



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD: CIENCIAS LOGÍSTICAS**

**TRABAJO DE GRADO**

**SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LA DIRECCIÓN DE  
PROYECTOS DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EN PANAMÁ.**

**PROYECTO DE TRABAJO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO:  
INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

Tutor: Erick Ramos

Autor: Jorge Fernando Salazar Vélez

**Ciudad de Panamá, julio del 2022**



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD: CIENCIAS LOGÍSTICAS**

**TRABAJO DE GRADO**

**SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LA DIRECCIÓN DE  
PROYECTOS DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EN PANAMÁ.**

**PROYECTO DE TRABAJO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO  
INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

Autor: Jorge Fernando Salazar Vélez

**Ciudad de Panamá, julio del 2022**



**Carta de aprobación del tutor (para la presentación del trabajo de grado relacionado de titulación de Licenciatura**

Ciudad de Panamá, 25 de junio de 2022

Profesor

Nagib Yassir

Coordinador Titulación de Estudios de Grado y Postgrado

Presente

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado de Maestría, presentado por el Bachiller, Jorge Fernando Salazar Vélez, con documento de identidad E-8-149623, para optar al grado de, Licenciatura en Ingeniería Industrial considero que el trabajo: reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.

Atentamente,

---

Erick Ramos

Documento de identidad No.

Línea de Investigación:

Administración y Gestión de Proyectos

**Informe de actividades de tutoría opción de titulación de trabajo de grado de licenciatura.**

**Carrera de Licenciatura:** Ingeniería Industrial con énfasis en Calidad y Productividad

**Estudiante:** Jorge Fernando Salazar Vélez

**Tutor:** Prof. Erick Ramos

**Título del trabajo de grado:** Situación actual de la implementación BIM para la Dirección de Proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá.

**Línea de Investigación:** Administración y Gestión de Proyectos

<b>SESION</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA REUNIÓN.</b>	<b>ASPECTO TRATADO</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.	11-feb-22	8PM	Revisión de progreso	Ajustes a ejecutar
2.	06-mar-22	8PM	Revisión de progreso	Ajustes a ejecutar
3.	04-abr-22	8PM	Revisión de progreso	Ajustes a ejecutar
4.	25-abr-22	8PM	Revisión de progreso	Ajustes a ejecutar
5				

**Título definitivo:**

Situación actual de la implementación: Metodología BIM para la Dirección de Proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá.

**Comentarios finales acerca de la investigación:** Declaramos que las especificaciones anteriores representan el proceso de dirección del trabajo de grado arriba mencionado.

Media Firma

Media Firma

---

---

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quisiera agradecer a mi esposa quien, con paciencia, apoyo incondicional, y sacrificio, fue la persona que me incentivó a iniciar este reto, trabajar en él, y conquistar este objetivo de vida. De igual manera agradezco a mi familia que a la distancia me incentivaron a seguir adelante a lo largo de este proceso.

También quiero agradecer a los a los profesionales panameños de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, quienes con mucho interés participaron en la encuesta realizada, aportando valiosa información que permitió desarrollar y concluir esta investigación.

De igual forma, mis agradecimientos a los maestros de la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología por su guía a lo largo de estos años que, me permitieron alcanzar la fase final de este objetivo propuesto años atrás.

## ÍNDICE GENERAL

Carta de aprobación del tutor (para la presentación del trabajo de grado relacionado de titulación de Licenciatura.....	2
Informe de actividades de tutoría opción de titulación de trabajo de grado de licenciatura.....	3
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE GENERAL.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO O ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	13
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL.....	16
3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA.....	57
4. CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS E INFORMACIÓN	
59	
5. V. CONCLUSIONES.....	69
6. VI. RECOMENDACIONES.....	74
7. REFERENCIAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8. ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de vida de un proyecto, adaptación del (PMBOK Guide, 2013) .....	17
<b>Figura 2.</b> Grupos de proceso de un proyecto. Fuente adaptación propia del (PMBOK Guide, 2013) .....	17
<b>Figura 3.</b> Ejemplo Ciclo de vida predictivo de un proyecto. Fuente: (PMBOK Guide, 2013), adaptación del investigador .....	19
<b>Figura 4.</b> Flujo de datos de información e informes del Proyecto Fuente: (PMBOK Guide, 2013) .....	20
<b>Figura 5.</b> Cronograma con las actividades necesarias para la ejecución del proyecto de construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador) .....	24
<b>Figura 6.</b> Recursos estimados para ejecutar la actividad de Pilotes E5 Eje 43 en el tiempo estimado (fuente: Elaboración del investigador).....	25
<b>Figura 7.</b> Curva S de un proyecto de construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador) .....	26
<b>Figura 8.</b> Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento Fuente: (Ambriz Avelar, 2008).....	28
<b>Figura 9.</b> Representación de información incompatible, inconsistente o redundante. Fuente: (Hamil, 2012).....	30
<b>Figura 10.</b> Representación de interoperabilidad de la información. Fuente: (Hamil, 2012) .....	31
<b>Figura 11.</b> Desarrollo de BIM Fuente: (Ahmad L., Brahim, J. & Fathi, M. (2014), 2014).....	33

<b>Figura 12.</b> Dimensiones BIM. Fuente: (HidebrandtGruppe, 2016) .....	37
<b>Figura 13.</b> BIM Dimensiones. Fuente: (Triantafilo, 2021) .....	39
<b>Figura 14.</b> Simulación, construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador, (Fernando Salazar Vélez (Primavera P6-PM) (CAPM), 2021). .....	42
<b>Figura 15.</b> Países que exigen el uso de BIM Fuente: (AUTODESK, 2022).....	43
<b>Figura 16.</b> Trayectoria en el uso de BIM Fuente: (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020) .....	45
<b>Figura 17.</b> Trayectoria en uso de BIM por país (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020) .....	46
<b>Figura 18.</b> Comisión BIM Fórum Panamá. Fuente: (BIM Fórum Panamá, 2018).....	48
<b>Figura 19.</b> Una carrera con la realidad Fuente: (Autodesk Corporate Business Partner, MWH) .....	50
<b>Figura 20.</b> Seguimiento online ejecución del proyecto: Tercera Línea de Transmisión Eléctrica. Fuente, Elaboración del investigador. ....	51
<b>Figura 21.</b> Departamento o área en la que se ha especializado o colaborado. Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	59
<b>Figura 22.</b> Cuál es su rango de años de experiencia? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	60
<b>Figura 23.</b> Está familiarizado con los conceptos de la dirección de Proyectos? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	60
<b>Figura 24.</b> Ha aplicado la Dirección de Proyectos en su área de trabajo o departamento? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	61

<b>Figura 25.</b> Que área de conocimiento ha aplicado durante su vida laboral en los proyectos que ha colaborado. Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	61
<b>Figura 26.</b> Qué herramientas tecnológicas o software ha utilizado durante su carrera profesional Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	62
<b>Figura 27.</b> Está familiarizado con los conceptos y metodologías BIM (Building Information Model). Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms.....	63
<b>Figura 28.</b> Ha utilizado o ha participado en la utilización de las herramientas BIM en los proyectos que ha colaborado? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms.....	64
<b>Figura 29.</b> En que fases o áreas de BIM tiene usted experiencia o ha colaborado? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	65
<b>Figura 30.</b> Hace cuantos años conoció sobre la existencia de las herramientas tecnológicas BIM? Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms. ....	66
<b>Figura 31.</b> Para la implementación de BIM en proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, a su criterio, cual es el esfuerzo que se necesita hacer para su implementación. Fuente: respuestas de encuesta Goggle Forms.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos.....	22
Tabla 2. WBS o EDT (Estructura de desglose del Trabajo).....	23
Tabla 3. Enriquecimiento de información del elemento Puerta .....	31
Tabla 4. Definiciones fundamentales de los LOD .....	35
Tabla 5. Definiciones fundamentales de los LOD (interpretación BIM Forum).....	36
Tabla 6. Correlación entre los LOD y las dimensiones BIM.....	39

Tabla 7. Correlación Dirección de Proyectos – Metodología BIM .....	40
Tabla 8. Interrelación de procesos Dirección de Proyectos – Metodología BIM .....	40

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene el propósito de ser una guía de consulta sobre la situación actual de la implementación de la Metodología BIM en la Dirección de Proyectos, aplicados a la Arquitectura, Ingeniería y Construcción Panamá, la cual pueda ser consultada por los interesados de la industria que necesiten conocer sobre estos progresos que permita la toma de decisiones para el desarrollo de la Metodología BIM en Panamá.

Para alcanzar este objetivo, se planea realizar una investigación detallada sobre la utilización de la Gestión de Proyectos y la Metodología BIM, con esto se prevé conocer las ventajas de su implementación, su trascendencia, comprender los procesos internos que las componen, sus estructuras, así como otras informaciones que nos permitan obtener un entendimiento claro de cómo trabajan estas herramientas.

Adicional, se evaluará la capacidad de compatibilidad entre estas dos herramientas, para su aplicación de trabajo integrada, determinando su potencial y valor agregado aplicado a la ejecución de proyectos de la industria de la construcción.

Parte de la investigación comprenderá, la realización de una encuesta a profesionales relacionados con la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá, con el objetivo de determinar, el nivel de conocimiento y experiencia de los encuestados, en el uso y aplicación de las herramientas de la Dirección de Proyectos y Metodología BIM.

La información obtenida, permitirá también determinar el nivel de implementación de la metodología BIM en Panamá y compararla con el resto de América y el mundo.

Además se determinarán los pasos o esfuerzos que se necesitarían, para conseguir una correcta implementación de las herramientas de la Metodología BIM, que permitan a Panamá ubicarse al mismo nivel de desarrollo de los países líderes en la utilización de esta herramienta tecnológica, y de esta manera poder ser un país competitivo a la hora de ejecutar proyectos Construcción de gran escala, logrando desarrollar la infraestructura necesaria, que permitan a Panamá mantenerse integrado con el resto del mundo

globalizado en áreas como la logística, de transporte comercial, comunicación, entre otras.

## **1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO O ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Objetivo general**

Determinar el desarrollo actual de la implementación de la Metodología BIM en proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá, durante los ciclos de vida o etapas de: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, Cierre, y determinar las acciones que se requieren para lograr una implementación integral en el futuro próximo de esta tecnología.

### **1.2. Objetivos específicos**

Evaluar los procesos establecidos que se utilizan actualmente para la Dirección de Proyectos de Construcción durante su ciclo de vida hasta su finalización.

Evaluar los procesos establecidos para la implementación de la Metodología BIM, y su impacto en la Dirección de Proyectos aplicado a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá.

Determinar las ventajas, desventajas y esfuerzos necesarios que generaría la implementación de las herramientas de la Metodología BIM dentro del ciclo de vida de un proyecto.

Determinar las acciones o pasos a seguir que se necesitan, para lograr una implementación de las herramientas de la Metodología BIM integral que permita a su vez, optimizar la gestión y control de proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá.

### **1.3. Justificación**

En la actualidad, la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción representa un importante aporte a las economías de los países a nivel mundial, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados, de acuerdo a (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2018) esta industria “alcanza ingresos anuales promedio de casi 10 billones de dólares y un valor agregado de 3.6 bdd. En países en vías de desarrollo, esta industria suma cerca del 5% del PIB, mientras que en países

desarrollados alcanza hasta un 8%. Actualmente, más de 100 millones de personas se encuentran empleadas en la industria de la Construcción en todo el mundo”.

Hoy por hoy, la industria de la Construcción debe atender las necesidades de una población mundial en creciente desarrollo, lo que ha incrementado constantemente, la cantidad de soluciones de infraestructura necesarias para atender las crecientes necesidades de la población, por lo tanto, la implementación de herramientas tecnológicas que permitan desarrollar y mejorar el rendimiento de ejecución de proyectos de infraestructura resulta una necesidad. Así también lo describe (AUTODESK, 2021) “Según la ONU, en 2050, la población mundial será de 9,7 mil millones. La industria global de AEC debe buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir no solo como un medio de estar al día con la demanda global, sino para ayudar a crear espacios que sean más inteligentes y también más duraderos.”

La aplicación de normas y procedimientos estandarizados para la Dirección de Proyectos en las diferentes industrias es actualmente, ampliamente utilizada por su eficacia, incluida también, la industria de AEC. Las herramientas de control de la Dirección de Proyectos permiten el adecuado seguimiento y corrección del desarrollo de los proyectos durante su ciclo de vida hasta su finalización, estas normas y procedimientos han evolucionado junto con el desarrollo de las diferentes industrias para atender sus exigencias de mejora continua, siendo en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción una de las más utilizadas.

Actualmente, en Panamá, se incluye como un requisito en la licitación para ciertos proyectos de construcción del estado, la implementación de herramientas de la Metodología BIM para su ejecución.

Debido a la necesidad de realizar obras de Construcción cada vez más complejas y con plazos limitados, la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, ha necesitado innovarse constantemente, debiendo crear soluciones tecnológicas como BIM, las cuales permiten que actividades o acciones que antes se realizaban de forma separada por los diferentes departamentos, sean integradas en un trabajo colaborativo y automatizado, además de presentar otras propiedades y ventajas para la optimización

de los procesos de control de proyectos, los cuales serán evaluados más adelante en esta investigación.

Sin embargo, al tratarse de soluciones tecnológicas prácticamente recientes, con un repunte en su utilización en las dos últimas décadas, su implementación ha sido realizada parcialmente, sólo atendiendo ciertas necesidades específicas, solicitadas por los clientes o dueños de los proyectos, lo que resulta en un aprovechamiento parcial de las ventajas ofrecidas por estas nuevas tecnologías, las cuales sin embargo están siendo implementadas ya a nivel mundial y que en el futuro serán tecnologías obligatorias para mantener la competitividad en el desarrollo de los proyectos de construcción, en un mundo cada vez más interconectado y competitivo.

