por ejemplo una tubería de 50 m y entonces la cortamos según el proceso constructivo, normalmente las tuberías que se consiguen en Estados Unidos o las que pueden transportar los camiones o lo asociado a la logística son tuberías que no tienen más de 21 ft (esta es la longitud que nos entregan para fabricación) entonces nosotros en el modelo partimos la tubería en segmentos de máximo 21 ft y asignamos los accesorios, los diferentes tipos de soldadura, etc; entonces en ese modelo LOD 400 pasamos a hacer una cosa que se llaman “*Spool*”, es decir, sacar planos de taller de las cosas que podemos soldar en taller, por ejemplo un segmento donde va un tubo y un codo se puede hacer en un taller, entonces se envían esos planos con esos ensambles, eso se trabaja en taller y después todo eso va empacado en camiones que junto con una nomenclatura y un sistema de codificación permite en la obra tomar estas piezas y empezar a ensamblarlas, esto se acerca mucho a lo que es la manufactura.

A nivel estructural también estructuras completas mucho más livianas (las que normalmente se utilizan en Colombia). Ese es el nivel de detalle al que estamos llegando y en Estados Unidos eso hoy es una realidad, pero entonces Colombia está lejos de eso, debido a que primero es necesario que se monten oficinas VDC, porque en los servicios que presentamos en ENG más que BIM es VDC (*Virtual Design and Construction*) que es generar toda esa documentación, pero eso lo debe recibir alguien que pueda usar la información, en Colombia no es habitual encontrar esto, es decir, no he podido conocer un taller que pueda recibir esa información entregarlo y mandarlo a obra con un sistema codificado y menos que el personal en la obra esté en la capacidad de recibirlo y simplemente empezara armarlo como si estuviera armando un lego. Esto es lo que está pasando con el tema de VDC hoy en Estados Unidos, entonces es bastante usado.

(poner pantallazo minuto 1:01:16)

Por ejemplo hoy en día lo que entregamos nosotros es un “*Spool map*”, entonces este tipo de planos llegan a obra, lo que entregamos es un sector del proyecto por ejemplo una tubería donde todo está numerado, es como un despiece del elemento, pero esto no es un modelo de redes, se hace en Revit, pero esto tiene información, tiene digámoslo “una técnica de modelado” diferente, es decir, tomamos un modelo tradicional de REVIT y lo pasamos por una revisión técnica bastante larga (esto es lo que hace una oficina VDC, es a lo que me dedico). Entonces en este ejemplo, aquí ya tengo un plano de taller donde tengo especificado tubo por tubo la longitud del elemento, el tipo de soldadura que debe tener, ya que esto se ensambla en un taller y llega ya ensamblado a obra. Este trabajo es una suma de conocimiento técnico a nivel de MEV, trabajo de herramienta manual y algoritmos, ya que actualmente existen desarrollos que ayudan a que esto pase de una manera mucho más rápida, entonces, si esto desde un principio no se pacta y se le hace un seguimiento no va a pasar, porque el modelo debe estar pensado desde un principio para llegar a ese nivel de detalle, este ejemplo es el nivel más

alto al que se puede llevar en cuanto a manufactura y a nivel presupuestal la desviación que se puede llegar a presentar es mínima, porque si yo presupuesto a este nivel de detalle conozco exactamente cuando me va a costar fabricar una pieza, de hecho, los ahorros en tiempos solo en temas de instalación MEV, nos estamos tardando la cuarta parte del tiempo. Ahora bien, este puede llegar a parecer a ojos de un inversionista colombiano como una inversión muy alta pero cuando se aplica bien el ahorro en cuanto al tema presupuestal es significativo, de hecho, en este momento esta tan en auge este tema en Estados Unidos precisamente por eso, el mercado esta 100% ubicado en un tema presupuestal y por eso cada vez crece mucho más esta industria a nivel de Colombia claro que se puede hacer, pero realmente ninguna de las empresas ha querido o se ha puesto en esto porque es una inversión muy grande una apuesta muy grande donde todavía no se cree mucho en esto, son pocos los empresarios que creen en esto.

***Porque se genera ese choque cultural con respecto a creer en estos modelos, si en el mundo actualmente ya existen modelos éxitos, hay muchos países que ya están avanzando en esto.***

Porque el constructor colombiano es muy dado a hacer las cosas mal y aun haciéndolas mal tienen un retorno, entonces con la utilidad que tienen ahora ya es suficiente, no les importante tener más utilidad o tener mejor calidad porque no les interesa gastar más tiempo pensando, esa es la realidad

***Torres ATRIO se hizo bajo una lógica VDC, eso ¿fue por un requisito extranjero o porque el mercado quería impulsar eso?***

Realmente esa parte la hizo una firma extranjera, eso no se hizo en Colombia, entonces pues son firmas extranjeras las que ya traen todo este en su ADN, en la forma en la que hacen las cosas, entonces por eso fue que realmente se trabajo así,

***Mirando el tema de alineación estratégica, CAMACOL tiene unos estándares para modelado, pero ¿Qué le faltaría a los estándares que esta sacando CAMACOL y todos los avances que esta haciendo el sector para llegar a este punto de evolución de la industria?***

Se necesitan recursos mucho más capacitados en la industria y se necesita una inversión muchísimo más alta de presupuesto, aquí es donde enfatizo que el 1% del proyecto que se debería destinara BIM debe estar invertido, porque generar información a nivel de planos “*Spool map*” para llegar a un nivel de detalle avanzado toma mucho tiempo

***¿Cómo se usa BIM para monitorear los avances que tiene el proyecto?, es decir, aparte de la comparación del Cloud.***

Esta entonces todo el uso del 4D el 5D, de eso también hay muchos desarrollos, en constructora Bolivar realizamos un desarrollo muy interesante que era personalizado y en la nube, donde la bitácora de la residencia en obra iba reportando directamente en el modelo, entonces existía siempre una comparación de la línea base con el avance real de los proyectos, métodos para esto hay muchos, tecnologías hay muchas, pero el tema de 4D y 5D es el que esta pensado para hacer ese seguimiento.

***¿Si ya existe tecnología y literatura, entonces el problema siempre va a ser el recurso?***

Si, a nivel Colombia existe un déficit de recursos, de profesionales BIM bastante grande, de hecho, hoy la industria no cuenta con profesionales BIM, hoy en día de hecho las empresas o grandes constructoras tiene una guerra entre los profesionales BIM que hay y muchas de las compañías no tienen sus equipos completos y es precisamente por esa escasez de profesionales, además que el tema BIM es que los que estamos en esto lo hemos hecho a pulso, porque no existe aun educación formal



en este tema de BIM, existen diplomados y una cantidad de cosas, pero nada de esto es probado, porque son más clases de manejo e software, sin embargo, hoy en día nivel académico no se consiste un Master en temas de BIM, por que es algo que no está escrito aun, esto no es una realidad aun.

### **¿Como se puede usar BIM para la gestión de riesgos?**

Depende de la fase, durante la fase de diseño-construcción, es realizar un control de la línea base de todas las variables, a nivel de gestión de riesgos durante la operación esta todo el tema del *facility Managment*, BIM ofrece todo este tema durante la fase de operación que permite programar rutinas de mantenimiento predictivo – preventivo.

### **¿Como son las reuniones que propone entre el equipo de trabajo?**

Depende de la fase, las reuniones de coordinación van más asociadas a la fase de diseño, porque son reuniones de ingeniería concurrente, donde el líder del proyecto (que en este caso es el coordinador BIM) tiene como línea base la gestión de interferencia, se hace una asignación y se hace un seguimiento, entonces existen muchos software que permiten realizar esa gestión, por ejemplo Autodesk tiene herramientas que permiten integrar Navisworks von BIM365 para esa gestión, herramientas como BIM track, que permite desarrollar también indicadores de productividad.

### **A parte del tema de sostenibilidad ¿Cómo BIM puede contribuir para alcanzar los ODS?**

Acá podemos volver al BEP o a la parte contractual, porque yo interpreto BIM como una maquina del tiempo, entonces si hoy estamos haciendo un proyecto donde nos estamos proyectado los requerimientos que se deben cumplir para que sea sostenible, entonces el gemelo digital o esa representación BIM me va a permitir siempre tener la capacidad de monitorear, es un tema de monitoreo constante, si el modelo BIM esta bien planteado y es un fiel reflejo del proyecto me va a permitir definir si estoy o no dentro de ese cumplimiento de los objetivos, siempre y cuando el modelo sea ese fiel reflejo, si no, no va a ser una fuente de información confiable.

## **Entrevista FEn07 – Nicolas Sarmiento**

### **¿Qué requerimientos según su experiencia debe tener una construcción sostenible?**

Debe estar enfocado más que en obedecer a una certificación de sostenibilidad que es lo que usualmente se ha visto con LEED, EDGE, etc, que están en el mercado y obedecen a ciertos parámetro o créditos como ellos los llaman) sin embargo, yo pienso que la sostenibilidad se ha visto impulsada en el país por las resoluciones que existen hoy en día para construcción sostenible como lo es la 0549 , es decir, ahí hay una primera parada en la que se indica que requerimientos se deben cumplir para que una edificación sea sostenible; ahora, las certificaciones de sostenibilidad han servido como halonadores del proceso, en donde nos están diciendo “esto no es obligatorio, pero si usted quiere ir un paso más allá de lo que le esta exigiendo normativamente el gobierno puede aplicar esto”, en este sentido, la sostenibilidad en las construcciones debe estar enmarcada no en conseguir una certificación de sostenibilidad, sino de verdad en darle atributos a las edificaciones o a los procesos que sean sostenibles, por ejemplo, BIM juega un papel fundamental en la sostenibilidad y es porque se empieza a planear todo desde un computador y desde un computador podemos evitar un sobre gasto de materiales, evitar reprocesos en la obra (tiempo que afecta el tema de la sostenibilidad) y la sostenibilidad se debe mirar desde tres grupos grandes, social, económico y ambiental, para que un edificio sea sostenible, debe ser sostenible ambientalmente, económicamente viable y que cumpla socialmente su papel dentro de una comunidad, entonces BIM juega ese papel en donde se puede planear un proyecto evitando desperdicios, reprocesos en tiempo que se puede traducir después en afectaciones de costos y que puede dar lugar a que se presenten problemas en la factibilidad de un proyecto y también enfocarse en las estrategias pasivas desde el inicio (desde el esquema vasco, en el que el arquitecto empieza a ubicar el proyecto), el punto es identificar como se puede hacer mucho mejor en términos bioclimáticos el edificio, ya que eso va a repercutir en el confort de los usuarios y en la construcción misma, una vez se hayan solucionado esas y se hayan encontrado las demandas que el edificio exige es vital pensar en como suplir esos que nos hace falta con estrategias activas, por ejemplo, acondicionamientos de espacios mediante equipos de aire acondicionado y otras estrategias que puedan suplir esas necesidades como energía solar y demás pero esto debe ser un paso posterior a explotar todo lo que sea pasivo.

El segundo gran tema aquí es la utilización de materiales, ya que se esta empezando a hablar de economía circular, Colombia tiene el Plan ENEC “Estrategia Nacional de Economía Circular”, en donde se tienen unas pautas que indican hacia donde va Colomba con el tema de la economía circular, ahí entra el sector de la construcción entendiendo que el sector en este momento está generando entre el 39 y 40% de contaminación global, casi que estamos generando la mitad del peso contaminación en el mundo, el otro 60% restante esta entre la agricultura y otros temas tecnológicos, en ese sentido el uso de materiales se vuelve muy importante porque de eso va a depender la energía embebida de la los materiales, es decir, cual va a ser ese pacto en su proceso de fabricación en donde los usuarios (constructoras) vamos atener un peso importante, donde los fabricantes nos entregan a nosotros y nosotros así mismo exijamos cuales deben ser esos parámetros de entrega, así mismo nosotros estamos contribuyendo a una construcción más responsable y sostenible.

Para resumir lo primero es BIM es indispensable en el proceso de planeación y coordinación de un proyecto, segundo (si en mercado esta en un proceso de certificación buenísimo) y tercero darle mucha atención a los materiales con los que se construye y agregaría un cuarto de operación y mantenimiento, esto juega una parte esencial dentro de la sostenibilidad porque nos permite hacer una auditoria en obra a todo lo que se especificó en diseño

### **¿Como cree que BIM puede contribuir a las dimensiones de sostenibilidad económica y social respecto a los ODS propuestos por la ONU?**

BIM tiene muchas dimensiones dentro de su trabajo, en donde, si no estoy mal el 6D habla en concreto de la sostenibilidad, en ese sentido, BIM debería estar conectado con la sostenibilidad, la realidad hoy en día es que no es así, en Colombia hay un fuerte en el tema de coordinación técnica donde usamos las herramientas de la metodología como Revit y Navisworks, sin embargo, existen temas más relegados como costos y presupuestos y como integrar estas herramientas de la metodología y que se vuelva un conector, yo siento que hace falta explorar como puede ser la metadata de los materiales, de lo que nos entrega cada diseñador en sus modelos Revit (lo cual de por si ya casi que es obligatorio y que este de acuerdo al plan de ejecución BIM que cada constructora tiene y exige) nosotras como constructoras debemos empezar a exigir ( puede ser a nivel contractual) pero debe quedar plasmado cuales son nuestras exigencias en términos de sostenibilidad, la especificación de los materiales, como los proveedores nos ayudan a cumplir con los objetivos de reducción de huellas de carbón con sus especificaciones y además como hacer el match entre todos, para que un proyecto sea sostenible debe haber una clara comunicación entre todos los especialistas para encontrar esas eficiencias en los sistemas, entonces, ahí juega un papel importante de ese proceso integrativo o una metodología que se puede aplicar junto con BIM que es el proceso de diseño integrativo, la cual, es una metodología muy conocida donde se aplican temas de sostenibilidad que se están ligando mucho a BIM, en donde se tiene esa conversación con todos los especialistas logrando entender cuales son esos objetivos o requerimientos del proyecto que hacen los Stakeholders y como entre todos podemos alcanzarlos de la manera más eficiente posible optimizando sistemas y siempre en compañía de un asesor en sostenibilidad y eficiencia energética, eso es clave.