Por las ventajas demostradas por esta tecnología, cada vez son más los países que lo incluyen como requisito para el desarrollo de sus proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción, entre estos podemos citar: Reino Unido, Brasil, Rusia Chile; y otros que planean ya su implementación como: Perú, España, China.

En lo referente a Panamá, durante la década pasada se ha implementado de forma parcial, algunas de las herramientas de la Metodología BIM, en varios proyectos de construcción del estado, a modo de ensayo si se puede decir, sin implementar completamente todas sus ventajas o funciones en las diferentes áreas y fases de los proyectos, lo que resulta en un beneficio parcial de las ventajas que ofrece esta nueva tecnología, a pesar de esto, ya en las licitaciones para nuevos proyectos, se incluye como un requisito su implementación en los proyectos a ejecutarse.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL**

### **2.1. Descripción de la Dirección de Proyectos**

#### **Introducción a la Dirección de Proyectos**

Teniendo en cuenta que la Dirección de Proyectos actualmente es utilizada ampliamente por diferentes industrias para la ejecución de sus proyectos, en esta investigación se realizará una revisión general sobre sus beneficios, procedimientos, y procesos.

A nivel mundial una importante cantidad de empresas de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, han venido aplicando los conocimientos de la Dirección de Proyectos para ejecutar y controlar sus proyectos, el Project Management Institute (PMI), describe en el (PMBOK Guide, 2013) los siguiente: “la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto.”

Para poder alcanzar el éxito en la ejecución de un proyecto, el (PMBOK Guide, 2013) describe en su libro lo siguiente: “Dado que los proyectos son de naturaleza temporal, el éxito de un proyecto debe medirse en términos de completar el proyecto dentro de las restricciones de alcance, tiempo, costo, calidad, recursos y riesgo, tal y como se aprobó por los directores del proyecto juntamente con la dirección general.”

En resumen, se puede determinar que la aplicación de los conocimientos estandarizados del PMBOK Guide, nos permite mantener la ejecución proyectos en curso y de acuerdo con lo planificado, realizado mediciones periódicas de control durante su ciclo de vida, las cuales permiten detectar desviaciones, que a su vez nos permiten realizar las acciones correctivas necesarias que permitan alcanzar las metas o hitos planeados hasta finalizar exitosamente un proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto presenta una estructura genérica descrita en (PMBOK Guide, 2013), de la siguiente manera: “Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la siguiente estructura genérica de ciclo de vida.

- Inicio del proyecto,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre del proyecto.”

Esta estructura que puede adecuarse de acuerdo a la complejidad y características de los proyectos.



**Figura 1.** Ciclo de vida de un proyecto, adaptación del (PMBOK Guide, 2013)

### Fases y Grupos de Procesos

Un proyecto puede tener una sola fase o dividirse en varias fases, de acuerdo a su complejidad y características. Para la ejecución de la fase o fases de un proyecto, se realizarán una serie de procesos cíclicos que permiten monitorear y controlar el desarrollo de un proyecto a lo largo de su vida.



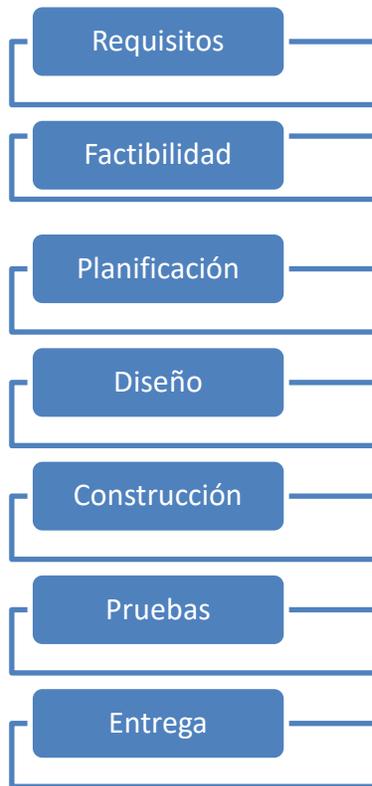
**Figura 2.** Grupos de proceso de un proyecto. Fuente adaptación propia del (PMBOK Guide, 2013)

Para mayor entendimiento de las funciones y utilidades de cada grupo de proceso, se describe de forma resumida las funciones o utilidades de cada uno de estos, de acuerdo al (PMBOK Guide, 2013).

- **“Grupo de Procesos de Inicio.** Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.

- **Grupo de Procesos de Planificación.** Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.
- **Grupo de Procesos de Ejecución.** Aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer las especificaciones del mismo.
- **Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.** Aquellos procesos requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- **Grupo de Procesos de Cierre.** Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los Grupos de Procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase de este.”

Los ciclos de vida predictivos describen con mayor detalle las fases que puede cursar un proyecto durante su ejecución, más adelante en este proyecto evaluaremos como estas fases durante la ejecución del proyecto, pueden relacionarse con las fases o (dimensiones) en la Metodología BIM.



**Figura 3.** Ejemplo Ciclo de vida predictivo de un proyecto. Fuente: (PMBOK Guide, 2013), adaptación del investigador

### **Procesos de la Gestión de Proyectos**

El Project Management Institute, detalla en el (PMBOK Guide, 2013), los procesos de la Dirección de Proyectos los cuales los describe como: “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos.”

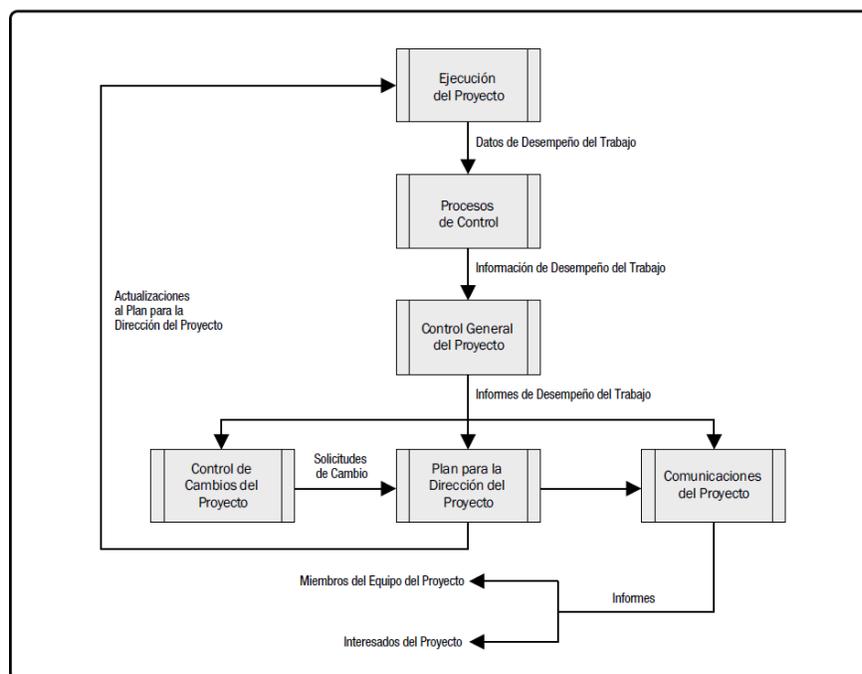
También describe a un proceso como “un conjunto de acciones y actividades, relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen.”

Cabe destacar que cuando se habla de un producto resultado o servicio predefinido, estamos describiendo la ejecución de un proyecto, en este estudio, centrados específicamente en los proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

El (PMBOK Guide, 2013) describe 47 procesos, los cuales pertenecen a 10 Áreas de Conocimiento, estos procesos son ejecutados y controlados durante los diferentes grupos de procesos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Todos los procesos se presentan como elementos definidos, con interfaces específicas, sin embargo, en la realidad, estos procesos constantemente se superponen, se realizan repetidamente y en paralelo unos con otros a lo largo de vida del proyecto.

De forma general, en la gráfica siguiente, se describe la dinámica del flujo de información de un proyecto que se utiliza a través de los diferentes procesos durante la ejecución de un proyecto.



**Figura 4.** Flujo de datos de información e informes del Proyecto Fuente: (PMBOK Guide, 2013)

Las Áreas de Conocimiento son utilizadas ampliamente en la mayor parte de los proyectos, constituyendo en muchos casos, los diferentes departamentos de gestión que

conforman a una empresa, a continuación, se describen la lista de procesos, su relación entre las Áreas de Conocimiento y con los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.

**Tabla 1. Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos**

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
<b>4. Gestión de la Integración del Proyecto</b>	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
<b>5. Gestión del Alcance del Proyecto</b>		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
<b>6. Gestión del Tiempo del Proyecto</b>		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
<b>7. Gestión de los Costes del Proyecto</b>		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
<b>8. Gestión de la Calidad del Proyecto</b>		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
<b>9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</b>		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
<b>10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</b>		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
<b>11. Gestión de los Riesgos del Proyecto</b>		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
<b>12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</b>		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
<b>13. Gestión de los Interesados del Proyecto</b>	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

Fuente: (PMBOK Guide, 2013)

Si bien todas las Áreas de Conocimiento son importantes en la ejecución del proyecto, existen algunas que son esenciales para su definición y ejecución, aspectos como la determinación del alcance del proyecto, la determinación el tiempo que tomará su ejecución, la definición de los recursos que se necesitarán para ejecutarlo, así como la estimación del costo del proyecto.

A continuación, se describe estas áreas de conocimientos esenciales para la determinación de un proyecto.

### **Gestión de Alcance del Proyecto**

Esta gestión permite determinar que todos elementos o entregables que conforman el alcance del proyecto, han sido considerados, y de esta manera, asegurar la ejecución del proyecto con éxito. Una vez determinado el alcance basado en la integración de los documentos que definen el plan del proyecto, se determina el EDT (Estructura de desglose del Trabajo) o WBS del proyecto.

**Tabla 2.** WBS o EDT (Estructura de desglose del Trabajo)

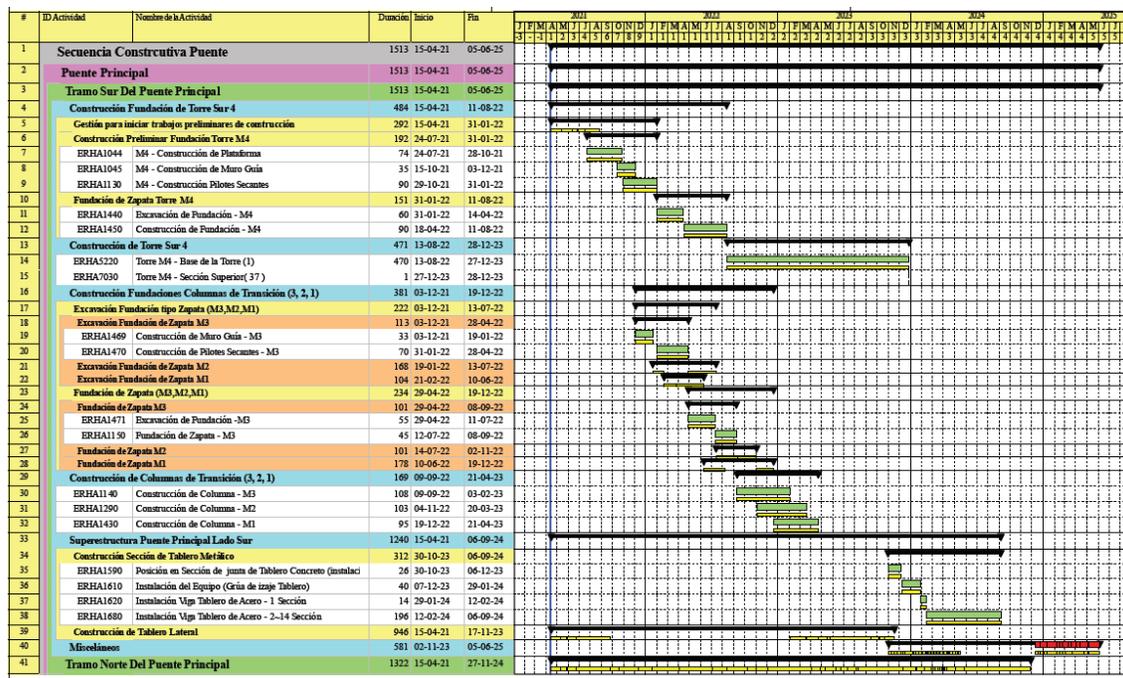
<b>WBS Code</b>	<b>WBS Name</b>
<b>SecPuentes-1</b>	<b>Secuencia Constructiva Puente</b>
<b>SecPuentes-1.5</b>	<b>Puente Principal</b>
SecPuentes-1.5.3	Tramo Sur Del Puente Principal
SecPuentes-1.5.3.2	Construcción Fundación de Torre Sur 4
SecPuentes-1.5.3.3	Construcción de Torre Sur 4
SecPuentes-1.5.3.1	Construcción Fundaciones Columnas de Transición (3, 2, 1)
SecPuentes-1.5.3.7	Construcción de Columnas de Transición (3, 2, 1)
SecPuentes-1.5.3.5	Superestructura Puente Principal Lado Sur
SecPuentes-1.5.3.8	Misceláneos
<b>SecPuentes-1.5.1</b>	<b>Tramo Norte Del Puente Principal</b>
SecPuentes-1.5.1.1	Construcción Fundación de Torre Norte 5
SecPuentes-1.5.1.7	Construcción Torre Norte 5
SecPuentes-1.5.1.2	Construcción Fundaciones Columnas de Transición (6, 7, 8)
SecPuentes-1.5.1.4	Construcción de Columnas de Transición (6, 7, 8)
SecPuentes-1.5.1.3	Superestructura Puente Principal Lado Norte
SecPuentes-1.5.1.5	Misceláneos

Fuente: Elaboración del investigador

Como se puede observar en la Tabla 2, un proyecto de construcción de un puente se encuentra separado por dos tramos norte y sur, y luego una jerarquía inferior se encuentra los diferentes elementos que se necesita construir en un puente: construcción de la fundación, construcción de las torres, construcción de la superestructura, ejecución de trabajos misceláneos que incluye los acabados del puente.

### Gestión del Tiempo del Proyecto

En lo referente a la gestión del tiempo, esta permite determinar el plazo estimado para la ejecución del proyecto, para esto, es necesario trabajar con los expertos de cada área del proyecto en la determinación de las actividades necesarias para la ejecución de los trabajos, definir la secuenciación de estas actividades, estimar los recursos necesarios para ejecutar las actividades, estimar la duración de las actividades de construcción, y finalmente crear un cronograma integrando estas actividades.



**Figura 5.** Cronograma con las actividades necesarias para la construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador

En la Figura 7, el Cronograma, se puede observar las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, con la secuenciación y duraciones establecidas para la construcción de un puente hasta su finalización.

El cronograma una vez definido y aprobado por la gerencia del proyecto, determina la línea base que se utilizará durante su ejecución, esta línea base puede ser comparada con el desarrollo de las actividades del proyecto lo que permitirá determinar los cambios necesarios y las acciones que se necesitan ejecutar, con el objetivo de cumplir con las metas definidas en el plan previsto de la línea base aprobada del proyecto.

Otro aspecto importante que se necesita definir al ejecutar un cronograma de proyecto, es la definición de los recursos con los que se va a ejecutar las actividades construcción a lo largo de su ejecución.

Como se puede observar en la Figura 8, para la ejecución de pilotes en la estructura E5, a ser construidos en el mes de marzo, esta actividad tiene asignada una serie de recursos como son: mano de obra, materiales, equipos, así como los costos que derivan de los recursos a utilizar para la ejecución del trabajo.

#	ID Actividad	Nombre de la Actividad	Duración	Inicio	Fin
84	4PCP-1203	Construcción de Pilotes E5 Eje 43	24	07-03-23	04-04-23
85	4PCP-1204	Construcción de Pilotes E6 Eje 43	24	04-04-23	08-05-23

Resource ID	Resource Name	Resource Type	Unit of Measure	Remaining Duration	Budgeted Units	Remaining Units / Time
R-4	Acero de Refuerzo	Material	Tons	24	106.39	4.43/d
PL-ConcPump	Bomba de concreto	Nonlabor		24	24.00	1.00/d
PL-ConcTruck	Camión Mezclador	Nonlabor		24	24.00	1.00/d
PL-DrillRig VE1	Equipo de perforacion rotativa VE1	Nonlabor		24	192.00	8.00/d
PL-CraneM	Grua movil	Nonlabor		24	24.00	1.00/d
PL-Crane VE1	Grua sobre orugas VE1	Nonlabor		24	48.00	2.00/d
R-3	Hormigón Estructural Masivo	Material	Cubic meter	24	519.00	21.63/d
R-17	Mano de Obra	Labor		24	1920.00	80.00/d
Precio	Precio	Material	\$	24	598538.11	24939.09/d

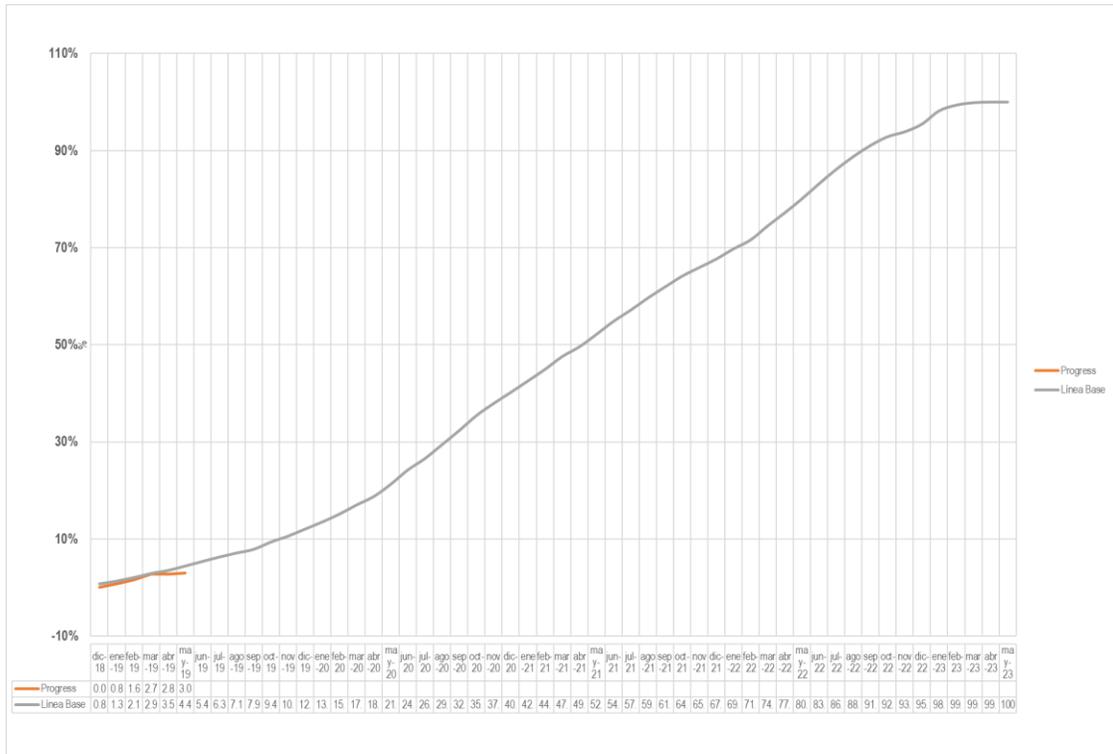
**Figura 6.** Recursos estimados para ejecutar la actividad de Pilotes E5 Eje 43 en el tiempo estimado fuente: Elaboración del investigador

### Gestión de los Costos del Proyecto

Con la definición del plazo estimado para la ejecución del proyecto, la definición de los recursos necesarios, la definición de las actividades que se necesitan ejecutar de las áreas de conocimiento de soporte, es posible estimar el costo del proyecto para su ejecución.

Una vez definido y aprobado el costo y el plazo por la gerencia del proyecto, es posible definir como línea base la curva S de un proyecto, esta información podrá entonces ser

monitoreada y controlada con el propósito de finalizar el proyecto de acuerdo al costo, tiempo, calidad esperados.



**Figura 7.** Curva S construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador

En la Figura 9, se puede observar la curva S de un proyecto de construcción, el monto acumulado del proyecto está descrito en el eje vertical en distribución porcentual, mientras que el tiempo de ejecución del proyecto está distribuido en el eje horizontal de la gráfica.

La línea naranja, representa el progreso registrado del proyecto a la fecha de corte el cual puede ser comparado con la línea base, en un análisis detallado, utilizando la metodología de la Gestión del Valor Ganado, se puede determinar las razones del desvío identificado.

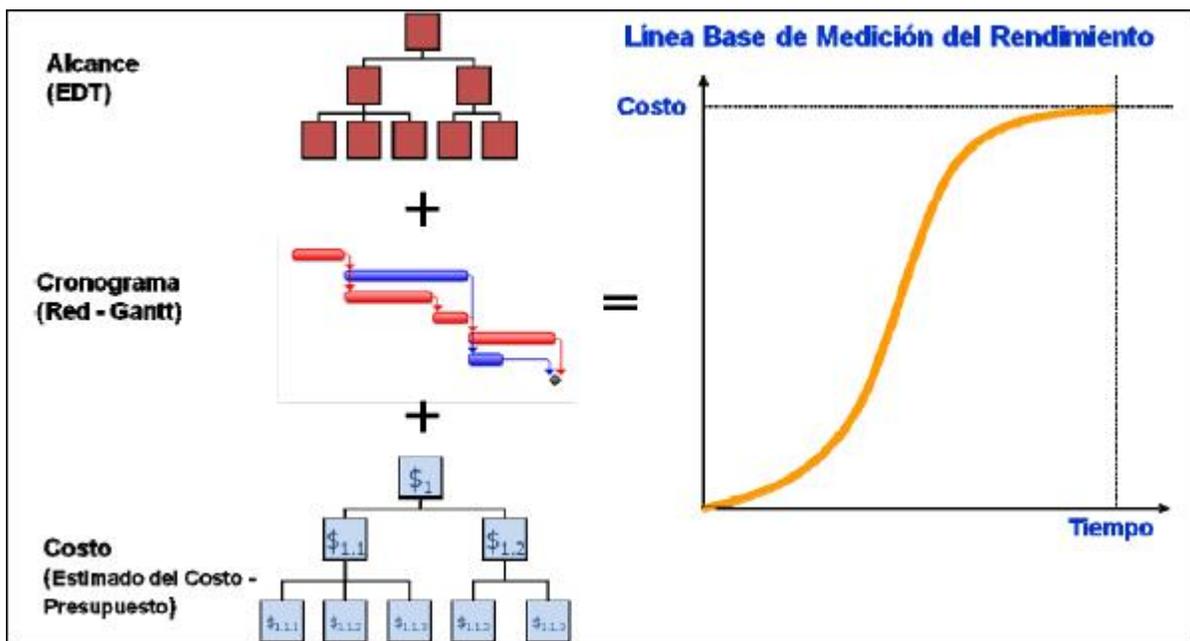
De forma general, sin embargo, en la gráfica se puede deducir que no se ha alcanzado el objetivo previsto para la fecha de corte y si se mantiene esta tendencia, este desvío podría incrementarse y causar retrasos significativos al proyecto, así como costos adicionales. En ese caso se debe tomar acciones correctivas oportunas que nos permitan

mantener el proyecto lo más cercano al plan original y así garantizar su ejecución prevista dentro del presupuesto y tiempo estimados.

En resumen, para la Dirección de Proyectos, podemos resaltar lo descrito por (Ambriz Avelar, 2008): “Marco conceptual de la Gestión del Valor Ganado

Un factor de éxito fundamental en cualquier proyecto es la capacidad de su director para tomar decisiones correctas en el momento oportuno. Lo cual sólo se puede hacer si se cuenta con información clara, confiable y actualizada acerca del progreso del proyecto. Es igualmente importante proporcionar información concisa a los interesados en el proyecto. La GVG (Gestión del Valor Ganado) proporciona un enfoque para medir el desempeño del proyecto a partir de la comparación de su avance real frente al planeado, permitiendo evaluar tendencias para formular pronósticos.

Para implementar la GVG (Gestión del Valor Ganado) en un proyecto es necesario definir la Línea Base de Medición del Desempeño (Performance Measurement Baseline, PMB), que integra la descripción del trabajo a realizar (alcance), los plazos para su realización (cronograma) y el cálculo de sus costos y de los recursos requeridos para su ejecución (costo).”



**Figura 8.** Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento Fuente: (Ambriz Avelar, 2008)

Es importante mencionar que la Dirección de Proyectos puede ser aplicada para la dirección de diversos tipos de industrias a diferencia de la Metodología BIM, ya que esta última se centra casi exclusivamente a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, enfocado en el desarrollo del modelo diseñado del proyecto que se va a ejecutar.

Existen una serie de herramientas que se han desarrollado en paralelo con la Dirección de Proyectos y en permiten su efectiva aplicación a la hora de ejecutar los proyectos en las diferentes industrias, entre estos podemos destacar los siguientes:

- PMBOK Guide
- Microsoft Project
- Primavera P6
- Primavera Unifier
- Microsoft Excel

## **2.2. Descripción de la Metodología BIM Building Information Model**

### **Breve historia de la Metodología BIM**

Desde los años 70 se tiene registro de los primeros esfuerzos de desarrollo de software orientados para el diseño de proyectos de construcción con el concepto de BIM, los cuales eran emprendimientos independientes de diversas compañías privadas, en este transcurso de tiempo las soluciones creadas tomaron diversos nombres de acuerdo a criterio de su creador.

Ya para los años 80, se pueden identificar los primeros emprendimientos BIM, se lanza el producto Archicad, (GRAPHISOFT, 2022) describe el producto de la siguiente manera: “Archicad revolucionó el diseño arquitectónico cuando se lanzó para el nuevo Apple Macintosh. Ya en 1984, los pioneros pensaban más allá de la mera digitalización del tablero de dibujo; Su visión tomó la forma de una potente cartera de productos.

El concepto de Edificio Virtual de GRAPHISOFT representó un hito en el desarrollo de CAD y se estableció a la vanguardia de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción con un nuevo nombre: Building Information Modeling, o simplemente, BIM.”

De igual manera en esta década, salieron a la luz otros productos de Dibujo Asistido por Computadora. “Autodesk saca a la luz su solución Autocad, (Wikipedia, 2022). Lo describe así: El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a diseño asistido por computadora (por sus siglas en inglés Computer-Aided Design), teniendo su primera aparición en 1982.”

Por su parte, Bentley Systems, crea su propia solución de Dibujo Asistido por Computadora. (Wikipedia, 2022) menciona en su página web: “En 1985 sale al mercado la primera versión de MicroStation, llamada PseudoStation, desarrollada en 1980 por la empresa Bentley Systems, por aquel entonces filial de Intergraph Co.”