### ***El proceso integrativo es distinto al BEP***

Si, son dos cosas distintas, el BEP es algo propiamente de la metodología BIM, el proceso de diseño integrativo es otra metodología en donde se enmarca el BEP, es decir, este proceso lo que dice es “venga arquitectura, estructura, eléctrico, aire acondicionado, sostenibilidad, asesor de certificación y todos los especialistas, los reúnen en un una mesa y en esa mesa se socializan los objetivos del proyecto lo que los Stakeholders esperan del proyecto , una vez se socialice a ellos, ellos llegaran con unas bases de diseño claras, una vez se tenga esto la idea es encontrar las eficiencias entre todos, por ejemplo, el agua caliente, existe un ahorro entre utilizar calentadores eficientes en los apartamentos con los cuales no solo se encuentra ahorro de energía sino también ahorro con agua, como esas sinergias entre todos crean esa sostenibilidad y esa eficiencia de sistemas entre el proyecto; ahí mismo viene enmarcado el BEP, el cual funciona como una ruta de guía para los diseñadores de como deben entregar sus modelos y que deben respetar, pero viene enmarcado dentro del gran proceso de diseño integrativo.

### **¿Como el proceso integrativo y el BEP se integran a la gerencia del proyecto?**

El BEP se debe ver como un marco teórico de desarrollo de proyecto, es decir, aunque se socialice debe ser una guía que siempre se esté mirando con respecto al desarrollo del proyecto, es decir, el BEP debe ser muy completo y claro con lo que se esta esperando que entreguen los diseñadores, no solo en cuanto a términos técnicos y de forma de los modelos, sino que también debe ir un poco más allá en temas de tiempos, eficiencias, costos, es decir, es un marco en donde los especialistas tienen que tenerlo presente para entregar sus productos finales.

### **¿Los especiales deben participar en la creación del BEP?**

En realidad el BEP es una lista de requerimientos que se le hace al diseñador, yo creo que no deberían participar, sin embargo, se debería evolucionar con el BEP después de una retroalimentación con los diseñadores y después de como se vea el proceso, es decir, un BEP versión 1 con todo lo que ya se sabe de cómo se debe manejar y entregar el proyecto, al final de proceso que se tenga de ese proyecto

la misma constructora, el director BIM y demás van a tener una retroalimentación acerca de que es lo que les hizo falta, de que cosas se pueden mejorar y como se puede evolucionar el BEP teniendo en cuenta a los diseñadores, creo que más bien debe ir evolucionando en lugar de que entren todos a participar porque si no se vuelve algo muy difícil de controlar.

### **Aparte del equipo técnico en la integración del proyecto ¿Qué otros Stakeholders claves crees que se deben tener en cuenta en un proyecto de construcción sostenible?**

Algo que es obvio pero que no se tiene en cuenta en los procesos de planeación y de diseño de un proyecto son las áreas internas de la constructora, en donde, se empieza a ir en contravía de lo que se está diseñando, sobre todo en temas de vivienda, aquí por ejemplo está el tema de comunidades, porque la comunidad de un proyecto puede hacer el proyecto mismo caiga, simplemente porque ellos tienen una fuerza muy grande, algo que se debería involucrar para que un proyecto sea exitoso es la comunidad, es decir, un área interna que se encargue del manejo de las comunidades que participe activamente en el proceso de diseño; adicionalmente esta post-ventas, es decir, involucrar todo lo que se ha aprendido de un proyecto en el que han pasado mil cosas que sabemos que influirá en la post-venta, se debe involucrar esa área del equipo de la constructora a los procesos de diseño también, es decir, se va a realizar un feedback muy importante en donde se salten alarmas con respecto a la evolución y desarrollo de los proyectos, esto permite tener en cuenta factores desde la planeación y el diseño que de no tenerse en cuenta repercuten en sobrecostos, es esencial involucrara también a toda el área de construcción ya que ellos son los que saben que se puede o no hacer, que es mas eficiente, etc, se deben involucrar en la etapa de diseño para que el proyecto sea sostenible en todas las dimensiones (ambiental, económica y social)

### **Según su experiencia ¿Cómo deberían ser las comunicaciones dentro de un equipo BIM?**

Cuando se habla de metodología BIM no es solamente el uso de REVIT, Navisworks y BIM360, lo que yo he visto es que los canales de comunicación se ven golpeados porque los consultores no están acostumbrados a que los canales de comunicación fueran los modelos y las plataformas sino que todo se hacia o se hace a través de correo electrónico, ahí se pierde BIM completamente, por la idea es que la comunicación se haga a través de un modelo o una plataforma en la que todos estemos enterados de lo que esta pasando en tiempo real y no a través de un correo, porque se pierde trazabilidad, versionamiento de actualizaciones, la comunicación debe ser clara y se debe dejar en claro que el único canal de comunicación van a ser las plataformas, informes de transmisión, modelos y esa va a ser la memoria del proyecto, por eso se vuelve de vital importancia definir cómo será la metodología de comunicación.

### **¿Qué características debe tener a la hora de elegir un entorno común de datos?**

Este tema siempre está migrando y evolucionando con el tiempo, aquí es donde la constructora empieza a exigir esos requerimientos de licencias, programas, plataformas como Autodesk o la migración que estamos teniendo a *Construction Cloud*, el cual opera de manera que el que no tenga la licencia original no puede acceder al proyecto. Es muy importante dejarle claro a los contratistas o consultores que cotizan en el proyecto que deben tener en cuenta dentro de sus cotizaciones la adquisición de licencias, esto ya no es negociable y precisamente por esto es mercado cambia, porque los constructores exigimos, los contratistas deben poner de su parte para evolucionar.

### **Aparte del conocimiento técnico ¿Qué competencias debe tener el equipo de trabajo?**

El equipo debe saber manejar la herramienta y la plataforma, aunque se debe entender que este tema es nuevo, es decir, es ideal si usted sabe de él, pero lo importante es que exista la disposición a

aprender, el sector de la construcción es un trabajo en conjunto y si todas las partes involucradas no intervienen en este proceso no se logrará el sector BIM que se espera, lo ideal es que tengan conocimientos de la forma de operación de las herramientas (Revit, Navisworks, etc.) y que no se mezcle Autocad en los proyectos, porque lo que comúnmente se ve es que se inicia a diseñar en Autocad y después se pasa a Revit y esto es mal porque se genera un reproceso y es un doble tiempo que emplean los consultores que no se vería si desde el inicio se utiliza Revit. Algo importante que se debe puntualizar a los contratistas es que deben saber Revit como mínimo, porque la empresa que los contrata se encarga de realizar las capacitaciones correspondientes respecto al uso de la plataforma, para eso existe dentro del área BIM de la empresa una persona que se encarga de asesorar a los consultores y en general a las personas que se ven involucradas en este proceso que tienen duda.

### **Teniendo en cuenta que el Penn State Clasifica los usos BIM como información que se debe solicitar dentro del modelo para evaluarlo ¿Qué usos BIM se deberían solicitar para un proyecto sostenible?**

Especificaciones técnicas de lo que se está poniendo en el modelo, por ejemplo, para un proyecto donde se están modelando los acabados es importante *Omniclass*, el cual, permite asignarle al modelo una familia o un código en donde se tiene una biblioteca de especificaciones de los materiales que se utilizarán en el proyecto, detalles como la resistencia de los materiales, las clases y tipos. Para el tema de costos y presupuestos es de mucha utilidad porque dentro de esa gran biblioteca que varía para cada constructora ya están fijos unos precios por elementos o actividades, entonces con solo un código se puede conocer cuánto le costará a la empresa la instalación de ciertos elementos. Ahora bien, en mi experiencia no he visto que se tengan en cuenta detalles de sostenibilidad, es algo que creo que, si le haría falta, por ejemplo, en términos de calentadores, no se tiene información de su eficiencia y este tipo de detalles deberían estar contemplados y esto aplica también a los materiales, por ejemplo con la Pintura se podría indicar si esta tiene un bajo contenido de elementos orgánicos volátiles, o temas relacionados con la energía embebida de los materiales por ejemplo el concreto cuando se sustituye el Clinker por otro elemento sin perder las propiedades del cemento, es decir, todas esas cosas que ya los fabricantes tienen presente en sus procesos de producción, nosotros como constructoras no se les estamos exigiendo, entonces yo creo que nosotros debemos empezar a exigir todo estos temas que ellos ya están haciendo, que no estamos viendo y que tampoco se están haciendo algo primordial para la toma de decisiones y debería ser así, porque si tengo un cemento A y un cemento B, pero se que en la producción del cemento B se emplea un 40% menos de energía en comparación con el A, se debería tener en cuenta estos criterios en el modelo.

### **¿Cómo se puede aprovechar BIM para crear la línea base de alcance del proyecto?**

Aquí se debe mirar cómo se incluye el BEP a la metodología de gerencia de proyectos, en la práctica en proyectos de vivienda el proyecto se empieza a estructurar hasta que llega un producto donde cuadran los números, cuando el estructurador o planeador del proyecto tiene esto en orden, se hace una entrega oficial al equipo técnico y ellos van a conocer por primera vez el proyecto y antes de que inicien el proceso de trazado de redes y demás se realiza la socialización del BEP, porque es en este punto en el que ellos entran a influir en el proyecto, proponiendo trazados, temas técnicos y demás, por eso en esta etapa se realiza la socialización del BEP y la forma en la que se manejará la metodología BIM, aunque este proceso debería llevarse a cabo antes, ya que hay muchos temas en esa estructuración de los números que no se tienen en cuenta y que ahí les están cerrando pero que cuando después nos devolvemos y tenemos en cuenta temas técnicos no se tuvieron en cuenta muchas cosas que se debían tener en cuenta y la factibilidad empieza a peligrar ahí y limita el alcance del proyecto, entonces no solo es pensar en temas de BIM sino también de sostenibilidad, porque la sostenibilidad va a hacer que cambien muchas cosas en el proyecto.

En el tema de factibilidad se utiliza BIM o se utiliza Excel

Se hace de manera Excel Autocad, hay muy pocos que inician sus primeros planteamientos en Revit, para una fase inicial tan preliminar no está mal emplear Autocad porque de todas formas el modelo que se construya no va a tener toda la información que se va a requerir al final o que se les va a exigir al final porque hasta ahora son esquemas de disposición de torres, edificios, etc. Sin embargo, en el momento en que se define algo ya debe estar el modelo, porque no puede ser que llegue al área técnica una vez revisados los números un Autocad, ahora bien mientras se van definiendo más especificaciones se van definiendo alimentando las familias en Revit para que se puedan ir usando códigos de especificación de materiales y demás.

**Cuando hacen todo el proceso de diseño, como definen cronograma, estiman recursos y determinar los costos en los que va a incurrir el proyecto, lo que llamaríamos BIM 4D y 5D**

Cuando ya se tiene la vinculación de todos los códigos en los proyectos el equipo de presupuestos extrae la información del modelo (modelo que viene del área técnica) y empiezan a armar sus números, entonces revisan que todo lo especificado respecto a un proyecto referente (porque al principio una factibilidad inicial se maneja es con índices de otros proyectos, para una factibilidad posterior ya se empieza a manejar en con un proceso de extracción de datos del modelo, ahí es donde el equipo de presupuesto empieza a decir, “nos estamos acercando al costo o por el contrario el proyecto referente no tenía en cuenta muchas cosas entonces tenemos que disminuir en nuestro proyecto para que nos pueda cerrar el costo directo que estamos pensando” en cuanto al cronograma, la programación de obra y demás no se tiene en cuenta el BIM en la empresa en la que trabajo, ya que desde la experiencia los proyectos de vivienda es lo más sencillo de planear, entonces el equipo de control (los encargados de generar los cronogramas de obra), ya saben respecto a un proyecto referente cuanto es el tiempo que se les va a tomar construir una o varias etapas del proyecto, pero se hace más es por referentes y no por temas BIM

**Consideras que el proceso actual está bien o crees que migrar al modelo para realizar la programación mejoraría la estación de presupuestos**

Yo pienso que sí, creo que hacia allá vamos, en un mundo ideal es lo que debería pasar, entendiendo los procesos constructivos dentro de un Navisworks por ejemplo, pero se debe iniciar de a poco ya que a veces por querer hacer todo no se hace nada, y este tema debe ser de a pasos, por ejemplo la codificación de los modelos (que es un trabajo importante, es algo que hasta ahora están aprendiendo los consultores) otro tema será el BEP (como se tiene que modelar según como se saque la información que la consultora necesite) pero creo que el tema de programación de obra y sostenibilidad, siento que son los pasos que van posteriores, pero no podemos atacar todo al mismo tiempo porque creo que si se hace así, se convierte en una carga muy importante para todo el equipo en donde se va a dejar de hacer unas cosas por tratar de hacerlo todo y creo que esto debe evolucionar con el tiempo desde luego la idea es poder alinear todo con BIM pero es un proceso.

**Según su experiencia como sería ese proceso una vez listo el modelo realizar una programación de obra**

Para programar la obra ya deberían estar los modelos listos, entender cuáles van a ser esos momentos en los que se realizara la obra, desde el inicio, entonces descapote del lote, después excavaciones, cimentaciones, etc, pero para eso ya debe estar definido como quedo el proyecto coordinado, pero esto toma mucho tiempo y generalmente no podemos esperar todo ese tiempo, yo creo que la parte de programación deberían participar en el proceso de coordinación para entender riesgos, oportunidades, optimizar el proceso y de igual forma sepan como va a ser su programación, ahora

otra cosa es que un proyecto se estructura primero para un producto base, después un producto que va a salir a ventas y después un producto de inicio de construcción (entonces hay 3 momentos y en esos momentos por ejemplo en el inicio de construcción hay una fecha que está muy ligada al momento en el que se logre el punto de equilibrio en las ventas, en ese momento con un proyecto mediamente coordinado se podría analizar cómo va a ser la programación como realizar una simulación, pero sería como a la mitad del proyecto, es decir, no tenerlo tan definido, sino tener un aproximación por ejemplo del 80%.