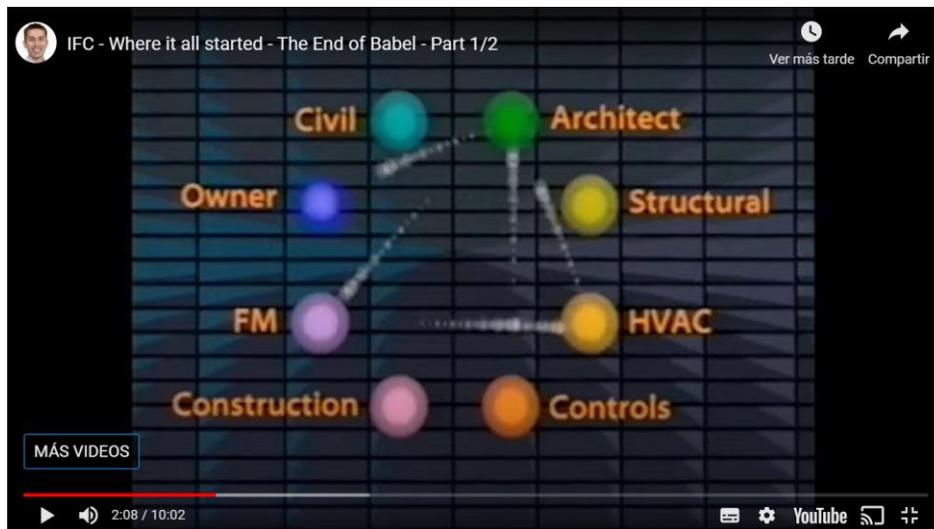
Ya en la década de los noventa, las empresas líderes antes mencionadas, continúan desarrollando sus productos de Diseño Asistido por Computadora, e incursionando hacia la Metodología BIM, además se crean otras soluciones interesantes como Eagle Point, el Sistema Topograph, entre otros, este último desarrollado en Brasil por CharPointer Tecnologia, la cual fue ampliamente utilizada en Latinoamérica, especialmente en Brasil, la característica principal de estas soluciones fue su facilidad de uso y versatilidad.

Pero el hito quizás más importante en la década en los noventa, fue la definición del archivo IFC (Industry Foundation Classes) que tenía la función de facilitar la interoperabilidad entre las diversas herramientas tecnológicas creadas por la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

El (Building Smart International, 2022) describe a IFC de la siguiente manera: “En esencia, buildingSMART permite que toda la industria de activos construidos mejore el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Al romper los silos de información, los usuarios finales pueden colaborar y cooperar mejor, independientemente de la aplicación de software que estén utilizando. El núcleo técnico se basa en Industry Foundation Classes (IFC), que obtuvo la certificación ISO en 2013.

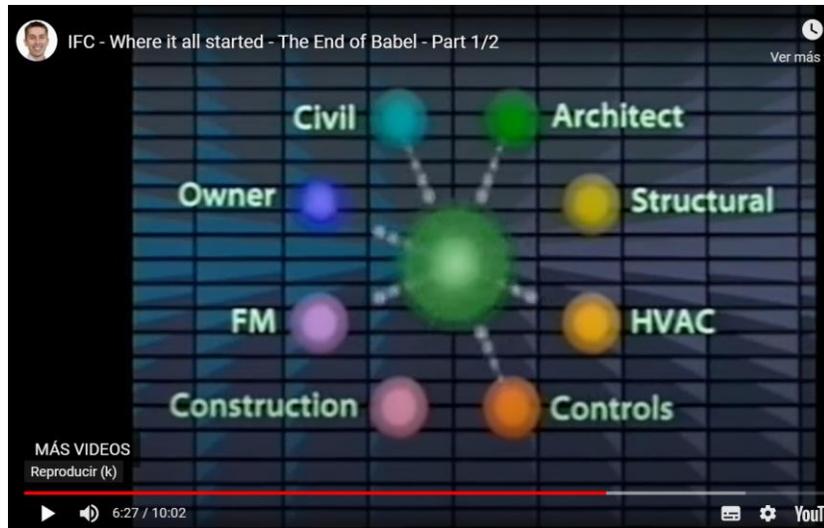
IFC es una descripción digital estandarizada de la industria de activos construidos. Es un estándar internacional abierto (ISO 16739-1:2018) y promueve capacidades utilizables o independientes del proveedor en una amplia gama de dispositivos de hardware, plataformas de software, e interfaces para muchos casos de uso diferentes.”

En un contexto simplificado, en el año 1995 se reunieron diferentes industrias y empresas especialistas y relacionadas con la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, pero que no hablaban el mismo lenguaje y que dificultaba el entendimiento entre ellas, en este encuentro se discutieron los temas que permitirían resolver esta falta de comunicación entre ellas.



**Figura 9.** Representación de información incompatible, inconsistente o redundante.  
Fuente: (Hamil, 2012)

La iniciativa de los archivos IFC, fue liderada por Autodesk, con la participación de diversos interesados como AT&T, Honeywell, Carrier, Timberline, SOFTDESK, Oracle Primavera, entre otras, y dio como resultado, la primera versión de IFC creando un ambiente de interoperabilidad entre las empresas y herramientas relacionadas, permitiendo que los elementos de diseño trabajen juntos, sin importar quien lo creó, o quien está inmiscuido en su definición.



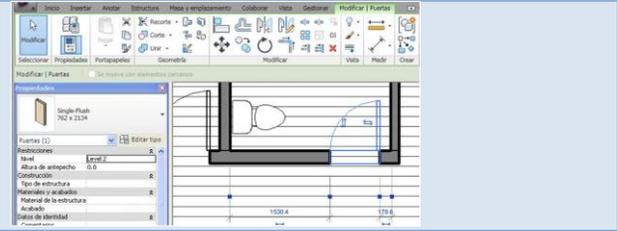
**Figura 10.** Representación de interoperabilidad de la información. Fuente: (Hamil, 2012)

A modo de ejemplo para conocer el avance de la interoperabilidad en un modelo, se tomó un elemento de diseño BIM simple como una puerta, donde todos los software y disciplinas envueltas en el diseño podrán identificarla como una puerta, este elemento estará integrado en un modelo común de diseño. El elemento puerta podrá ser enriquecido con información de diferentes fuentes como: departamentos de una empresa, área de conocimiento, fabricantes, especialistas entre otras.

**Tabla 3.** Enriquecimiento de información del elemento Puerta

Enriquecimiento de información del elemento puerta	Departamento o área de conocimiento o especialista a cargo
<b>Diseño del elemento puerta</b>	Fabricante / Diseño
Implementación en el modelo	Diseño
Revisión de Clashes con otros elementos	Diseño / Modelador BIM
Especificaciones de la puerta	Fabricante
Precio de la puerta	Fabricante o distribuidor
Costo de Instalación	Construcción
Cuantificación de puertas tipo	Diseño / Modelador BIM
Duración para instalación de Puerta	Planeamiento
Programación instalación de Puerta	Construcción / Planeamiento
Reporte de Instalación (Fecha)	Construcción / Dispositivo electrónico
Control de Calidad Instalación de puerta (Recibido Conforme)	CA/CC / Dispositivo electrónico
Lote de Fabricación #	Fabricante

## Ejemplo Elemento Puerta en un modelo BIM



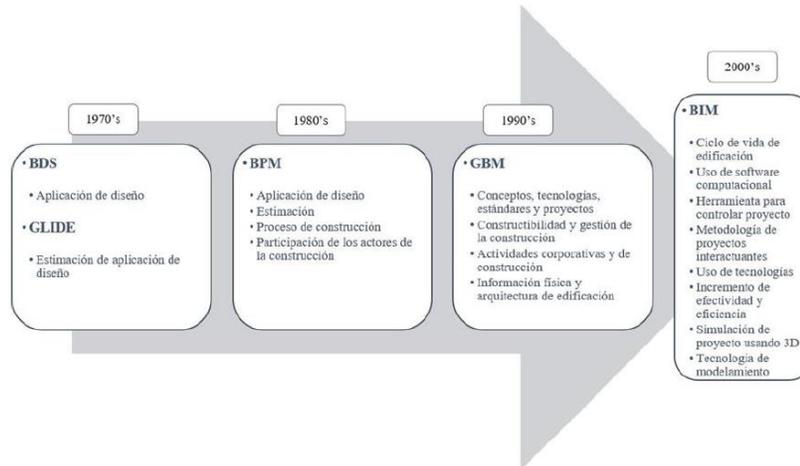
Fuente: Elaboración del investigador

Es importante especificar que todo interesado del proyecto (departamento de una empresa, área de conocimiento, especialista) con acceso al modelo integrado con todas las especialidades relacionadas con la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, podrá identificar el elemento Puerta, interactuar con este y coordinar con otros interesados en caso de conflicto, solicitud de cambio, entre otras acciones.

De igual manera, el elemento de diseño en cuestión podrá ser identificado con todas su características y atributos en diferentes aplicaciones de diseño o control ya sea de Autodesk, Bentley, ArcGIS, entre muchas otras, gracias al archivo IFC de interoperabilidad.

La empresa que desarrollaba ProEngeenier, un software de diseño que implementó el modelado paramétrico pasó a llamarse Revit Technology Corporation, ya en enero de 2000. Autodesk, mejor conocido por su línea de productos AutoCAD, compró Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares en 2002. La compra permitió más investigación, desarrollo y mejora continua del software.

Finalmente, en el nuevo siglo, inicia la consolidación del uso de la Metodología BIM en las industrias de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, y desarrollando continuamente mejoras constantes de las metodologías y aplicaciones relacionadas conforme lo requiere las industrias relacionadas.



**Figura 11.** Desarrollo de BIM Fuente: (Ahmad L., Brahim, J. & Fathi, M. (2014), 2014)

### Descripción de la Metodología BIM

(Autodesk, 2020) describe lo describe de la siguiente manera: “El modelado de información para la construcción (BIM) es un proceso que comienza con la creación de un modelo 3D inteligente y permite la administración de documentos, coordinación y simulación durante todo el ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento).”

Por otra parte, otro referente de del desarrollo de software BIM, (Bentley Systems), describe en su portada: “Los proyectos de construcción se beneficiarán de las capacidades de diseño y análisis que posibilitan la coordinación espacial entre sistemas de Ingeniería, y también del modelado analítico, que aprovecha los datos de Ingeniería para simular el rendimiento de los diseños. El modelado de la construcción añade detalles que permiten especificar los materiales y ayuda a planificar cómo se ejecutará la obra. Los modelos llenos de datos y la información sobre los activos le ayudarán a gestionar mejor las operaciones de las instalaciones.”

De estos dos conceptos se puede identificar palabras claves sobre los beneficios que ofrece BIM para la ejecución de un proyecto durante su ciclo de vida.

- Modelo 3D inteligente
- Administración de Documentos

- Coordinación y simulación
- Planificación
- Diseño
- Construcción
- Operación y Mantenimiento
- Coordinación espacial entre sistemas de Ingeniería
- Modelado permite especificar materiales
- Modelado ayuda planificar la construcción
- Modelos llenos de información ayudará a gestionar operaciones

De igual manera, se puede definir otros aspectos que pueden considerarse un valor agregado con la utilización de la Metodología BIM.

- Shop drawings siempre actualizados con últimos cambios en el diseño.
- Trabajo en comunidad – Todos los departamentos trabajando en un mismo modelo.
- Integración de otros departamentos de campo que pueden servirse del modelo.
- Evita el consumo de papel y otros materiales físicos debido a sus revisiones y actualizaciones.
- Reducción de tiempo para la toma de decisiones.
- Información actualizada en tiempo real.

Al igual que la Dirección de Proyectos, la Metodología BIM tiene el objetivo de monitorear y controlar un proyecto desde su concepción hasta su finalización y entrega, para esto necesita se determinar el plan de los trabajos y determinar la línea base a seguir, en la Metodología BIM esta se determina en el BEP (BIM Execution Plan), este documento permite definir el alcance, normas y reglas para el desarrollo de la Metodología BIM de un proyecto, el (BIM FORUM, 2020) describe al BEP como “Un plan completo para emplear BIM en un proyecto específico. Estos planes generalmente abordan objetivos, usos de BIM, hitos y entregables, así como la infraestructura BIM.”

Cabe mencionar que el BEP al referirse solo a una parte de las áreas de conocimiento de un proyecto, este estará siempre subordinado, atenderá y será parte del alcance

definido en el documento Plan para la Dirección del Proyecto (PGP), documento clave de la Dirección de Proyectos.

### Niveles de Desarrollo LOD de BIM

Los LOD fueron presentados por primera vez en el 2008 por el American Institute of Architects (AIA), sin embargo, el uso de LOD se le atribuye a la empresa de software de análisis de construcción Vico Software mucho tiempo atrás.

El (BIM FORUM, 2020), en su sumario ejecutivo, describe a los LOD de la siguiente manera: “La especificación de nivel de desarrollo (LOD) es una herramienta de referencia destinada a mejorar la calidad de la comunicación entre los usuarios de Modelos de información de construcción (BIM) sobre las características de los elementos en los modelos. La especificación LOD amplía el LOD esquema desarrollado por el American Institute of Architects (AIA) para su E202-2009 BIM and Digital Data Exhibit y actualizado para el Formulario de protocolo BIM del proyecto G202-2013 de AIA1, al proporcionar definiciones e ilustraciones de elementos BIM de diferentes sistemas de construcción en diferentes etapas de su desarrollo y uso en el proceso de diseño y construcción.

A continuación, se presenta las definiciones fundamentales de los LOD:

**Tabla 4.** Definiciones fundamentales de los LOD

Nivel de Desarrollo	Definición fundamentales de los LOD
LOD 100	El Elemento del Modelo puede representarse gráficamente en el Modelo con un símbolo u otra representación genérica, pero no satisface los requisitos para LOD 200. La información relacionada con el elemento del modelo (es decir, costo por pie cuadrado, tonelaje de HVAC, etc.) se puede derivar de otros elementos del modelo.
LOD 200	El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto genérico con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
LOD 300	El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
LOD 350	El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. También se puede adjuntar información no gráfica al modelo. Elemento.
LOD 400	El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con información de detalles, fabricación, ensamblaje e instalación. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
LOD 500	El elemento del modelo es una representación verificada en el campo en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica a los elementos del modelo.