### **Cuando la obra comienza en qué nivel de o en que etapa está el proyecto.**

cuando la obra inicia eso ya debe estar al 100% coordinado, es decir, al equipo de construcción se le debe entregar un proyecto 99% coordinado, es decir que lo quede o haga falta no se vea reflejado en un afectación a los costos directos del proyecto, eso no puede pasar, eso ya debe estar coordinado y los temas mínimos que hayan quedado pendientes sean pases o recorridos de tuberías mínimo (es decir, algo que no afecte el proyecto) pero en si en el momento en el que empiece la obra, ya se debe tener planos claros de todas las especialidad de cómo se tiene que construir. Así funcionamos actualmente

### **Desde su experiencia como crees que se puede aprovechar BIM para la gestión de riesgos**

En la extracción de datos de *omniclass* para el presupuesto ya lo hacemos, aun no se ha contratado ni construido nada pero se pueden levantar alarmas de los riesgos a los que dé lugar el proyecto (superar el presupuesto por ejemplo) en temas de coordinación es muy importante ( el computador todo lo aguanta pero en obra cada cambio empieza a costar) entonces BIM está en capacidad de alentarnos de los posibles riesgos que se ´pueden presentar en términos de coordinación de un proyecto, los cuales, se pueden solucionar antes de emitir documentación final para construcción.

### **Como seria la experiencia de gestión de cambios desde BIM**

La ventaja de emplear BIM es que ya se manejan familias, entonces si se está manejando una misma familia dentro de todo el proyecto simplemente es dar un *click*, cambiar la especificación, el código y todo cambio, ese mismo modelo se pasa al presupuestado con los cambios a los que diera lugar, el determinan cantidades y puede estimar cual es el ahorro o el sobre costo con esa alternativa, aunque eso depende de la agilidad del consultor con el que se esté interactuando, ahora bien en el liderazgo de un proyecto existen dos figuras importante el director técnico (quien vela porque el proyecto este coordinado técnicamente y cumpla con los requerimientos de los Stakeholders) el segundo es el director BIM que está más enfocado en temas de la metodología y no de los proyectos, entonces el que tiene que autorizar los cambios es el director del proyecto, según la directriz que el haya dado, es el quien autoriza el cambio y que quede bien especificado.

### **Como se emplearía BIM para asegurar una correcta gestión de la calidad del proyecto.**

Hay diferentes etapas del proyecto en la que se hacen auditorias de los modelos, para entender internamente como empresa que efectivamente se está cumpliendo con los requerimientos que están expuestos en el BEP, entonces hay momentos de auditoria en la elaboración del proyecto en donde se le da una retroalimentación al consultor, con respecto a las cosas que están quedando mal que se debe mejorar y que se debe mantener, entonces se hacen revisiones a lo largo del proyecto en donde se evalúa que el proyecto cumple al 100% con los estándares del BEP

### **Y esa gestión solo llega hasta planeación y en obra se utiliza el modelo para gestionar la calidad?**

No, son dos mundos aparte porque obra en su entendido tiene que el modelo está ok en cuanto a coordinación y de más factores, entonces ellos no deberían tener una preocupación en cuanto a si quedó bien o mal, ellos deben encargarse que el proyecto quede construido de acuerdo a lo que está en planos y modelos.

Por ejemplo, la obra se construye y se compara con el modelo para ver si se cumplió con la calidad.

Eso son modelos *As built*, los que se hacen en obra, lo ideal es que los contratistas en obra realicen el levantamiento de lo que están construyendo para luego después se esté comparando con lo que está en diseño y lo que se está construyendo, para esto debe haber requerimientos BIM para los contratistas instaladores y de ejecución en obra, sé que los hay no los conozco, pero sé que los hay.

**Utilizan la metodología BIM para realizar seguimiento a sus proyectos y analizar el valor ganado del proyecto.**

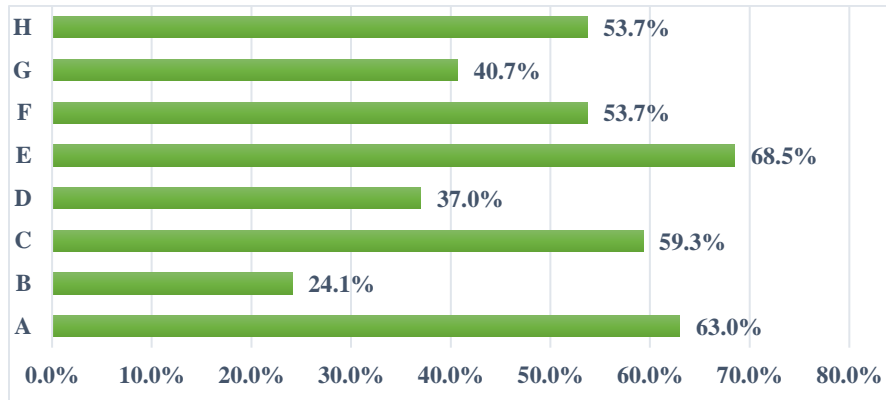
Tenemos 3 momentos en los proyectos que están enmarcados por tres factibilidades y en estas hay un congelamiento o una “fotografía” de los modelos que sirven como insumo para que las demás áreas del equipo lo puedan revisar y puedan dar su aprobación, en la línea del ciclo de vida del proyecto existen momentos en donde se hace un control, un momento muy clave y concreto a ciertas semanas del proyecto en donde se realizan las aprobaciones, estos momentos son políticas que existen a raíz de la experiencia de las constructoras ya que se sabe más o menos que tiempo se emplea para cada fase o etapa del proyecto y en base a eso se definen los momentos claves de auditoría, dentro del equipo entra el director quien vela porque el proyecto quede de acuerdo con lo que se ha hablado con las demás áreas y que quede coordinado al 100% y entra el coordinador técnico, el cual vela porque los modelos estén construidos bien



## **ANEXO No2 – RESULTADOS ENCUESTAS REALIZADAS**

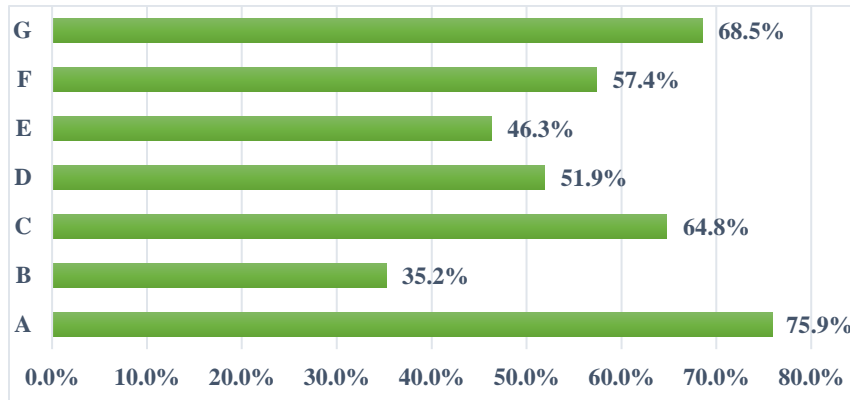
A continuación, se presenta la estructura de la entrevista aplicada, junto con los resultados obtenidos a partir de las 108 respuestas registradas.

1. ¿Cuáles considera usted que son los 4 principales factores AMBIENTALES a tener en cuenta al momento de diseñar una construcción sostenible?
  - A. Diseño basado en el ciclo de vida: La literatura acerca de las construcciones sostenibles sugiere que los proyectos deben estar pensados en un ciclo de vida circular, donde la etapa final no sea la demolición, si no el desensamble para su reciclaje.
  - B. Uso de módulos para la estandarización: El uso de dimensiones modulares permite reducir desperdicios de material.
  - C. Elección de los materiales: Esta variable tiene en cuenta el ciclo de vida de los materiales y su energía embebida.
  - D. Preservación Ecológica: La preservación de cadenas ecológicas como el ciclo del agua deben ser conservadas o alteradas en lo más mínimo por el proyecto.
  - E. El consumo energético del edificio: El uso de energía puede estar asociado a emisiones de Co2 ya sea en su producción, o en la energía embebida en elementos como paneles, represas y turbinas.
  - F. Generación de residuos: La disposición de los residuos de las construcciones en el pasado ha tenido consecuencias como la modificación y pérdida de los cuerpos hídricos, por ello, se busca minimizar la generación de residuos que alteran los ecosistemas.
  - G. Contaminación del aire y cuerpos hídricos por parte del proyecto mediante sustancias toxicas para el ambiente y material particulado.
  - H. Uso de estrategias pasivas al momento de proyectar: Estrategias como aprovechamiento de iluminación natural, ventilación cruzada, fachadas con materiales de alta inercia térmica.



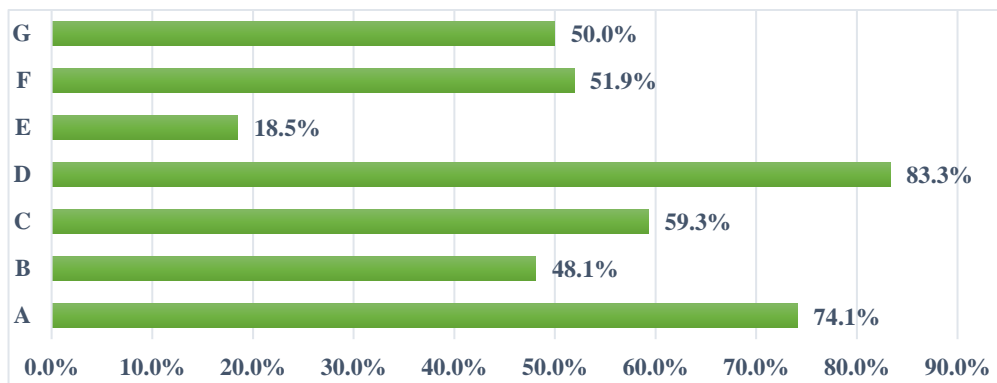
2. ¿Cuáles considera usted que son los 4 principales factores ECONÓMICOS a tener en cuenta al momento de diseñar una construcción sostenible?

- A. Consideraciones en los costos a lo largo del ciclo de vida: El mayor porcentaje de dinero que se gasta en una construcción es en su operación.
- B. Uso de módulos con la finalidad de reducir costos: La estandarización y el uso modular permite que los recursos invertidos en la construcción se empleen de forma eficiente.
- C. Elección de los materiales y su impacto económico dentro del presupuesto: Elegir materiales de costo elevado puede poner en aprietos la viabilidad del proyecto.
- D. Efectos en la economía local: Esta variable se enfoca en los impactos que puede tener el proyecto dentro del entorno y su efecto en la proyección económica.
- E. Forma de financiación y modelo de negocio para asegurar que se cumplan los objetivos.
- F. Definición del Presupuesto y la rentabilidad del mismo.
- G. Impacto en los usuarios finales: Los gastos que incurrirán los usuarios en la operación del edificio.



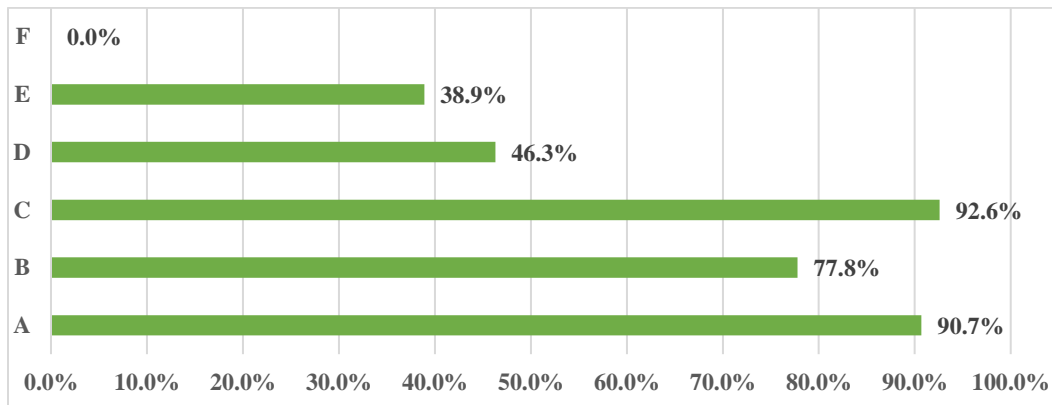
3. ¿Cuáles considera usted que son los 4 principales factores SOCIALES a tener en cuenta al momento de diseñar una construcción sostenible?

- A. Generación de empleo local.
- B. Mejora de la Infraestructura local.
- C. Brindar infraestructuras adicionales al proyecto para el beneficio de la comunidad.
- D. Impactos en la calidad de vida de los usuarios y habitantes vecinos al proyecto.
- E. Seguridad de los usuarios frente a factores ambientales como plagas y materiales particulados.
- F. Calidad ambiental del entorno para prevenir enfermedades, por ejemplo, evitar el uso de diseños que favorezcan islas de calor.
- G. Flexibilidad de la construcción para garantizar el menor impacto en el entorno.



4. Uno de los principales problemas que se ha identificado en el sector de la construcción es la fragmentación de los *Stakeholders* (actores). Teniendo en cuenta que BIM busca garantizar la comunicación y la información ¿Cuáles *Stakeholders* usted considera que deberían usar BIM?

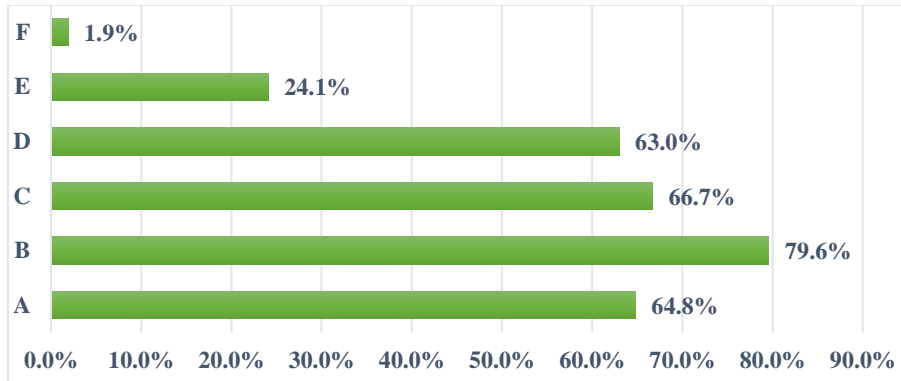
- A. Diseñadores.
- B. Consultores técnicos.
- C. Constructores y contratistas.
- D. Proveedores.
- E. Inversionistas.
- F. Ninguno.



5. Seleccione los 3 Beneficios de BIM que permiten establecer el alcance de un proyecto de construcción sostenible.

- A. Crear modelos 3D que evidencien los entregables que componen el proyecto.
- B. Tener modelos visuales que permitan identificar el trabajo requerido para producir los entregables.
- C. Poder realizar una WBS con la suficiente definición gracias a la información modelada.
- D. Identificar las características técnicas respecto a la sostenibilidad que debe cumplir el proyecto.
- E. Definir exclusiones, restricciones y supuestos.

F. No presenta beneficios el uso de BIM.



6. ¿Qué aspectos deberían considerarse al momento de realizar el Plan de ejecución BIM (BEP) de un proyecto de construcción sostenible?

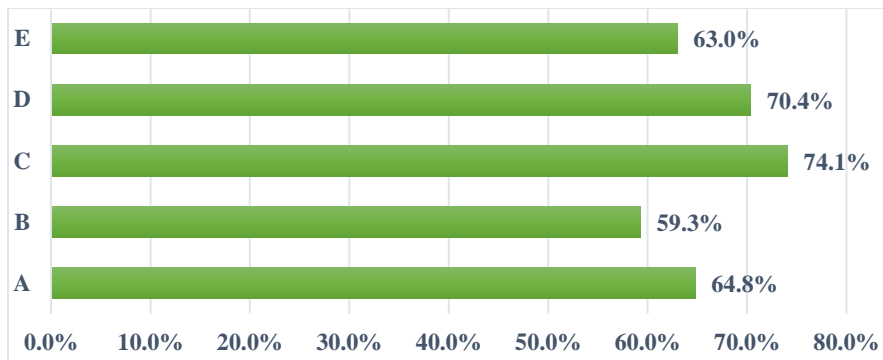
A. Objetivos BIM.

B. Requerimientos de usos BIM.

C. Manejo de la información y métodos para el intercambio.

D. Control de la calidad.

E. Exigencias de desarrollo del modelo (LOD) según el nivel de madurez.



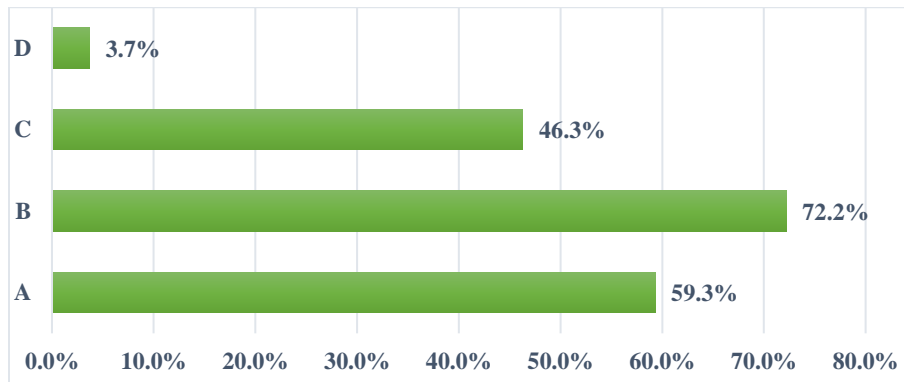
7. ¿Según su experiencia como se puede garantizar el cumplimiento del BEP?

A. Volviéndolo un documento contractual.

B. Contar con un equipo que esté en las capacidades de cumplirlo.

C. Trabajo mancomunado con las respectivas interventorías.

D. El BEP solo debe ser un documento de referencia y no debería ser de obligatoriedad.



8. Seleccione los 5 usos BIM que según su experiencia se deben solicitar a los diseñadores en un proyecto de construcciones sostenibles.

A. Levantamiento de condiciones existentes.

B. Estimación de cantidades y costos.

C. Planificación de fases.

D. Análisis del cumplimiento del programa.

E. Análisis de ubicación.

F. Coordinación 3D.

G. Diseño de especialidades.

H. Revisión de diseño.

I. Análisis estructural.

J. Análisis lumínico.

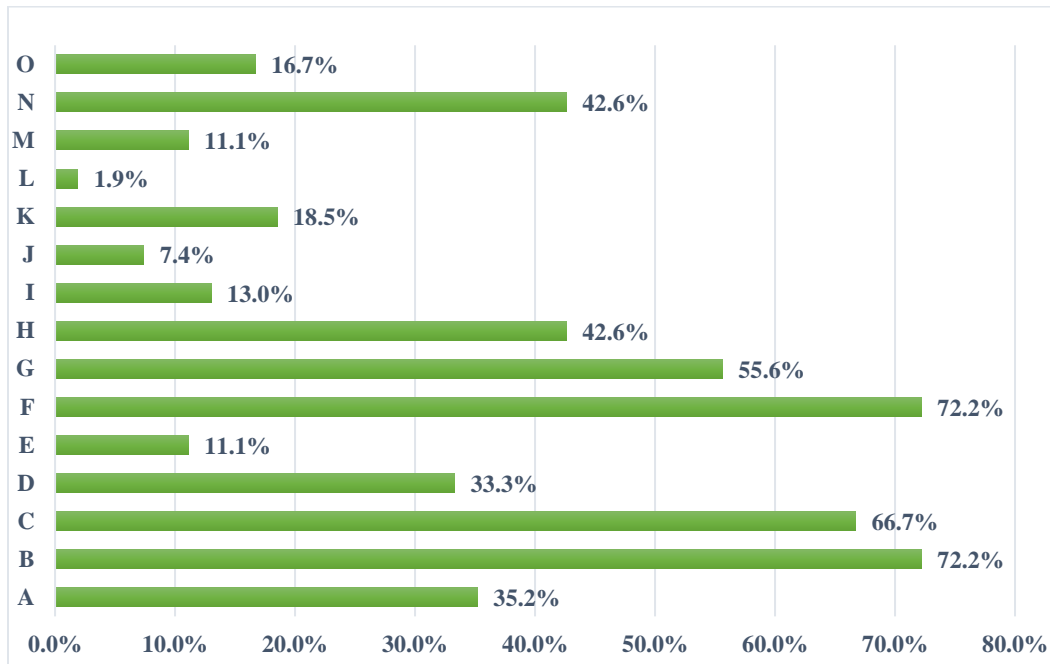
K. Análisis energético.

L. Análisis mecánico.

M. Otros análisis de ingeniería.

N. Evaluación de sustentabilidad.

O. Validación de la norma.



9. ¿Qué esfuerzos deberían realizarse en la elaboración del cronograma utilizando BIM?

A. Involucramiento de los *Stakeholders* en reuniones tipo ICE (donde los *Stakeholders* internos se reúnen para trabajar en conjunto de manera periódica).

B. Una correcta identificación y secuenciación de las actividades según el modelo constructivo de la organización.

C. Un modelo BIM con los estándares de calidad mínimos para definir la secuencia de las actividades.

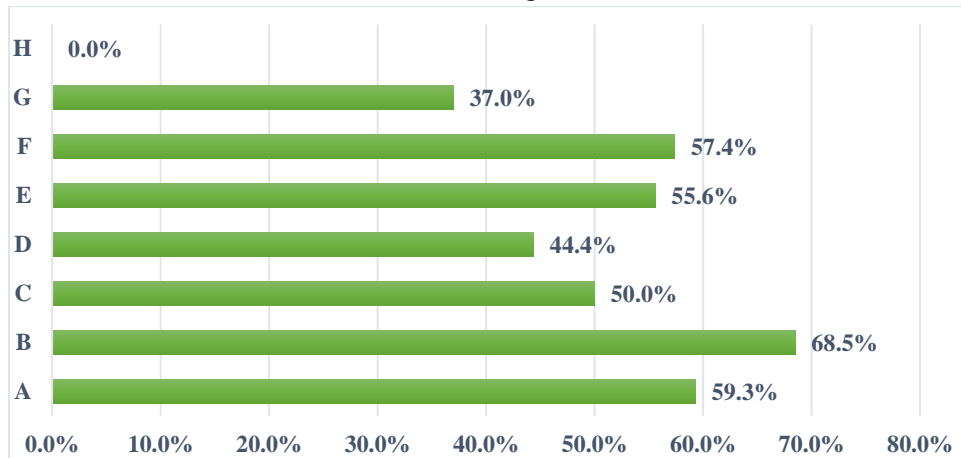
D. Capital humano con las competencias suficientes para extraer información del modelo BIM resultante de las especialidades.

E. Correcta identificación de las actividades según la estructura de desglose de trabajo propuesta en la WBS y estándares administrativos usados.

F. Proceso constructivo identificado y articulado con los modelos BIM realizados.

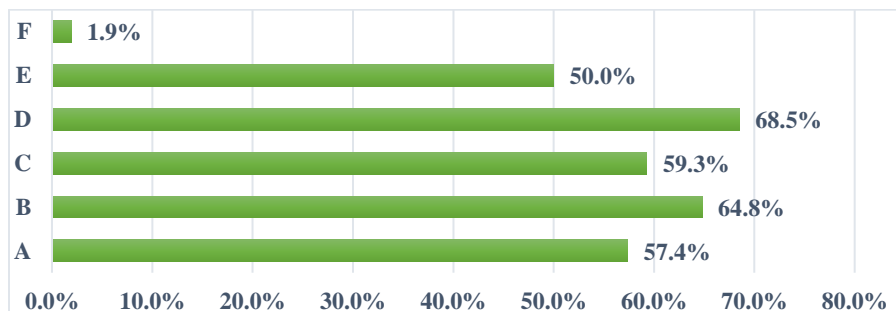
G. Análisis de los sistemas que componen el edificio.

H. BIM no se debería usar en el cronograma.



10. ¿Qué consideraciones según su experiencia se deberían tener en cuenta al momento de crear la línea base de costos?

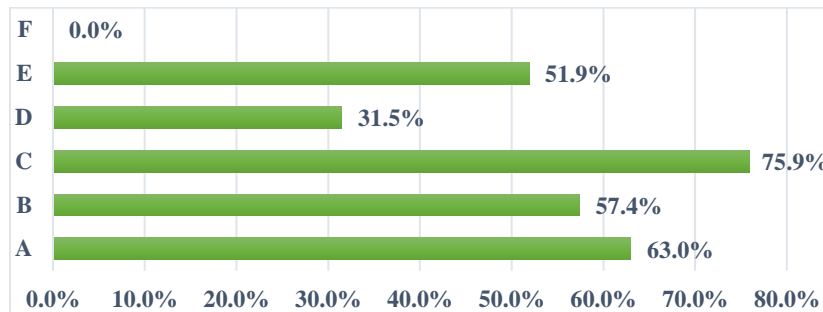
- A. Un sistema de clasificación (Ej: Omniclass) para los componentes del modelo, el cual refleja la forma de presupuestar de acuerdo a la compañía.
- B. Modelos BIM de las especialidades que cumpla con la calidad de los protocolos BIM para poder extraer información.
- C. Capital humano con las competencias suficientes para extraer información del modelo BIM resultante de las especialidades.
- D. Correcta información de costo según el modelo de presupuesto usado por la empresa.
- E. Correcta secuenciación de actividades y responsables de las mismas.
- F. BIM no debería usarse en la elaboración del presupuesto.





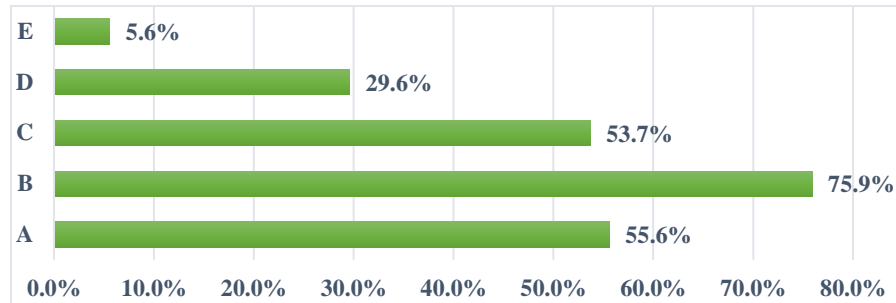
11. ¿Qué Normativas se deberían tener en cuenta para garantizar la calidad en proyectos de construcción sostenible?

- A. Normas que garanticen el intercambio de información (ISO1650).
- B. Lineamientos de organizaciones que certifiquen el consumo energético.
- C. Estándares BIM como los propuestos por CAMACOL.
- D. Resoluciones de organizaciones como la ONU ejemplo agenda 21.
- E. Políticas internas de la compañía.
- F. No se deberían tener en cuenta.



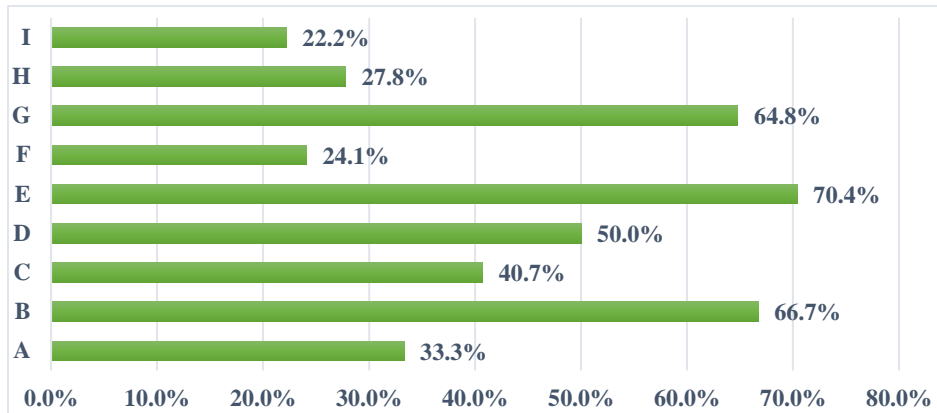
12. ¿Cómo BIM puede usarse para planear la gestión de riesgos?

- A. Monitoreando los cambios económicos que se puedan presentar para hacer planes de contingencia como la negociación de materiales.
- B. Visualizando las actividades constructivas para identificar riesgos y mitigarlos.
- C. Reduciendo la incertidumbre ya que hay una mayor coordinación de los *Stakeholders*.
- D. Controlando la Incertidumbre en un espectro de baja probabilidad y poca incertidumbre.
- E. BIM no se puede usar para planear la gestión de riesgos.