Fuente: (BIM FORUM, 2020), traducción del investigador

Adicional, existe la interpretación del (BIM FORUM, 2020) a los LOD

**Tabla 5.** Definiciones fundamentales de los LOD (interpretación BIM Forum)

Nivel de Desarrollo	Definición fundamentales de los LOD (Interpretación BIMForum)
LOD 100	Los elementos LOD 100 no son representaciones geométricas. Los ejemplos son información adjunta a otros elementos del modelo o símbolos que muestran la existencia de un componente pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. Cualquier información derivada de los elementos LOD 100 debe considerarse aproximada.
LOD 200	En este LOD, los elementos son marcadores de posición genéricos. Pueden ser reconocibles como los componentes que representan, o pueden ser volúmenes para reserva de espacio. Cualquier información derivada de los elementos LOD 200 debe considerarse aproximada.
LOD 300	La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento tal como se diseñó se pueden medir directamente desde el modelo sin consultar información no modelada, como notas o anotaciones de dimensiones. Se define el origen del proyecto y se ubica el elemento con precisión respecto al origen del proyecto.
LOD 350	Se modelan las partes necesarias para la coordinación del elemento con elementos cercanos o adjuntos. Estas partes incluirán elementos tales como soportes y conexiones. La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento tal como se diseñó se pueden medir directamente desde el modelo sin consultar información no modelada, como notas o anotaciones de dimensiones.
LOD 400	Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la fabricación del componente representado. La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento tal como se diseñó se pueden medir directamente desde el modelo sin consultar información no modelada, como notas o anotaciones de dimensiones.
LOD 500	Dado que LOD 500 se relaciona con la verificación de campo y no es una indicación de progresión a un nivel superior de geometría del elemento del modelo o información no gráfica, esta Especificación no lo define ni lo ilustra.

Fuente: (BIM FORUM, 2020) ,traducción del investigador

### Demisiones de la Metodología BIM

A diferencia de la Dirección de Proyectos, la metodología BIM define sus fases durante el ciclo de vida del proyecto como dimensiones, actualmente las dimensiones BIM tiene varias interpretaciones de acuerdo los diferentes gobiernos o instituciones que las regulan, sin embargo, estas varían ligeramente una de otra, para el caso de este estudio, tomaremos la descripción de (HidebrandtGruppe, 2016) “En BIM, el control detallado de las acciones, requerimientos y evolución se puede lograr a través de las siete dimensiones que ofrece. Estas secciones o procesos corresponden a la esencia del modelo y representan a las etapas que involucra un proyecto de alta complejidad, como lo son la creación de hospitales y aeropuertos, por ejemplo.”

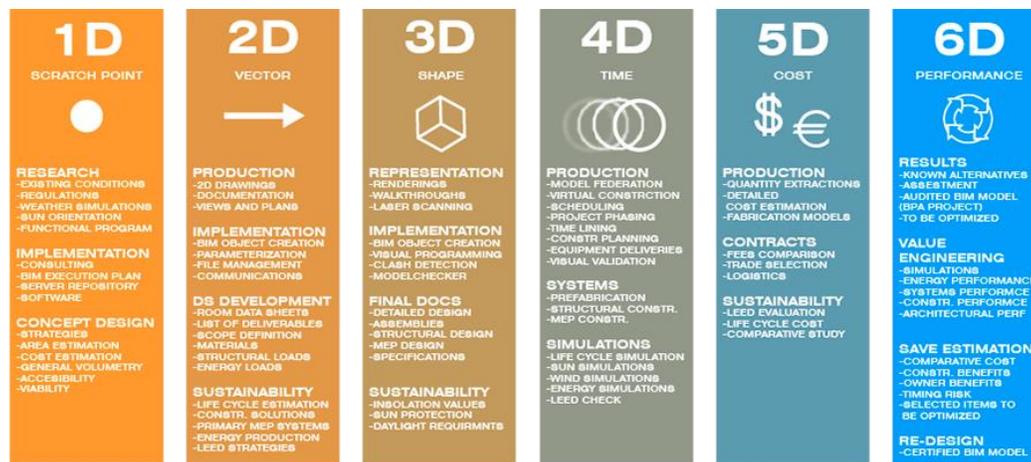


Figura 12. Dimensiones BIM. Fuente: (HidebrandtGruppe, 2016)

- **1D y 2D Investigación, Diseño Conceptual, Definiciones:** Si bien no existen una descripción definida para las primeras dos dimensiones, estas se centran en la definición de las tareas iniciales de investigación, primeras estimaciones, recolección de requisitos, en general recolección de la información necesario, previo al inicio de ejecución del proyecto.

De igual manera se presenta la descripción de las siguientes dimensiones de acuerdo a (HidebrandtGruppe, 2016)

- **“3D Datos paramétricos en un modelo:** Esta dimensión se enfoca en los objetos, como columnas, vigas y muros, que representarán toda la geometría del proyecto. En este modelo los arquitectos, ingenieros, constructores, fabricantes y directores, entre otros profesionales, pueden recoger o generar información de acuerdo a sus necesidades. Los participantes no solo pueden ver el edificio en tres dimensiones con anticipación, también puede actualizar las vistas durante todo el ciclo de vida del proyecto. Gracias a estas funciones, la comunicación y visualización mejoran considerablemente, reduciendo la necesidad de iteraciones y correcciones.
- **BIM 4D Integración de Calendarios y Tiempos:** Esta dimensión permite controlar la eficiencia y duración de las distintas tareas de los proyectos, simulando los tiempos de todas las fases y trabajos. Este control posibilita una planificación detallada con estimaciones y la visualización del progreso de todas las actividades.

Además, un seguimiento detallado permite una coordinación eficiente de los especialistas y sus actividades, mejorando los tiempos y el uso de recursos.

- **BIM 5D Estimaciones de Costos y Control de Gastos:** A través de la estimación y gestión de costos, esta dimensión se orienta en la optimización de la rentabilidad del proyecto. El sistema permite definir la cantidad de materiales y estimar los gastos de operación para simular los costos de todas las fases.

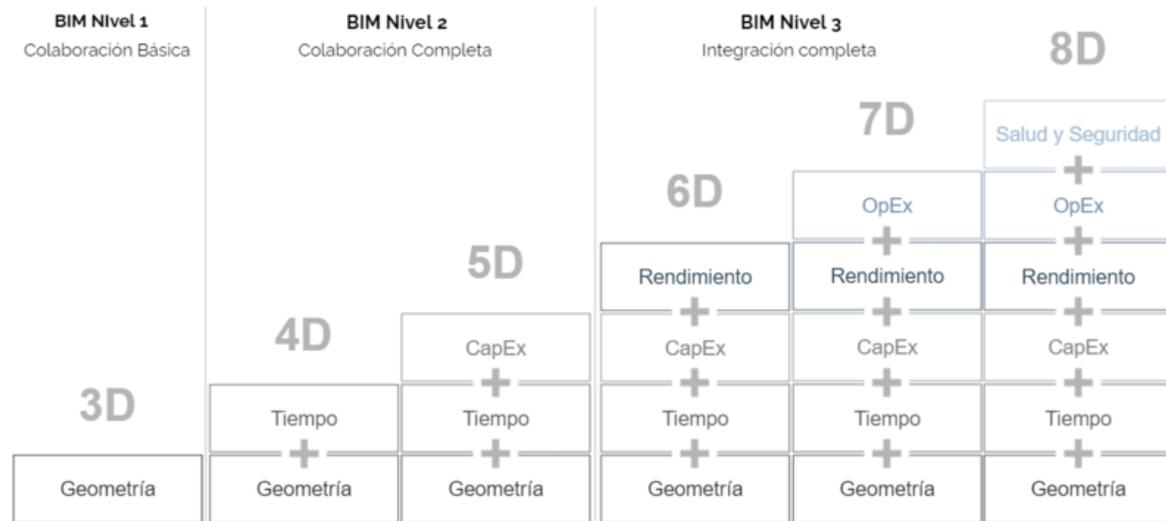
En combinación con 3D y 4D, es posible calcular la relación entre los costos, los tiempos y los esfuerzos invertidos, para controlar la eficiencia de las decisiones implementadas.

- **BIM 6D Comportamiento Energético y Sustentabilidad:** Simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, entregando información fundamental para la toma de decisiones. Gracias a esto es posible seleccionar las mejores técnicas y tecnologías para cada proyecto, optimizando el consumo de energía y reduciendo lo más posible los daños al medio ambiente.

- **BIM 7D Gestión del Ciclo de Vida y Manejo de Facilidades** Entrega un control logístico y operacional para el uso y mantención del edificio. En esta dimensión es posible agendar y monitorear inspecciones, reparaciones y tareas de mantenimiento, además de contar con información valiosa para detectar fallas de funcionamiento y áreas a mejorar.

Como resultado, es posible gestionar estas tareas de forma más eficiente, en menos tiempo y antes de que su solución requiera de una inversión mayor de recursos.”

Como la Metodología BIM está en constante desarrollo, a partir de la dimensión 5D se han venido determinado nuevas dimensiones o fases en base al ciclo de vida del proyecto, hasta su entrega e inicio de operación. La siguiente es una descripción de las Dimensiones BIM, en este caso separado por niveles de desarrollo.



**Figura 13.** BIM Dimensiones. Fuente: (Triantafilo, 2021)

Una correlación entre los LOD y las dimensiones BIM se puede ver a continuación, descrita por (U.S. General Services Administration, 2021) “La Guía de Uso Aprobado tiene como objetivo definir claramente de qué debe ser capaz el BIM en varios puntos de su desarrollo. Por ejemplo, un BIM LOD 200 se puede usar para crear una apariencia ordenada y escalada en el tiempo de las principales actividades cuando se usa para la programación 4D.”

**Tabla 6.** Correlación entre los LOD y las dimensiones BIM

MODEL CONTENT	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
<b>3D Model Based Coordination</b>	Site level coordination	Major large object coordination	General object level coordination	Design certainty coordination	N/A
<b>4D Scheduling</b>	Total project construction duration Phasing of major elements	Time-scaled, ordered appearance of major activities	Time-scaled, ordered appearance of detailed assemblies	Fabrication and assembly detail including construction means and methods (cranes, man-lifts, shoring, etc.)	N/A
<b>Cost Estimating</b>	Conceptual cost allowance Example \$/sf of floor area, \$/hospital bed, \$/parking stall, etc. Assumptions on future content	Estimated cost based on measurement of generic element (i.e. generic interior wall)	Estimated cost based on measurement of specific assembly (i.e. specific wall type)	Committed purchase price of specific assembly at buyout	Record costs
<b>Program Compliance</b>	Gross departmental areas	Specific room requirements	FF&E, casework, utility connections		
<b>Sustainable Materials</b>	LEED strategies	Approximate quantities of materials by LEED categories	Precise quantities of materials with percentages of recycled and/or locally purchased materials	Specific manufacturer selections	Purchase documentation
<b>Analysis/Simulation</b>	Strategy and performance criteria based on volumes and areas	Conceptual design based on geometry and assumed system types	Approximate simulation based on specific building assemblies and engineered systems	Precise simulation based on specific manufacturer and detailed system components	Commissioning and recording of measured performanc

Fuente: (U.S. General Services Administration, 2021)

### 2.3. Integración entre Dirección de Proyectos y la Metodología BIM

Luego de haber revisado tanto los conceptos e información de la Dirección de Proyectos y de la Metodología BIM, se puede realizar la siguiente interrelación que sucede durante el ciclo de vida del proyecto hasta su finalización y entrega al cliente.

#### 3. Tabla 7. Correlación Dirección de Proyectos – Metodología BIM

Dir. de Proyectos	GRUPO DE PROCESOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS - PMBOK (PMI)				
Dir. de Proyectos	Proceso de Inicio	Procesos de Planificación	Procesos de Ejecución	Procesos Monit. y Control	Procesos de Cierre
Metodología BIM	LOD (100 y 200)	LOD (300 - 350)	LOD (350 - 400)	LOD 400	LOD 500
Metodología BIM	Dimensión1D (Conceptual)				
Metodología BIM	Dimensión2D (Conceptual)	Dimensión2D (Conceptual)			
Metodología BIM		Dimensión3D (Geometría)	Dimensión 3D (Geometría)	Dimensión 3D (Geometría)	Dimensión 3D (Geometría)
Metodología BIM		Dimensión 3D+4D (Tiempo)	Dimensión 3D+4D (Tiempo)	Dimensión 3D+4D (Tiempo)	Dimensión 3D+4D (Tiempo)
Metodología BIM		Dimensión 3D+4D+ 5D(Costo)	Dimensión 3D+4D+5D (Costo)	Dimensión 3D+4D+ 5D (Costo)	Dimensión 3D+4D+5D (Costo)
Metodología BIM	DIMENSIONES BIM (METODOLOGÍA BIM)				

#### 4. Fuente: Elaboración del investigador.

Debido al propósito común tanto de la Dirección de Proyectos como de la Metodología BIM de realizar el monitoreo y control de sus proyectos hasta su finalización y entrega al cliente, a lo largo de los últimos 20 años ya se han realizado avance en la comunicación entre los procesos de ambas tecnologías, las cuales se describen a continuación a manera de referencia:

#### Tabla 8. Interrelación de procesos Dirección de Proyectos – Metodología BIM

Dirección de Proyectos		Metodología BIM
Procesos de Inicio		
Plan de Gestión del Proyecto	----->	BEP (BIM Execution Plan)
(EDT) WBS	----->	(EDT) WBS
Definición del Alcance	----->	Definición del Alcance
Codificación	<----->	Codificación
Definición Segmenetación (Elementos)	<----->	Definición Segmenetación (Elementos)
Definición de Métricas	<----->	Definición de Métricas
Secuencia de Mediciones	<----->	Secuencia de Mediciones
Definición Software a utilizar	<----->	Definición Software a utilizar
Protocolos de Actualización (Mediciones)	<----->	Protocolos de Actualización (Mediciones)
Otas coordinaciones	<----->	Otas coordinaciones
Planificación		
<b>Panificación del Proyecto</b>	<----->	<b>Modelo 3D (entrega de cantidades)</b>
Definición del Tiempo		Rectificación de Interferencias detectadas durante el desarrollo del diseño
Definición de Recursos		
Definición de Costos		
Otras definiciones		
<b>Aprobación Línea Base del Proyecto</b>		
Cronograma Gantt Línea Base (EDT)	----->	Definición Línea Base Modelo 4D Tiempo
Desgloce de Costos	----->	Definición Línea Base Modelo 4D + 5D Costo
Procesos de Ejecución (Monitoreo y Control del Proyecto)		
Control del Cronograma Tiempo / Costos	<----->	Control de Tiempo / Costos en Modelo 4D-5D
Software Común utilizados		
<b>Diseño</b>		
		Herramientas BIM Autodesk
		Herramientas BIM Bentley
<b>Seguimiento y Control</b>		
Primavera P6 (Oracle MS Project)	<----->	Naviswork (Autodesk) Synchoro (Bentley)
		Arc GIS <-----> BIM Autodesk
Excel		

Fuente: Elaboración del investigador.

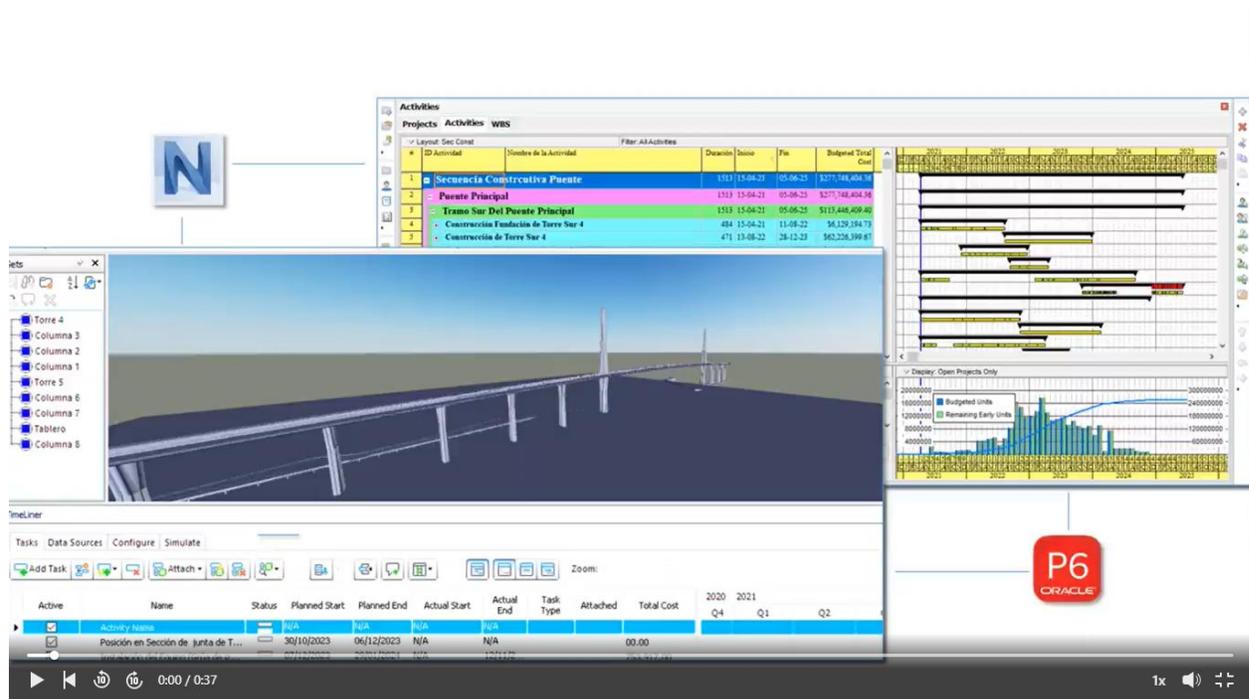
Para un mejor entendimiento del potencial de la integración entre la Dirección de Proyectos y la Metodología BIM, el investigador realizó una simulación integrada de la construcción de un puente en las fases de: Gestión del tiempo-Dimensión 4D y la Gestión de costos-Dimensión 5D.

Las herramientas utilizadas para esta simulación fueron:

- Oracle - Primavera P6
- Autodesk - Navisworks
- PMI - PM BOK Guide (Gest. Tiempo/Recursos/Costo)

Para esta simulación, se importó en el modelo BIM, las actividades, los tiempos, y los costos o precio desde Primavera P6.

Los recursos de materiales en cambio, fueron obtenidos desde el modelo BIM, e importados a Primavera P6.



**Figura 14.** Simulación, construcción de un puente. Fuente: Elaboración del investigador, (Fernando Salazar Vélez (Primavera P6-PM) (CAPM), 2021).

#### 4.1. Estudio situación de la Implementación BIM

##### Implementación BIM en el mundo

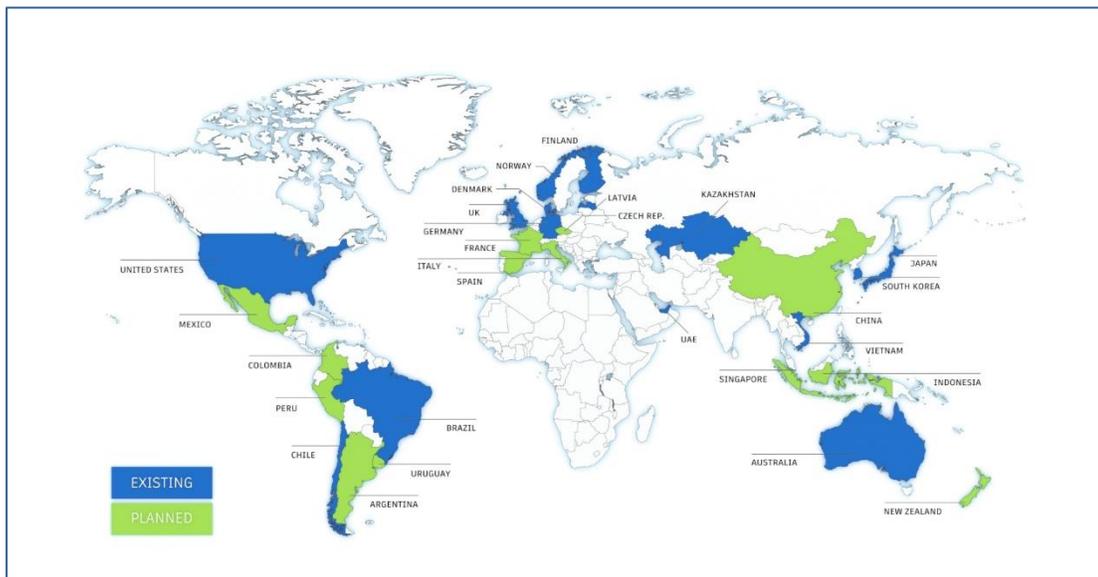
Existen diferentes niveles de implementación y desarrollo de la Metodología BIM alrededor del mundo debido especialmente a que se trata de una tecnología nueva en plena implementación, la cual inicia su adopción global hace solo 20 años.

Actualmente, entre los países líderes que exigen la Metodología BIM en el desarrollo de sus proyectos de acuerdo a (AUTODESK, 2022) se encuentran en Europa: Noruega, Finlandia y Dinamarca, como países pioneros, además de Gran Bretaña y Latvia.

En lo referente a Asia, los países que exigen BIM son Singapur, Nueva Zelanda, Australia, Vietnam, Corea del Sur, Japón, Emiratos Árabes Unidos, Indonesia.

En América, los países con mandato de uso de BIM en sus proyectos se encuentran Estados Unidos como país pionero, además de Chile y Brasil.

Existen un segundo grupo de países que están planificando ya su implementación, entre estos se encuentran: Argentina, Uruguay, Perú, Colombia, México, Francia, España, Italia, República Checa, China, Indonesia.



**Figura 15.** Países que exigen el uso de BIM Fuente: (AUTODESK, 2022)

### **Implementación BIM en América Latina y El Caribe**

La Metodología BIM también se ha implementado de forma irregular en nuestra región, sin embargo, existen países donde se ha fomentado su adopción como son Chile, Brasil, México, Perú.

(Baduel, 2021) explica lo siguiente: “En los últimos dos años, la implementación de BIM ha tenido avances significativos en toda América Latina. Mientras que en Chile el Estándar Nacional BIM es obligatorio desde 2020, Costa Rica ha conseguido un convenio con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para impulsar la adopción del proceso y en Perú se dictó en 2019 un decreto supremo para la incorporación progresiva

de BIM en la inversión pública. Estos son solo algunos ejemplos que menciona Ximena Rico, a cargo de LATAM en el grupo Government Affairs de Autodesk.”

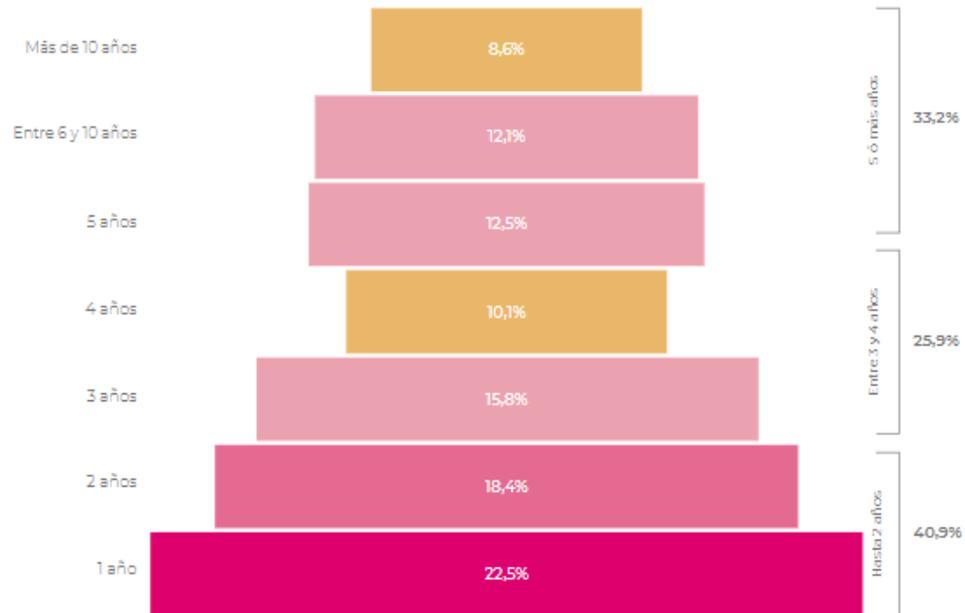
En el Caso de México, comenta (Baduel, 2021) “Slim sostiene que el proceso ya es una realidad en México y, en poco tiempo, será una exigencia a nivel nacional. “En dos o tres años, su penetración alcanzará el 80 % del mercado”, augura. “Un gran impulso a su uso fue el proyecto para el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, donde había un mandato para que las diversas disciplinas involucradas en el proyecto estuvieran conectadas a través de BIM. Las empresas tuvieron que actualizarse para no quedarse fuera. Y lo mismo viene sucediendo con otras grandes obras de infraestructura pública”, ejemplifica.”

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se puede concluir que las instituciones, los gobiernos y las empresas privadas están enfocadas en la implementación y adaptación de la metodología BIM en sus países.

Una encuesta realizada por (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020) describe lo siguiente: “Una porción significativa de los usuarios consultados a nivel regional ha incorporado de manera reciente BIM a sus rutinas de trabajo. El 40,9% de las empresas tiene menos de dos años de experiencia, lo que evidencia el dinamismo de la nueva camada que comienza a trabajar con esta metodología.

Al mismo tiempo, la región cuenta con usuarios de trayectoria significativa, lo cual se evidencia en el hecho de que un tercio de las empresas encuestadas ostenta un histórico de más de cinco años de trabajo con BIM.”

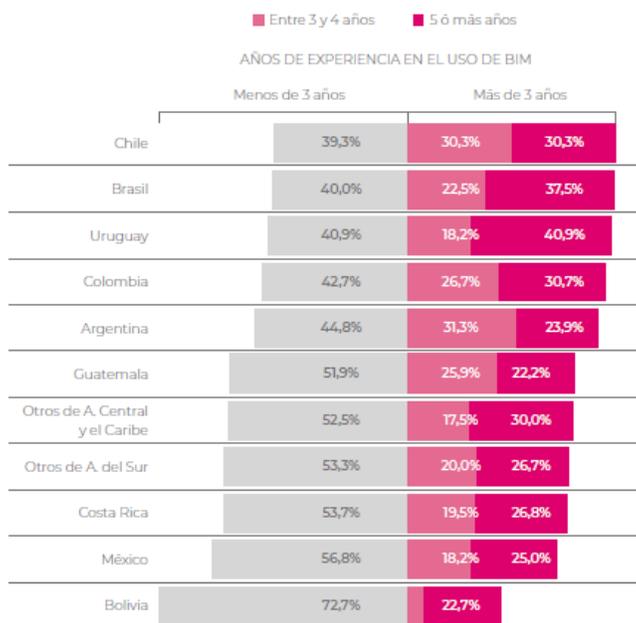
Gráfico 5 - Trayectoria en el uso de BIM



**Figura 16.** Trayectoria en el uso de BIM Fuente: (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020)

Siguiendo la evaluación de la trayectoria BIM, (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020) explica: “Brasil y Chile son los países que concentran las empresas de mayor trayectoria en el trabajo con BIM y junto con Uruguay, Colombia y Argentina integran el grupo de los países con empresas de mayor trayectoria (más de la mitad de los encuestados tienen al menos tres años de trabajo con BIM).”