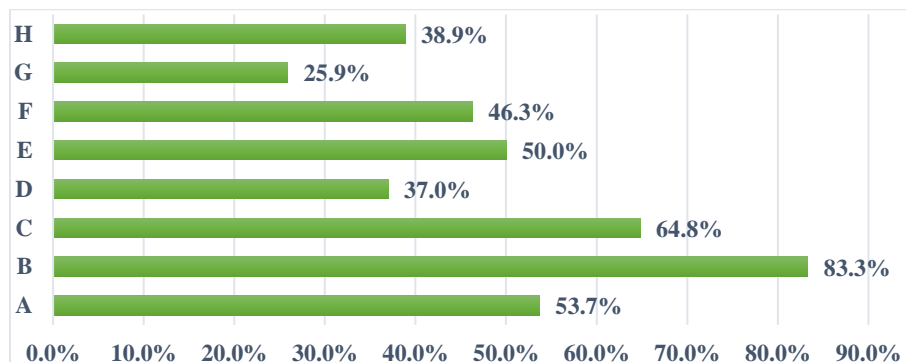
13. Como se mencionó en el enunciado la sostenibilidad tiene 3 dimensiones, ¿En un contexto Colombiano, cuales considera usted que son los 4 principales factores AMBIENTALES a tener en cuenta al momento de construir una edificación sostenible?

- A. Afectación al entorno por ruidos generados.
- B. Huella de carbono de los materiales utilizados en la construcción.
- C. Uso de elementos temporales (Formaletas, casetones) que puedan ser reciclados.
- D. Afectaciones ambientales al entorno (Ej: Impermeabilizando el suelo, desplazando fauna).
- E. Cantidad de escombros generados y su posterior disposición.
- F. Legislación aplicable en el territorio para construcción y su impacto.
- G. Contaminación del aire y los cuerpos hídricos.
- H. Higiene del territorio intervenido (Ej: Evitar estancamiento de agua, acumulación de basura).
- I. Uso de prefabricados para reducir desperdicios de materiales.



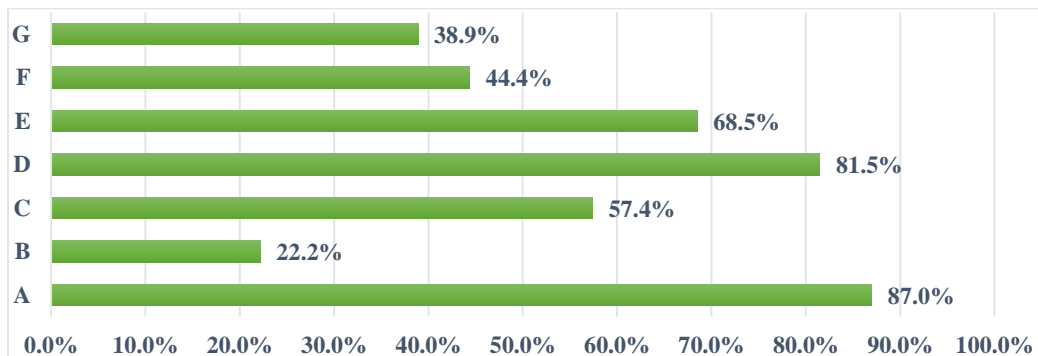
14. Como se mencionó en el enunciado la sostenibilidad tiene 3 dimensiones, ¿En un contexto Colombiano, cuales considera usted que son los 4 principales factores ECÓNICOS a tener en cuenta al momento de construir una edificación sostenible?

- A. Costos laborales.
- B. Uso eficiente de los materiales.
- C. Consumo de energía y combustibles de actividades relacionadas con la obra.
- D. Costo del agua embebida.
- E. Seguridad del proyecto: Asegurar que el proyecto no representa peligros para el sector.
- F. Costos administrativos.
- G. Costos de capacitaciones de los empleados.
- H. Impactos en la economía local, por ejemplo, reducción de ingresos a los vecinos.



15. Como se mencionó en el enunciado la sostenibilidad tiene 3 dimensiones, ¿En un contexto Colombiano, cuales considera usted que son los 4 principales factores SOCIALES a tener en cuenta al momento de construir una edificación sostenible?

- A. Generación de empleo local.
- B. Garantizar un buen ambiente laboral.
- C. Seguridad y salud para los empleados.
- D. Afectaciones a la población impactada, por ejemplo, vecinos, trabajadores, entre otros.
- E. Mejora y preservación de la infraestructura existente.
- F. Comunicación con la comunidad para solucionar PQR.
- G. Seguridad al entorno para evitar delincuencia y riesgos durante la ejecución de la construcción.

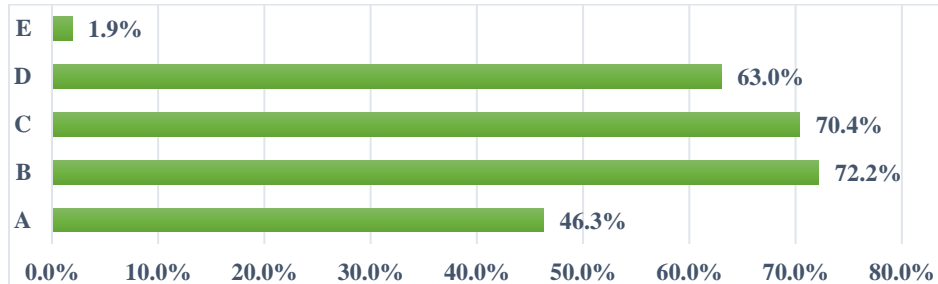


16. ¿Qué procesos BIM se deben tener en cuenta para garantizar el alcance al momento de construir la edificación sostenible?

- A. Creación de un nuevo BEP para la obra.
- B. Que la información esté debidamente coordinada garantizando la fiabilidad de la misma.
- C. Reuniones con los *Stakeholders* involucrados en esta fase para asegurar su involucramiento.

D. Definir criterios de aceptación basados en la información generada en el diseño.

E. BIM no debe tenerse en cuenta en la construcción.



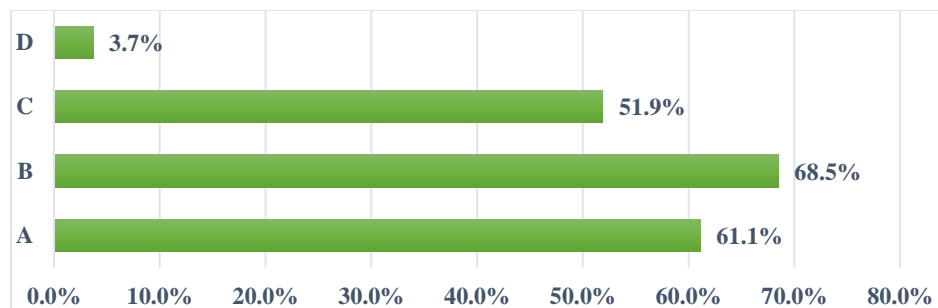
17. Con base en su experiencia, ¿Cómo se puede monitorear el control de cronograma del proyecto usando BIM?

A. Mediante los modelos BIM se compara si los entregables cumplen los requerimientos.

B. Se comparan las líneas base (Alcance, Cronograma, Recursos, Tiempo) con los modelos *As Built*.

C. Uso de Herramientas BIM como la realidad mixta para el Control.

D. BIM no debe tenerse en cuenta en el control de cronograma.



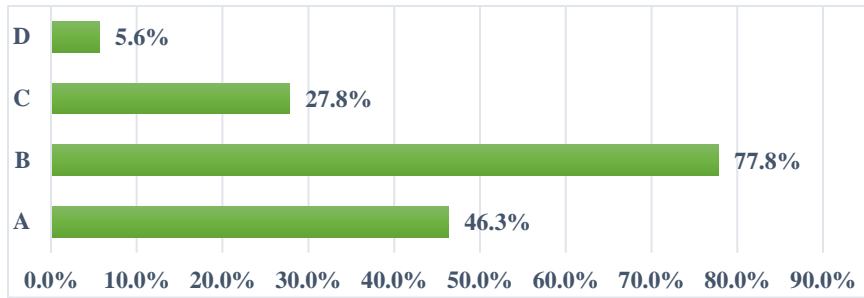
18. Con base en su experiencia, ¿Cómo se puede monitorear el control de costos del proyecto usando BIM?

A. Solo incurrir en los costos reportados en los modelos *As Built*.

B. Mediante modelos 3D para informar el flujo de caja proyectado vs el ejecutado.

C. Usando técnicas tradicionales.

D. BIM no debe tenerse en cuenta en el control de costos.



19. ¿Qué usos BIM se deben solicitar a los contratistas constructores en un proyecto de construcciones sostenibles?

A. Levantamiento de condiciones existentes.

B. Estimación de cantidades y costos.

C. Planificación de fases.

D. Coordinación 3D.

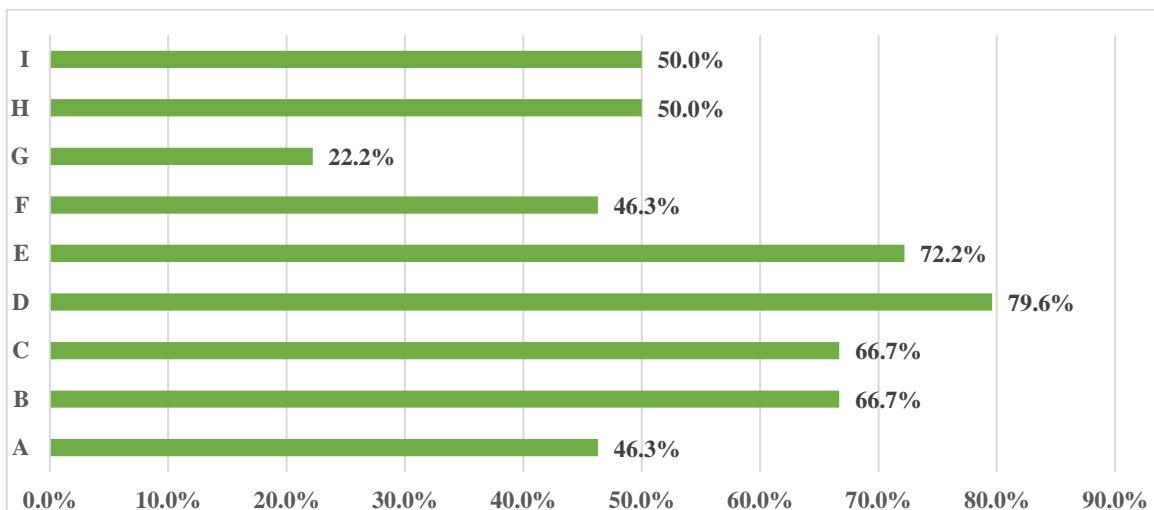
E. Planificación de obra.

F. Diseño de sistemas constructivos.

G. Fabricación digital.

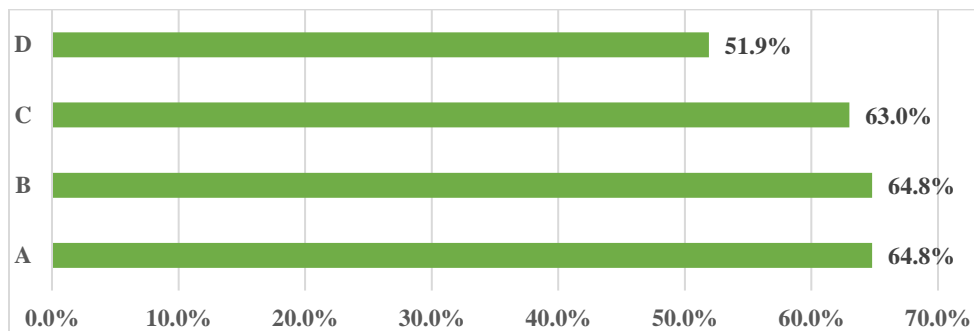
H. Control de obra.

I. Modelación *As-Built*.



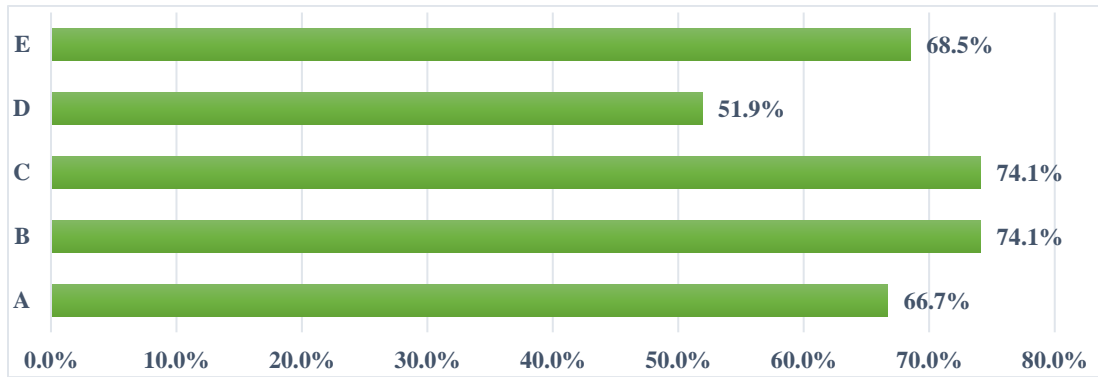
20. ¿Qué se debe tener en cuenta para el control de calidad de la información en la fase de construcción?

- A. Establecer criterios de aceptación de los modelos para los usos que se van a destinar.
- B. Crear políticas contractuales para el seguimiento de los avances mediante los modelos BIM.
- C. Uso de modelos BIM para asegurar la calidad de los materiales y procesos hechos en obra.
- D. Verificación del cumplimiento de requerimientos en los modelos *As Built*.



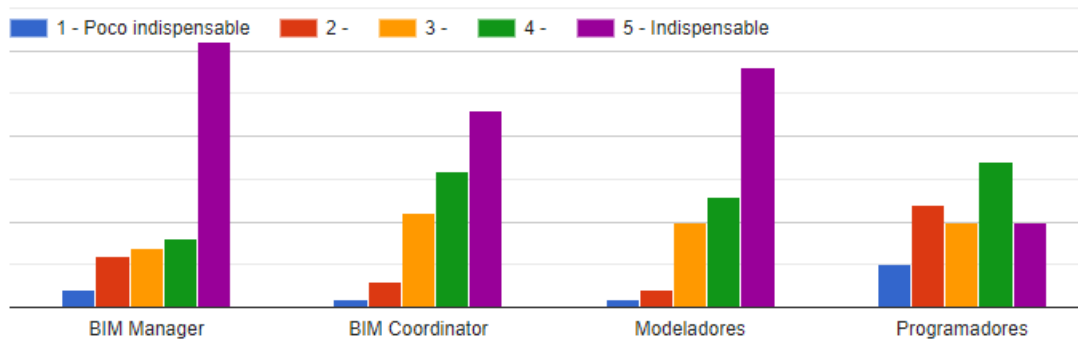
21. Teniendo en cuenta que el éxito de un proyecto BIM está en la comunicación y que está debe darse mediante la definición de un Entorno Común de Datos ¿Qué características debería tener el Entorno Común de Datos para lograr la triple restricción?

- A. Visualización de documentos.
- B. Visualización de modelos.
- C. Trazabilidad de los cambios.
- D. Permisos según el usuario.
- E. Disponibilidad de la información en tiempo real.




22. Teniendo en cuenta que 1 es Poco indispensable y 5 es Indispensable. Priorice los roles BIM que son esenciales para el desarrollo de un proyecto de construcciones sostenibles.

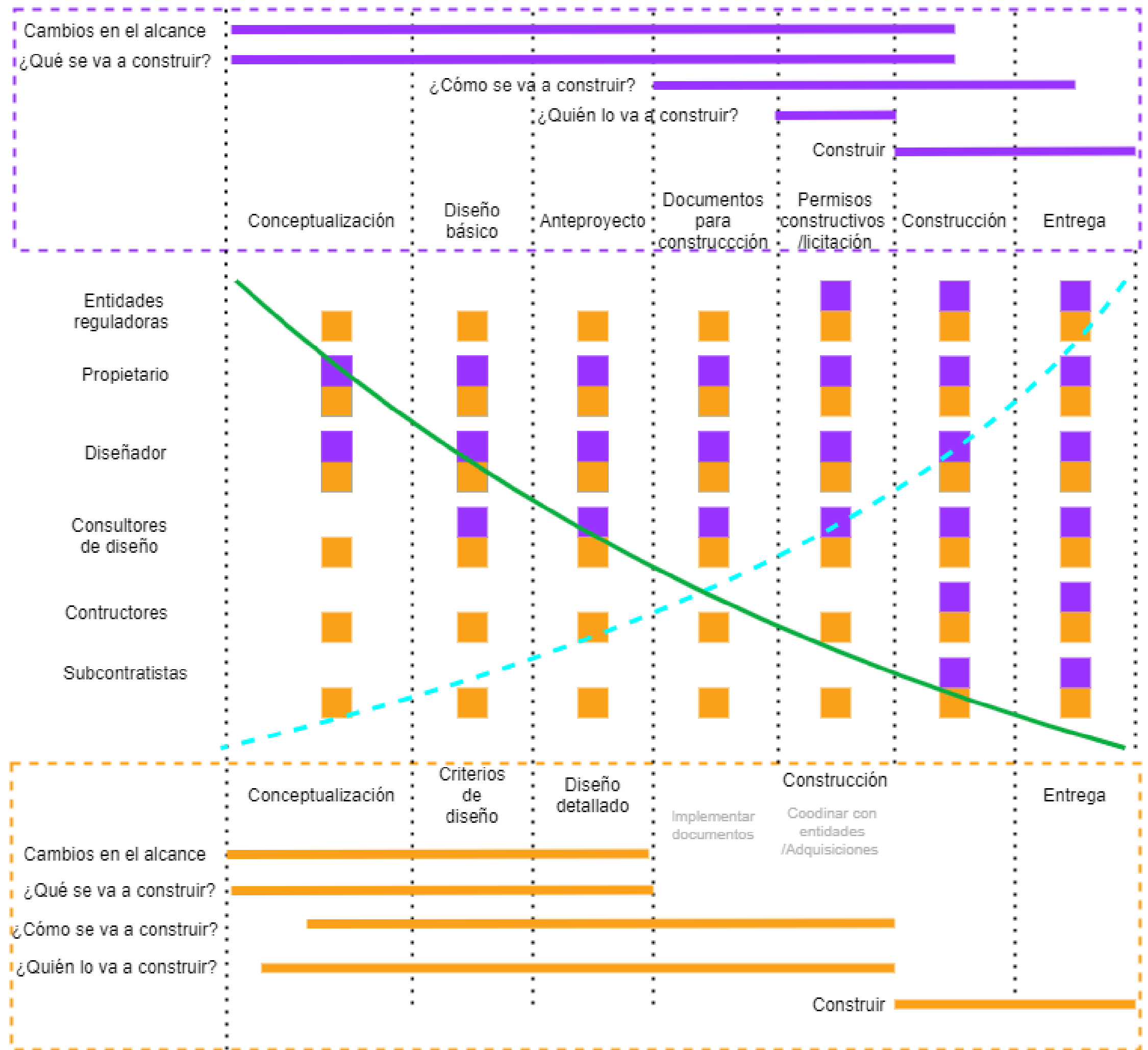
	1 - Poco indispensable	2 -	3 -	4 -	5 - Indispensable
BIM Manager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM Coordinator	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modeladores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>





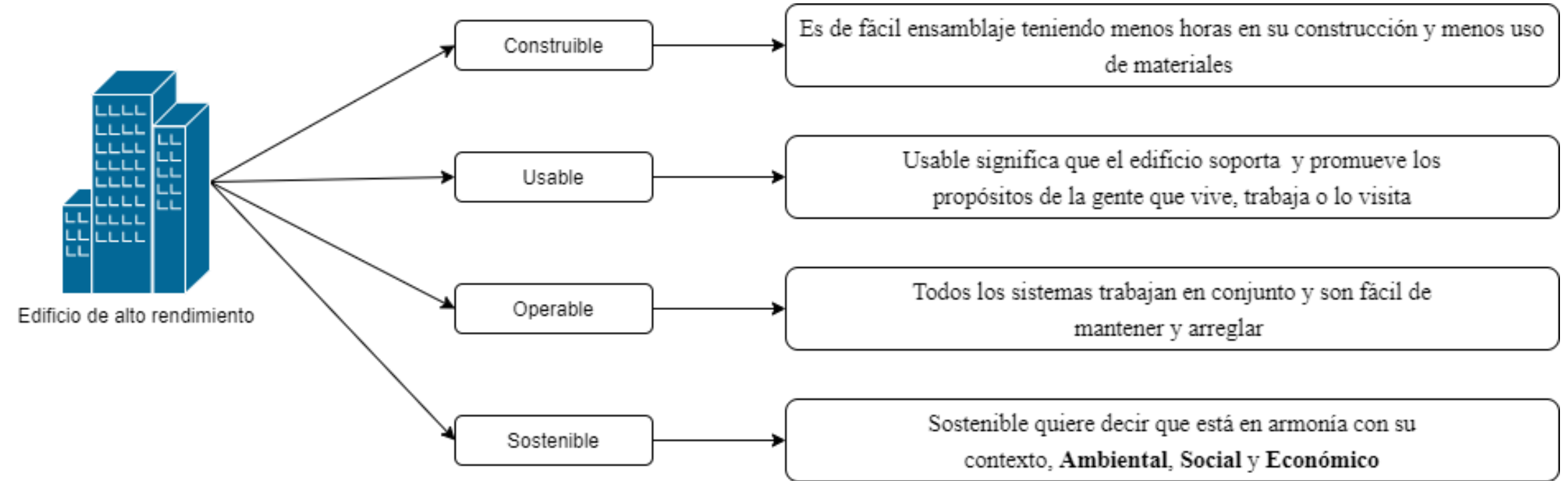


GUÍA METODOLÓGICA PARA LA  
GERENCIA DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES  
SOSTENIBLES EN COLOMBIA INTEGRANDO  
BIM - ETAPAS DE PLANEACIÓN Y  
MONITOREO Y CONTROL

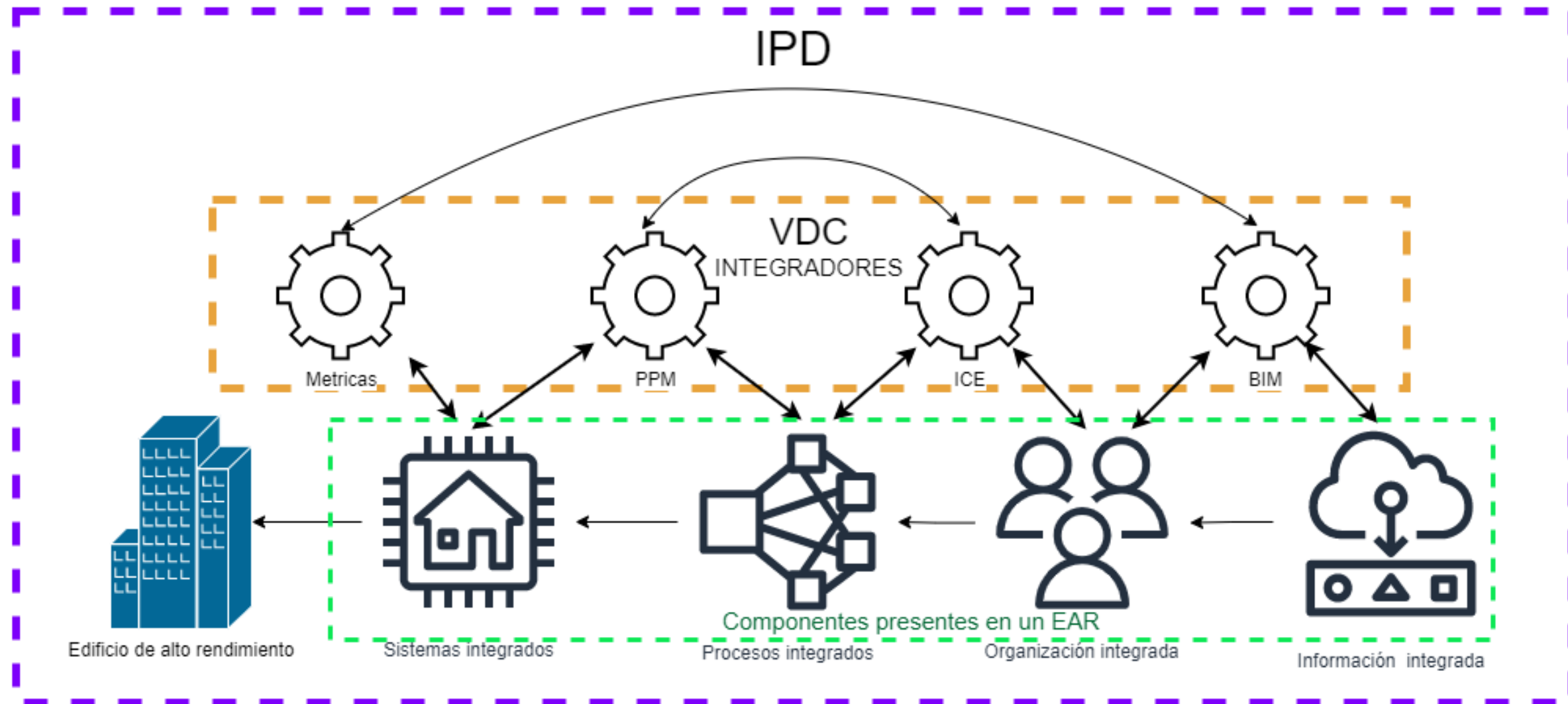


Comparación entre modelo de desarrollo de proyectos de construcción tradicional vs modelo IPD

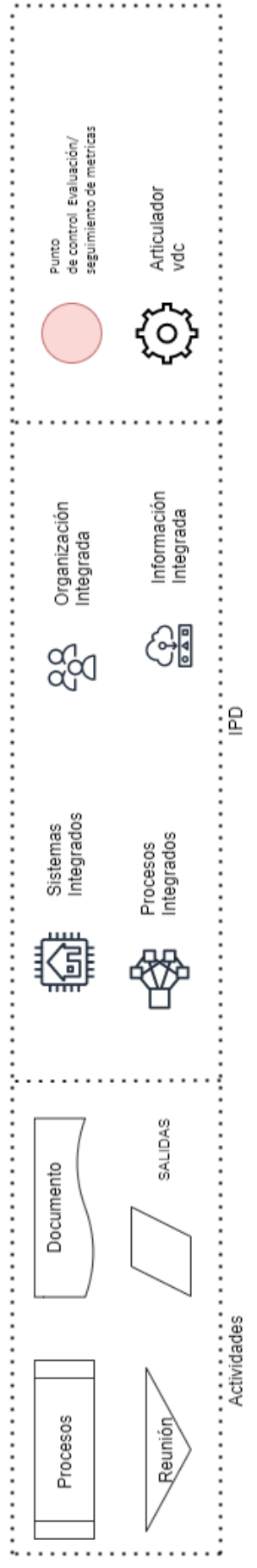
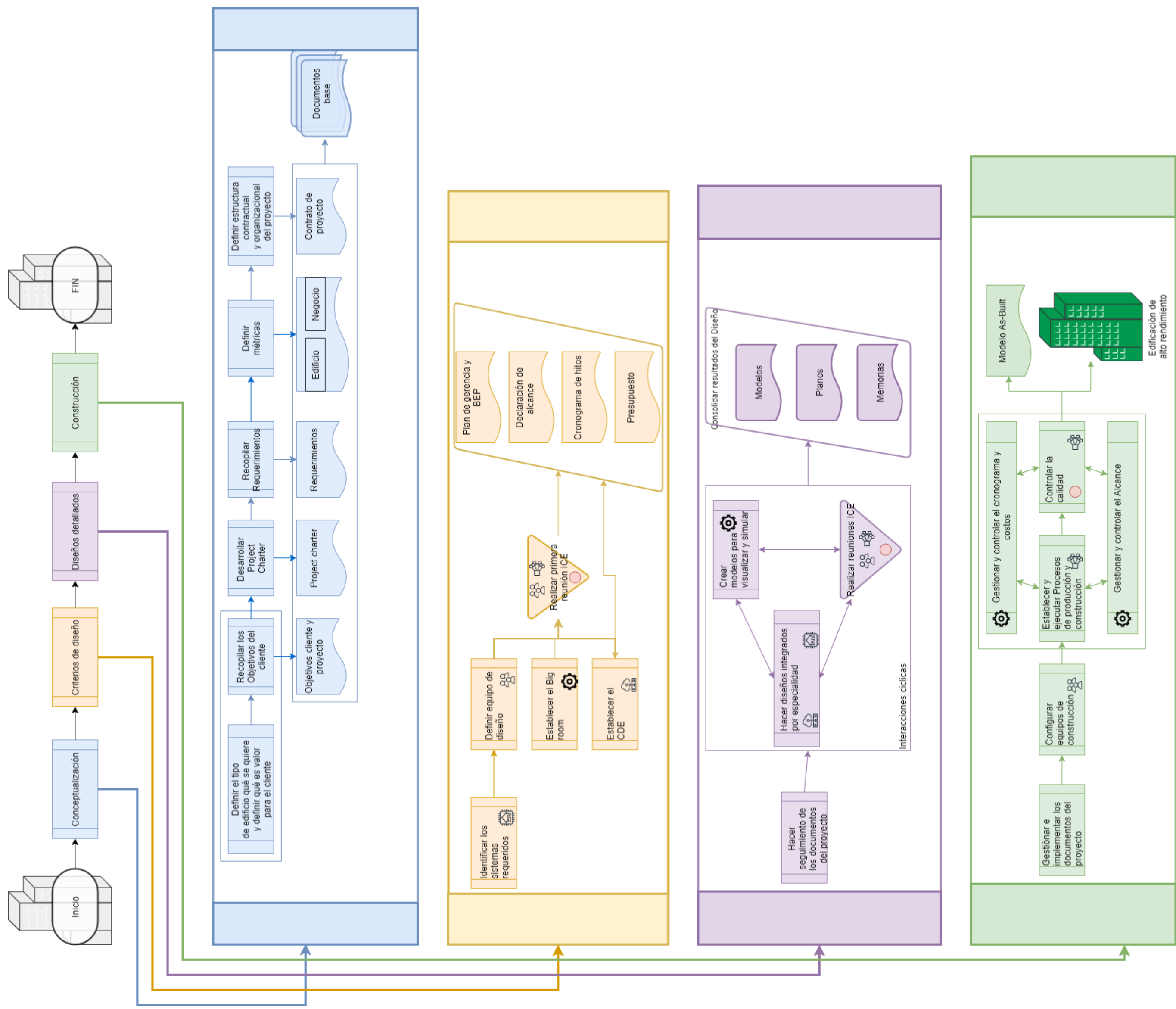
## Edificios de Alto Rendimiento