Gráfico 7 - Trayectoria en el uso de BIM por país



**Figura 17.** Trayectoria en uso de BIM por país (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020)

Se puede observar que en el grupo Otros de A. Central y el Caribe, (en el cual estaría incluido Panamá), abarca un poco menos del 50% de empresas con trayectoria en el trabajo con BIM, este grupo se encuentra en la parte central de los resultados estadísticos presentados.

### Implementación BIM en Panamá

Panamá forma parte de 15 países que actualmente integran el BIM Fórum Latam, de acuerdo a la (BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze, 2020).

En Panamá, el primer foro BIM fue realizado en el 2018, este emprendimiento fue liderado por la CAPAC Cámara Panameña de la Construcción, la cual tuvo una gran participación de la industria. En su página web el (BIM Fórum Panamá, 2018) comenta: “Más de 300 participantes de entidades gubernamentales y empresa privada se reunieron en este evento realizado en el Auditorio del Campus Víctor Levy S. de la Universidad Tecnológica de Panamá el viernes 18 de agosto.”

En ese evento, Héctor Ortega S., presidente de la CAPAC comentó en (BIM Fórum Panamá, 2018) lo siguiente: “La industria de la construcción reconoce que solo mediante la capacitación de nuestros profesionales podemos ser más competitivos y mejorar nuestra Dirección de Proyectos.”

Si bien los primeros encuentros iniciaron el en 2016 entre el BIM Fórum Panamá y la CAPAC, el evento tomó fuerza en el año 2018, así lo comentó Rincón en (BIM Fórum Panamá, 2018) “El sector que no estaba tan avanzado en el tema del BIM hace 2 años ya está más preparado para esta formación modular que llega en el momento correcto...hay mucha más gente interesada lo que significa que la gente es consciente en trabajar bajo esta metodología”.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se puede concluir que la iniciativa de implementación de la Metodología BIM en la industria de la construcción en Panamá es relativamente reciente.

Susy Rodriguez por su parte comentó en el (BIM Fórum Panamá, 2018) “Panamá actualmente no cuenta con un reglamento BIM y eventos como este puede atraer a que los profesionales se capaciten y usen este sistema que es muy bueno e importante”.

El BIM Fórum Panamá se describe en el (BIM Fórum Panamá, 2018) de la siguiente manera: “es un consejo técnico de carácter permanente, que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas a Building Information Modeling (BIM)”.

Este Consejo está conformado por la Cámara Panameña de la construcción como secretaría Ejecutiva del mismo, la Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos, la Universidad de Panamá, la Universidad Tecnológica de Panamá, la Sociedad Panameña de Ingenieros y de la Universidad Santa María la Antigua.



**Figura 18.** Comisión BIM Fórum Panamá. Fuente: (BIM Fórum Panamá, 2018)

El BIM Fórum Panamá tiene entre sus objetivos:

- Colaborar con entidades académicas y otras instituciones, en la formación de capacidades y competencias relativas a los procesos BIM.
- Promover actividades de capacitación y perfeccionamiento profesional para distintos segmentos objetivo.
- Velar por el crecimiento de capacidades técnicas y profesionales para el trabajo en BIM.
- Desarrollar las acciones con la academia para favorecer y promover el desarrollo de investigaciones y nuevos conocimientos en torno a BIM.
- Promover y generar investigación, desarrollo, consolidación de conocimientos, bibliotecas de productos e información técnica relativa a BIM en Panamá.
- Generar estándares reconocidos a nivel nacional para el desarrollo de proyectos con el uso de BIM en todo su ciclo de vida.”

A pesar de los objetivos descritos anteriormente, actualmente en la página web oficial del BIM Fórum Panamá, no se observa eventos agendados para el año 2022.

### **Estándares y Normativas BIM en Panamá**

Actualmente no existe estándares o normativas definidas a nivel nacional, este es uno de los objetivos propuestos por el BIM Fórum Panamá.

## **Estudio de casos, proyectos construidos o en construcción que implementaron BIM en Panamá**

Paralelo a las iniciativas para implementar BIM en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá, algunos proyectos públicos de gran envergadura, ya tuvieron incluidos requisitos en su pliego de cargos para implementar BIM en sus proyectos, otros casos fueron iniciativas de implementación de las propias empresas privadas para la implementación en sus proyectos. No existen en Panamá fuente de información detallada sobre su implementación o nivel de implementación en los proyectos ejecutados, sin embargo, luego de una investigación exhaustiva, fue posible encontrar información relevante de estos proyectos.

### **Ampliación Canal de Panamá**

Este megaproyecto, ya incluyó el uso de BIM en varias fases de su ejecución, (Autodesk Corporate Business Partner, MWH) describe la experiencia de la siguiente manera: “En 2009, la compañía de Ingeniería MWH Global comenzó a diseñar uno de los proyectos de construcción más grandes y ambiciosos del mundo: la expansión del Canal de Panamá.

Con un proyecto de esta envergadura y urgencia, es necesario administrar varios frentes a la vez. La excavación tuvo que comenzar aún antes de que los diseños se hubiesen completado. La Ingeniería civil y el software de modelado de información de la construcción (BIM) permitió que el equipo de Global MWH asignara sitios y realizara la detección de conflictos críticos, lo que generó un ahorro de miles de horas de re-trabajo y millones de dólares.”



**Figura 19.** Una carrera con la realidad Fuente: (Autodesk Corporate Business Partner, MWH)

Como se puede observar, la implementación de BIM tuvo una interface fundamental entre el diseño y construcción del proyecto, permitiendo avanzar en estos trabajos en paralelo, mientras se desarrollaba el diseño. Este proyecto fue culminado en el año 2016.

### **Expansión del Aeropuerto Internacional de Tocumen – Terminal 2**

Si bien no fue posible encontrar información acerca de la implementación de BIM en el proyecto, describe por una participación propia del investigador, que se implementó la coordinación BIM entre los diseñadores del proyecto y los diseñadores de las diferentes empresas subcontratistas especialistas en la instalación de sistemas (agua potable, protección contra incendios, aire acondicionado, comunicaciones, eléctrica, entre otras), los mismos que se realizaban sobre un modelo BIM instalado en la nube, el modelo incluía un levantamiento de nube de puntos, levantado de la estructura de hormigón del edificio ya construida, donde todas las empresas subcontratistas de instalaciones, trabajaban de forma colaborativa en este modelo federado.

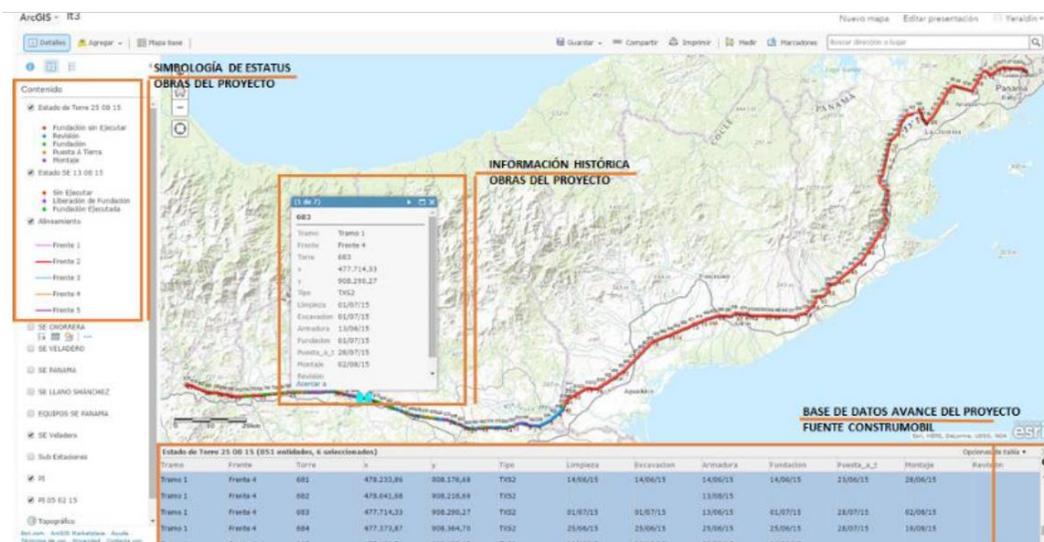
También se realizaron reuniones semanales de coordinación basados en el modelo BIM actualizado, en los que participaban el equipo de diseño del proyecto, las distintas empresas subcontratistas de instalaciones de sistemas, el equipo de construcción del proyecto, entre otros departamentos interesados, el propósito de estas reuniones era

resolver los conflictos encontrados durante el desarrollo del diseño, así como la evaluación del desarrollo de los trabajos de construcción y diseño.

La implementación BIM en este proyecto, se puede concluir que fue muy útil, ya que permitió resolver los problemas del proyecto tan pronto como estas se presentaban, gracias al modelo BIM que se actualizaba contantemente con el trabajo colaborativo entre los diferentes departamentos involucrados del proyecto.

### Tercera Línea de Trasmisión Eléctrica

En este caso, la solución BIM utilizada para la obra, fue la herramienta ArcGIS de ESRI, la empresa a cargo de la ejecución del proyecto, implementó la herramienta por iniciativa propia, esta fue utilizada tanto para el proceso de licitación del proyecto y posteriormente para el proceso de diseño y construcción del mismo.



**Figura 20.** Seguimiento online ejecución del proyecto: Tercera Línea de Trasmisión Eléctrica. Fuente, Elaboración del investigador.

En el proceso de propuesta para la licitación, la herramienta permitió realizar un catastro completo de caminos de acceso hacia la futura línea de transmisión eléctrica, así como listar de kilometrajes para cada zona, información necesaria ya que gran parte del desarrollo de proyectos de este tipo son de carácter logístico donde se necesitaba transportar permanente los materiales hacia los sitios de construcción, el cual se extendía por 300Km.

Para la presentación de la propuesta en la licitación del proyecto, esta información fue un valor agregado ya que, con toda la información recolectada de bases de datos GIS, permitió elaborar y presentar un plan detallado de logística en la propuesta, que en parte aportó al momento de ganar el proyecto.

Durante la fase de construcción, al tratarse de un proyecto lineal que se extendía por 300km, inspeccionar el desarrollo del proyecto de forma presencial resultaba muy difícil desde los campamentos, la solución determinada para esto, fue la utilización de dispositivo móviles (celulares), como colectores de datos para el registro de avance de obra que estaba a cargo de los supervisores de sitio, esta innovación fue crucial para controlar la ejecución del proyecto, el mismo era actualizado diariamente y disponible online para consulta de los colaboradores del proyecto todo en tiempo real, vía online. Este proyecto fue culminado en el año 2017.

### **Centro de Convenciones de Amador**

Este proyecto también incluyó la implementación de metodología BIM durante el desarrollo de diseño y construcción del proyecto, de acuerdo a (AYESA), el alcance del proyecto incluyó:

- “Gestión y supervisión del modelo BIM del edificio
- Gestión de costes, con el control sobre el avance de las certificaciones de obra y apoyándose en el desarrollo BIM del proyecto.”

Este proyecto fue entregado en el año 2021.

### **Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá**

Este megaproyecto incluye en su pliego de cargos la implementación de un modelo BIM para el seguimiento del proyecto además de su integración con un modelo en GIS, el cual se llamará BRIM4.

El desarrollo del modelo que se encuentra actualmente en la fase de diseño, este permitirá la elaboración de planos para la ejecución del proyecto, también permitirá la

detección de interferencias de utilidades públicas con el proyecto, así como su diseño de reubicaciones de utilidades.

Para la fase de construcción, se prevé el seguimiento tanto en tiempo 4D como el seguimiento de los costos 5D del proyecto en el modelo.

Cabe destacar que la tecnología de interoperabilidad BIM-GIS actualmente ya existe, siendo liderada esta iniciativa por la alianza entre AUTODESK (BIM) y ESRI (ArcGIS), la cual ha tomado el nombre de GEOBIM, tecnología no existente en el tiempo de licitación del proyecto, esta alianza facilitará llevar a cabo esta integración en el proyecto en el modelo.

#### **4.2. Definiciones de términos relacionados con el problema en estudio**

- **AEC:** Acrónimo para Architecture Engeenering and Construction por sus siglas en inglés, se refiere a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
- **PMI:** Acrónimo para Project Management Institute por sus siglas en inglés, Institución dedicada a la Dirección de Proyectos.
- **Guía PMBOK:** Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos.
- **WBS o EDT:** Es acrónimo de (Work Breakdown Structure) y en español EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo). Consiste en la estructura jerárquica de las tareas de un proyecto, comenzando desde las macro-áreas para luego subdividirlas en partes cada vez más pequeñas.
- **BEP:** Acrónimo para BIM Execution Plan, por sus siglas en inglés. Documento que describe todos los procesos BIM que serán aplicados durante todas las fases de un proyecto y cómo serán ejecutadas. Este documento incluirá todos los criterios que deben ser considerados al desarrollar un proyecto, cómo intercambiar información entre todas las partes interesadas, el LOD aplicado a una etapa en particular y todos los objetivos del proyecto.
- **BIM:** Acrónimo para Building Information Modeling, por sus siglas en inglés. Es el conjunto de metodologías y herramientas de software que permiten la recreación o simulación de una construcción, generando un modelo con

información útil para la gestión del ciclo de vida (diseño, construcción y mantenimiento) de un edificio o infraestructura.