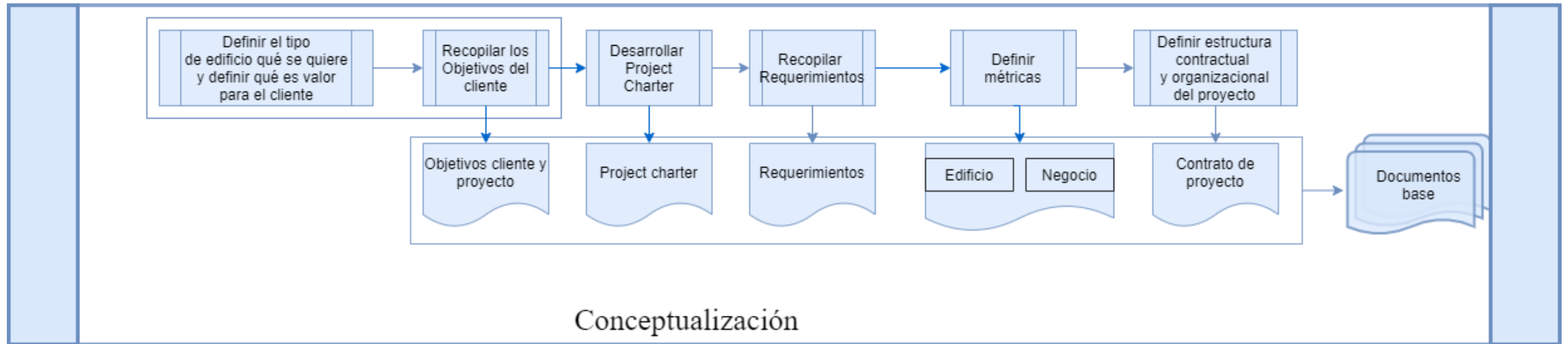


## Componentes del marco de desarrollo de proyectos IPD

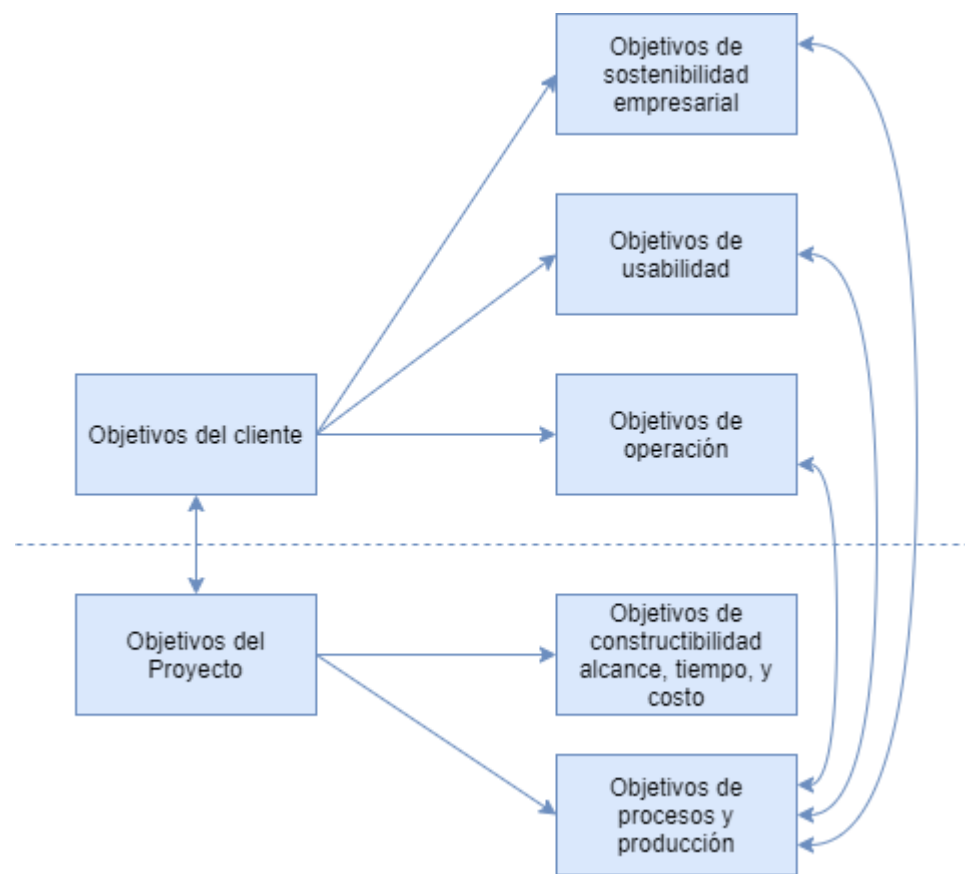


# Ciclo de desarrollo propuesto

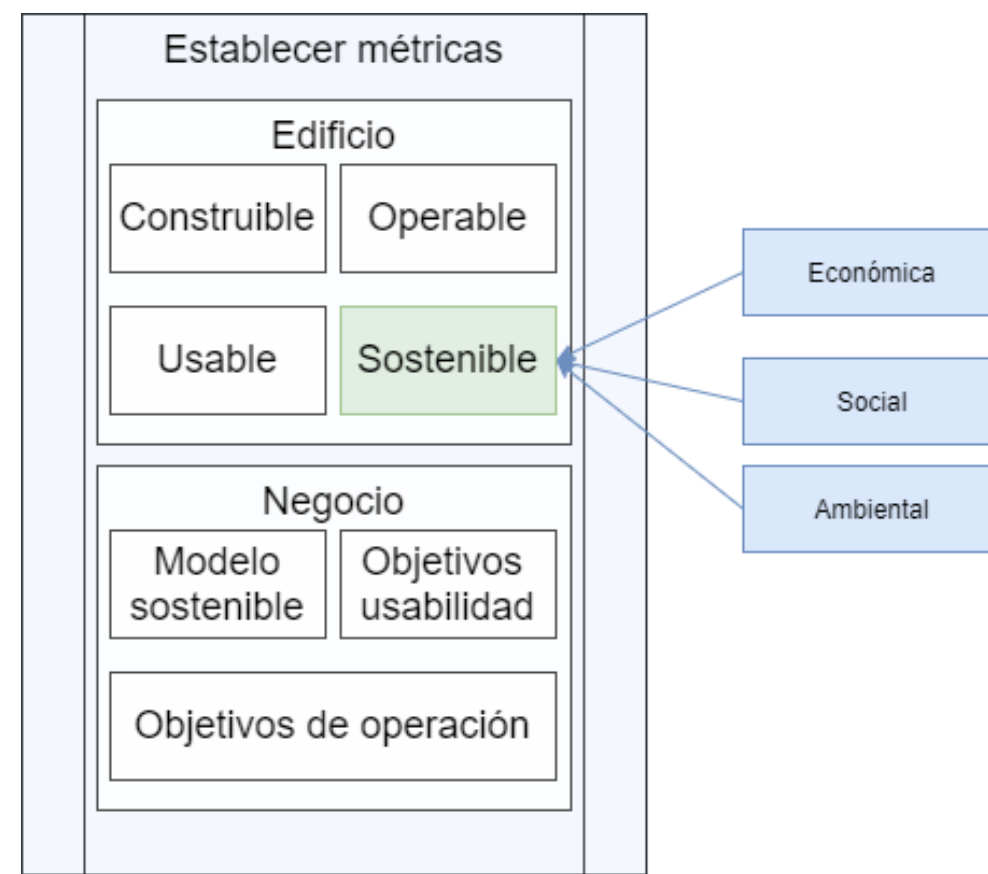




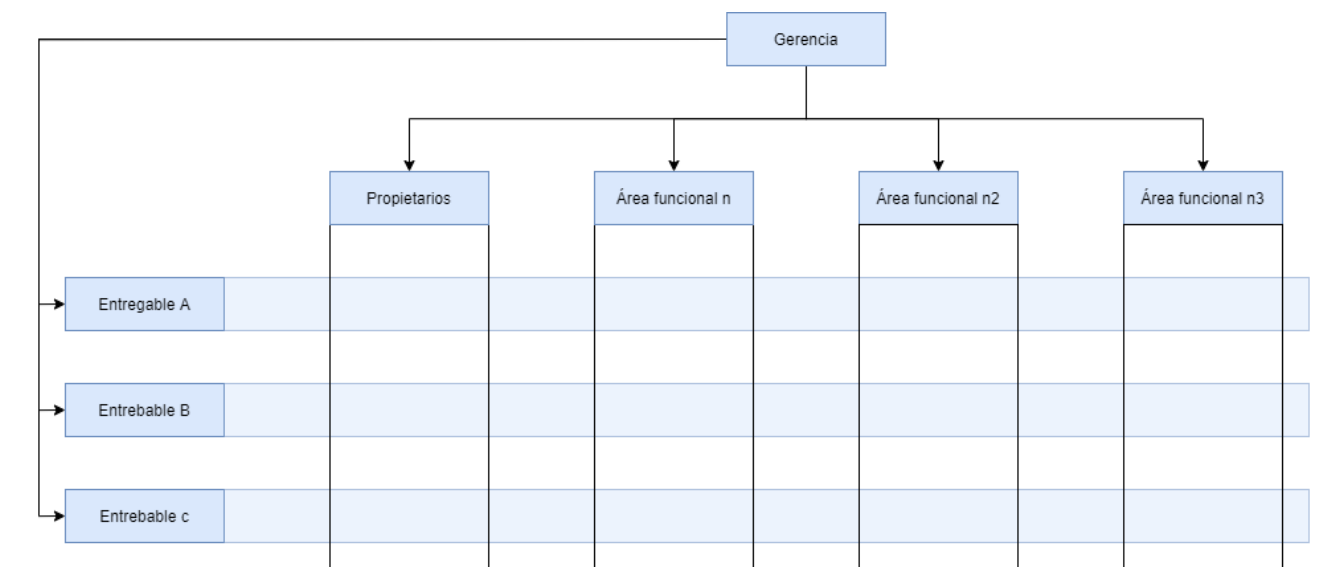
Macroproceso Conceptualización



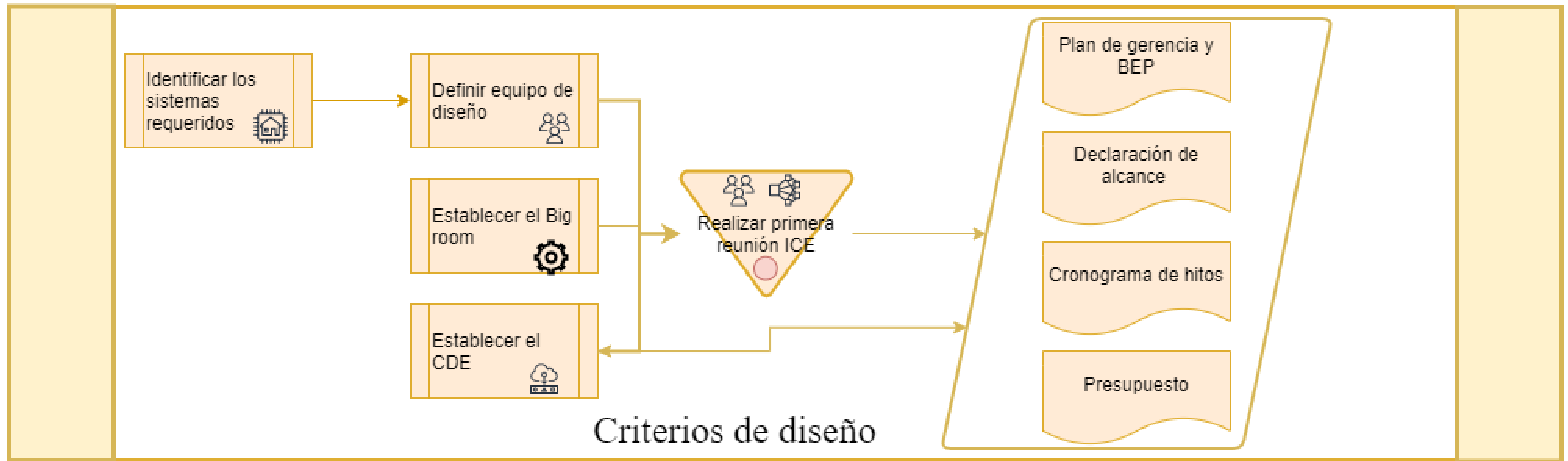
Recopilar objetivos



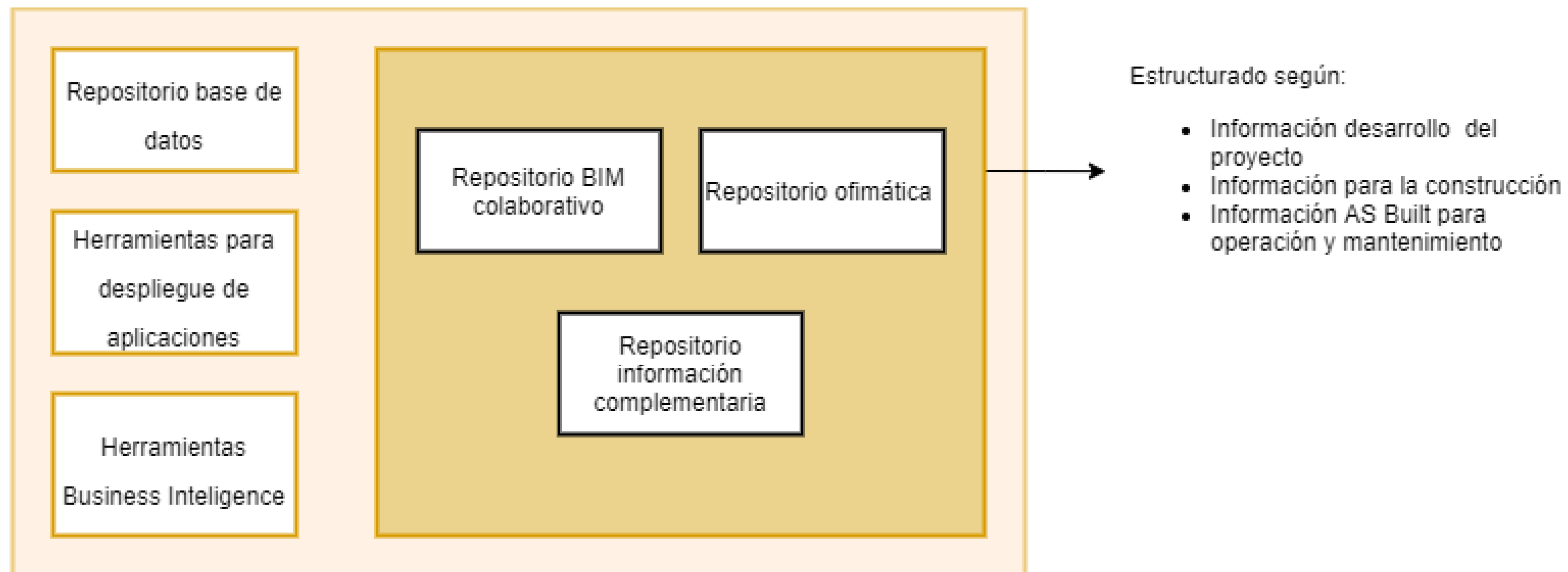
Definir métricas



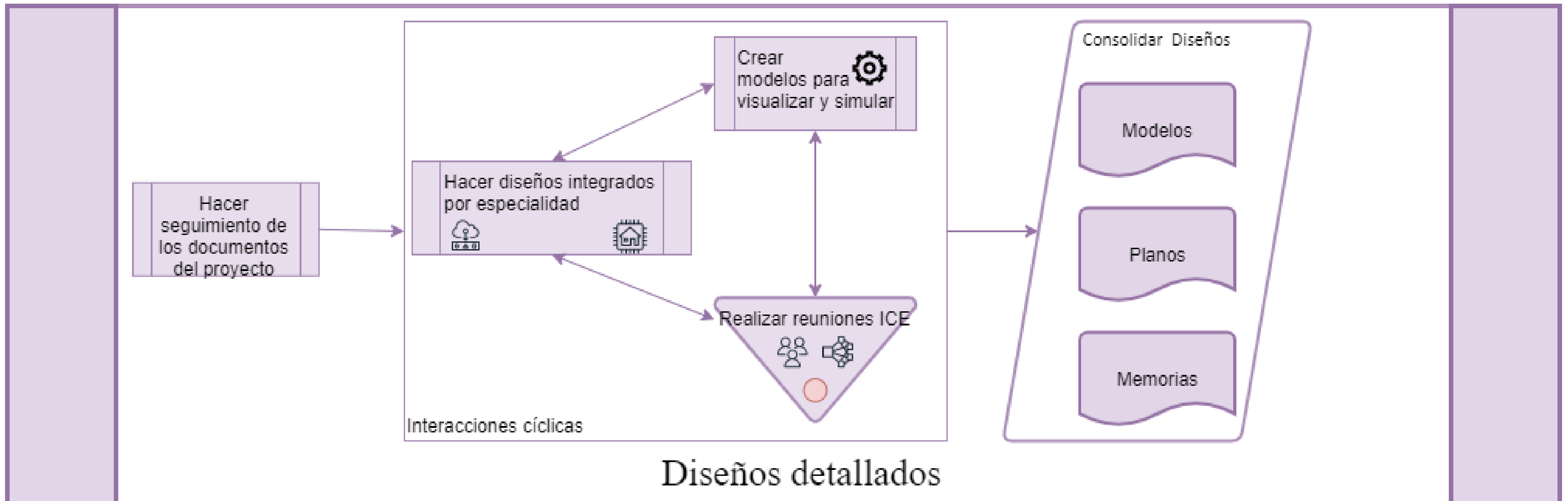
Estructura matricial enfocada en entregables



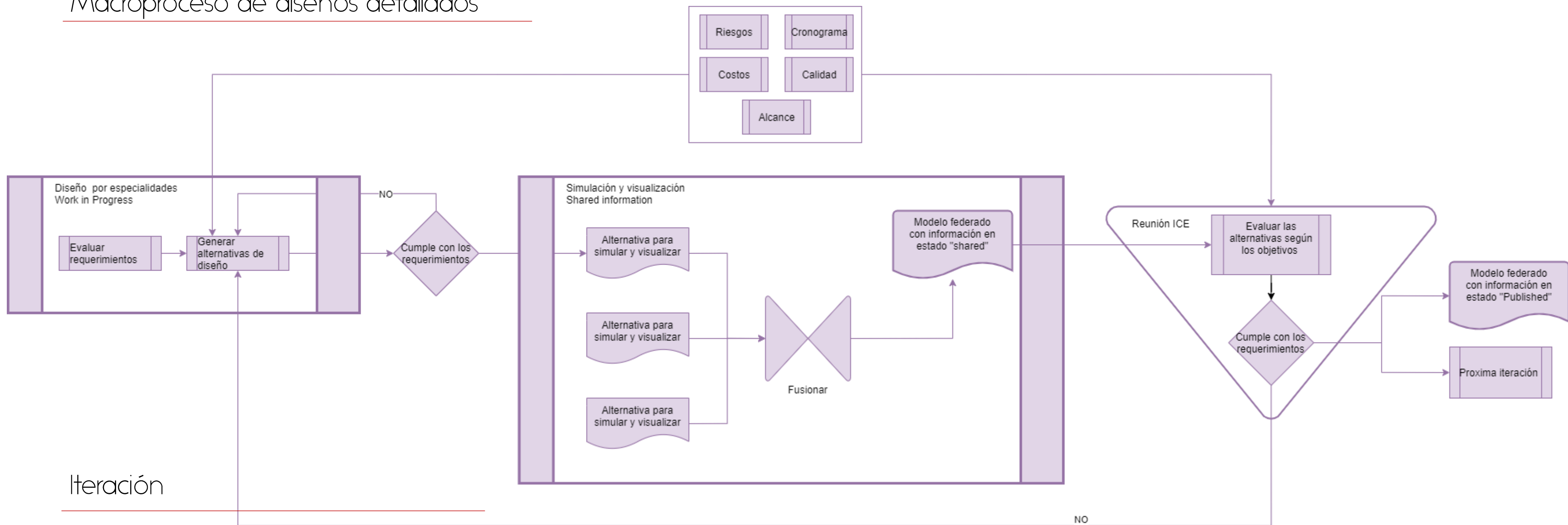
### Macroproceso criterios de diseño



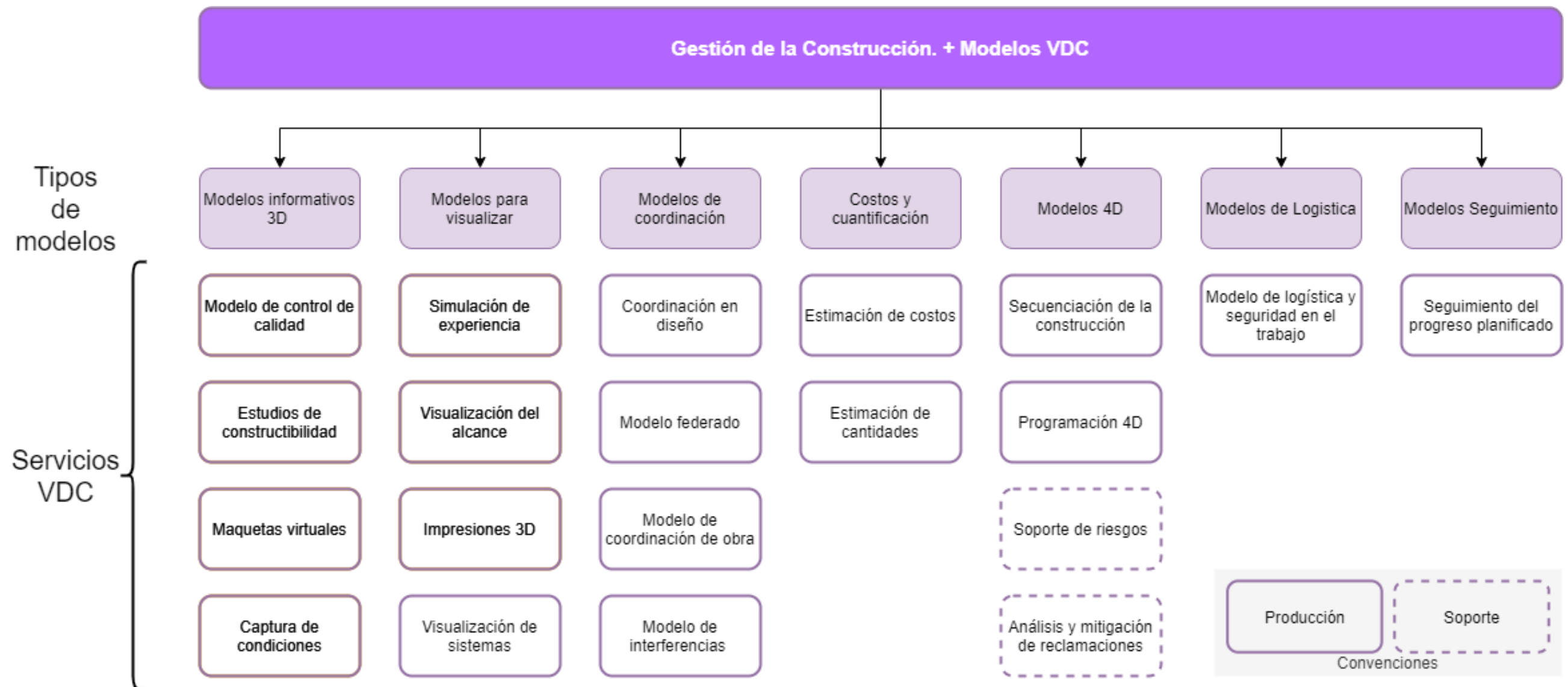
### Ejemplo de una estructura de CDE



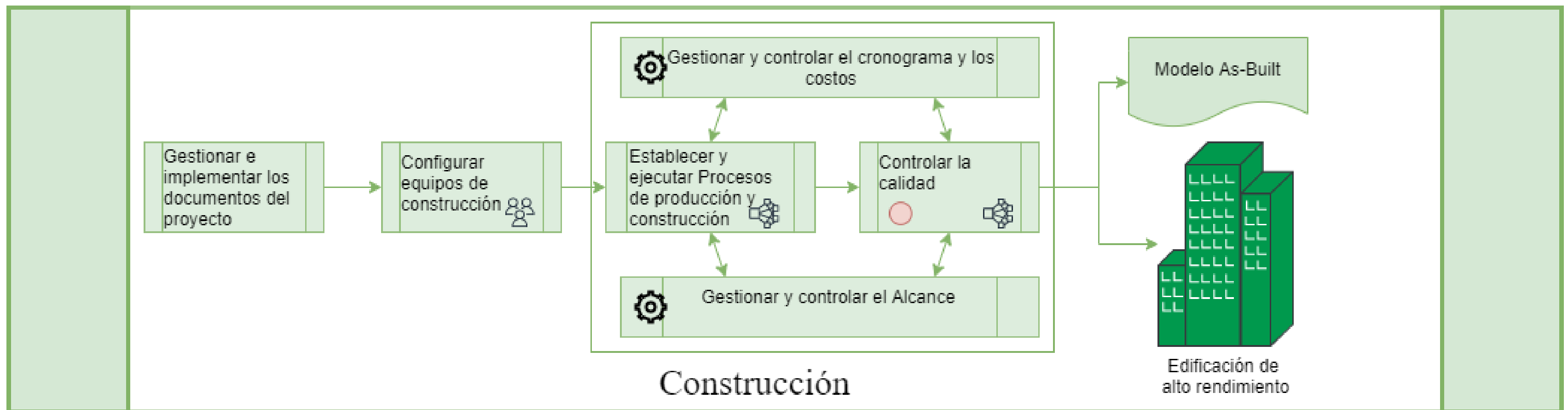
Macroproceso de diseños detallados



Iteración



Modelos BIM y servicios VDC



Macroproceso de construcción