- **La metodología BIM (Building Information Modeling):** Es el proceso de generación y gestión de datos del proyecto durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.
- **BRIM:** Acrónimo para Modelado de Información de Puentes, por sus siglas en inglés.
- **BRIM4:** Acrónimo para Modelo de Información del IV Puente.
- **“Clash Detection” o Detección de Interferencias:** Trabajo de detección de interferencias físicas de elementos entre los distintos modelos BIM de un proyecto.
- **Ecosistema Informático:** Es el conjunto de condiciones técnicas, proveedores de servicios, personal contratado, fabricantes de productos relevantes, incluido software, así como todo el equipo o elementos necesarios y su relación para lograr un producto informático. En este caso particular, el producto objetivo es la conversión de datos BIM a datos GIS con la máxima compatibilidad, para el seguimiento y control del diseño, la ejecución de la obra y el mantenimiento de lo construido con la herramienta GIS, en todas las etapas del trabajo.
- **Familias:** Elementos virtuales que representan físicamente un objeto real dentro del espacio de modelado. Todos los componentes de un modelo pueden ser creados y configurados con numerosos parámetros, ya sea que estén en 2D o 3D.
- **Fase:** Se refiere a cada una de las posibles etapas de construcción de un proyecto: diseño preliminar, diseño conceptual, permisos, construcción, coordinación, etc.
- **GIS (Geographical Information System) - S.I.G.** (Sistema de Información Geográfica): Conjunto de herramientas y procesos que permiten organizar y analizar información referenciada geográficamente.

- **IFC:** Acrónimo para Industry Foundation Classes, por sus siglas en inglés. Archivo con un formato abierto que cumple la función de intercambiar modelos 3D que contengan información constructiva de un proyecto. Archivos en formato IFC tienen un amplio apoyo que permite intercambiar información entre todas las partes de un proyecto. Es un formato abierto que no es controlado por un único vendedor o un grupo de vendedores.
- **Interoperabilidad:** es el proceso de comunicación externo entre dos o más programas, basado en la exportación e importación de la información (datos) entre ellos. Los programas BIM utilizan para interoperar los formatos IFC
- **LOD:** Acrónimo para Level of Development, por sus siglas en inglés, el cual se refiere al nivel de desarrollo de todos los elementos de un modelo.
- **Modelo Contenedor:** Consiste en un modelo en el que están vinculados distintos submodelos BIM, para reunir en su conjunto toda la información de un activo. Los submodelos vinculados pueden ser de la misma disciplina o de diferentes disciplinas.
- **Submodelo:** Es un modelo BIM de una parte determinada de un activo. Se emplean para limitar el tamaño de los archivos (no es recomendable modelos de más de 200MB).
- **Modelo Federado:** Es un modelo BIM que tiene vinculados todos los modelos de diferentes disciplinas. A diferencia de los modelos integrados, los modelos federados no fusionan las propiedades de modelos individuales en una sola base de datos.
- **El concepto de "federación"** destaca el hecho de que existe una estructura (WBS, Work Breakdown Structure) que relaciona a toda la organización modelos para el mismo proyecto. Esta idea incluye la nomenclatura, codificación, georreferencia y gestión de datos.
- **Modelo Integrado:** Es un modelo BIM que enlaza modelos de diferentes disciplinas generando un modelo con una base de datos única con los datos de los modelos individuales.
- **Modelos "As Built" o "Como Construido":** son documentos constructivos que reflejan todos los cambios y actualizaciones en las especificaciones y

planos durante la ejecución de la Obra que muestra las dimensiones exactas, la geometría, la localización de todos los elementos, etc., una vez el Trabajo se haya completado.

- **BIM 4D:** Información de tiempos y estimación de tiempo/tareas de la construcción de su proyecto a través del modelo BIM.
- **BIM 5D:** Información de costos y estimación de gastos de su proyecto a través del modelo BIM.
- **BIM 6D:** Información de sostenibilidad a través de análisis y simulaciones energéticas de los modelos. Seguimiento LEED.
- **BIM 7D:** Información de Operación y Mantenimiento de los activos a través del modelo BIM.

### **3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA**

#### **3.1. Metodología**

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizará el tipo de investigación aplicada, con un nivel de profundidad descriptiva, así como la comparación y análisis de datos de forma transversal.

##### **Investigación Bibliográfica**

Se realizará una revisión de las técnicas y procedimientos utilizados para la Dirección de Proyectos, así como las herramientas utilizadas para su implementación y control de los procesos en los proyectos de construcción.

Investigación de información bibliográfica de fuentes disponibles, sobre técnicas y procedimientos utilizados en el manejo de proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, que utilizaron la Metodología BIM.

##### **Estudio de casos**

Se realizará el estudio de casos de proyectos de construcción ejecutados con la Metodología BIM en Panamá, tanto por la investigación de documentos disponibles, así como casos de experiencias propias del investigador.

##### **Encuesta a profesionales**

Para complementar el trabajo de investigación, se realizará una encuesta, a realizarse solamente en Panamá como población, el que incluirá a profesionales de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción como muestra, con el objetivo de conocer el nivel de conocimiento y experiencia de los encuestados, tanto de la Dirección de Proyectos, así como de la Metodología BIM.

Para la recepción de la información de la encuesta, se recurrió como técnica, la utilización de la herramienta tecnológica Google Forms, la cual lleva el nombre: “Encuesta Conocimiento de la Dirección de Proyectos y Metodología BIM”.

Los profesionales fueron contactados por medio de la red social de profesionales LinkedIn, todos los profesionales contactados residen y trabajan en Panamá.

Luego de contactar a los profesionales incluyendo una corta introducción y explicando que la naturaleza de la encuesta sería utilizada para la elaboración de un trabajo académico, se observó gran interés por parte de los participantes.

La encuesta fue realizada entre el 15 de marzo del 2022 y se cerró el 30 de marzo del 2022.

La lista de preguntas realizadas a los participantes, se incluyen en el Anexo 1

La lista de respuestas recibidas en Goolge Forms, se encuentran el en Anexo 2

#### 4. CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS E INFORMACIÓN

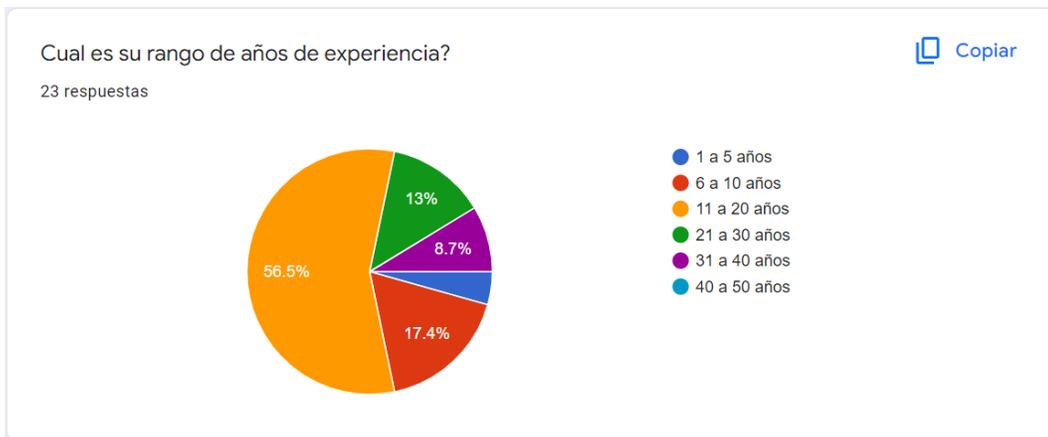
Se buscó conocer a qué áreas de conocimiento o departamentos al que pertenecen los encuestados.



**Figura 21.** Departamento o área en la que se ha especializado o colaborado.  
Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Se observa que los entrevistados pertenecen a una variados departamentos o áreas de conocimiento pertenecientes a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, especialmente se observa a profesionales de área estratégicas como: Ingeniería y Diseño; Construcción o Producción, Control de Costos, las cuales están directamente relacionadas con la Dirección de Proyectos y Metodología BIM, también se puede observar colaboradores en áreas como Planeamiento y AC-CC en menor cantidad.

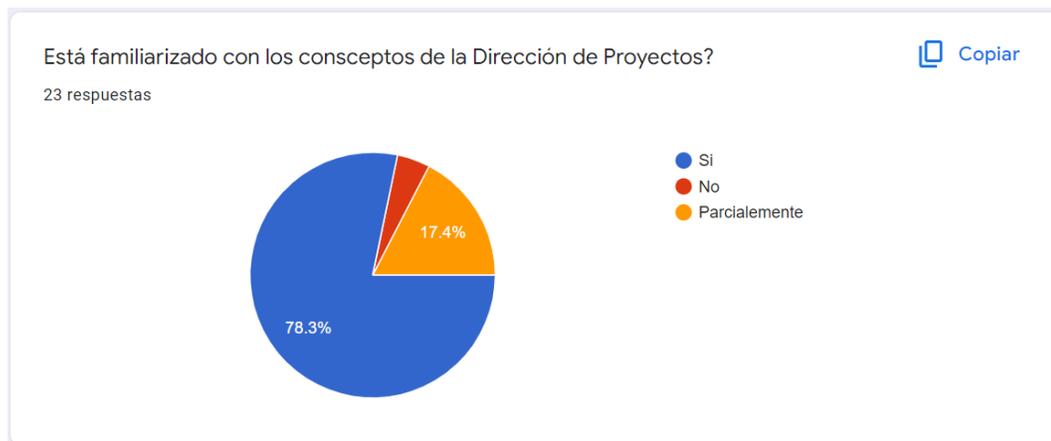
A continuación, se buscó conocer el rango de experiencia de los encuestados.



**Figura 22.** ¿Cuál es su rango de años de experiencia? Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Se puede observar que más del 50% de los encuestados tiene un rango de entre 11 a 20 años de experiencia, colaborando en proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, el segundo rango representativo está entre los 6 a 10 años, esto sugiere que los profesionales encuestados, ya tienen conocimiento o experiencia con los procesos y procedimientos de ejecución de proyectos, así como con conocimiento de la cultura organizacional de las empresas donde colaboran.

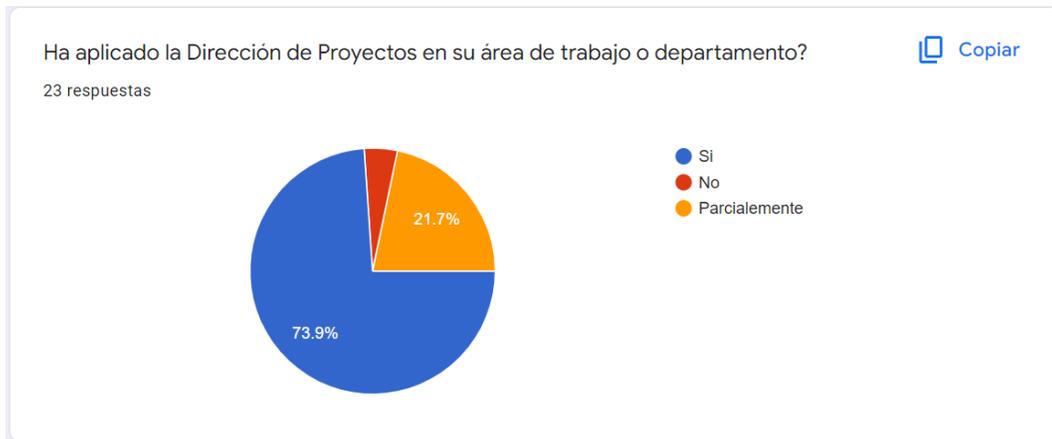
Los otros rangos de edades, aunque en menor cantidad, representan a profesionales con mayor experiencia en la industria.



**Figura 23.** ¿Está familiarizado con los conceptos de la dirección de Proyectos? Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

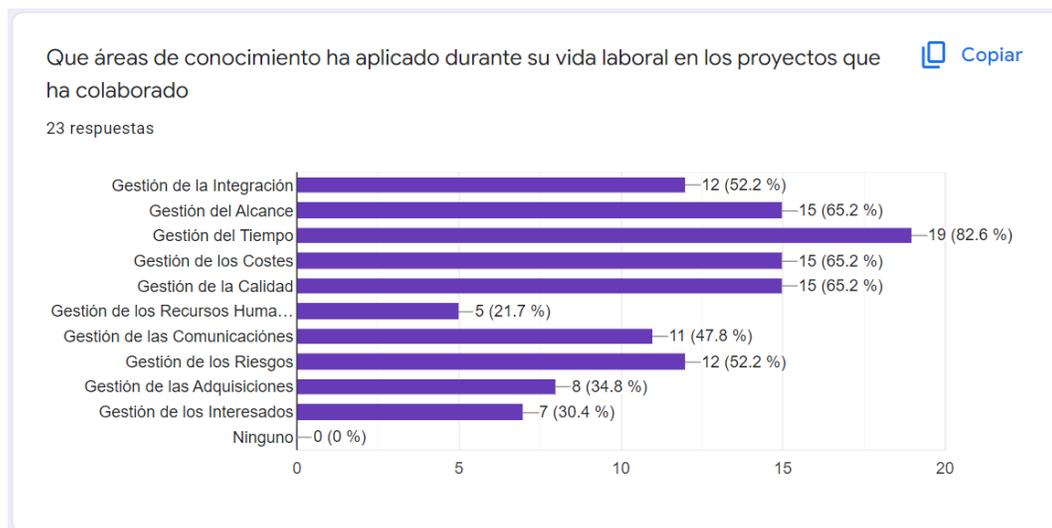
En los resultados obtenidos, se puede observar que el 78% de los profesionales encuestados tiene conocimientos sobre los conceptos de la Dirección de Proyectos, lo cual sugiere que estas herramientas actualmente son ampliamente conocidas en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

También se puede observar que una importante parte, el 17% de los encuestados conoce parcialmente sobre sus conceptos de la Dirección de Proyectos, posiblemente conocen sólo las áreas de conocimiento relacionadas con su área de trabajo.



**Figura 24.** ¿Ha aplicado la Dirección de Proyectos en su área de trabajo o departamento? Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Se puede observar que un 74% de los profesionales está aplicando los conocimientos de la Dirección de Proyectos, y el 22% de los profesionales encuestados las aplican parcialmente, probablemente sólo las correspondientes a su área de trabajo.



**Figura 25.** Qué área de conocimiento ha aplicado durante su vida laboral en los proyectos que ha colaborado. Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

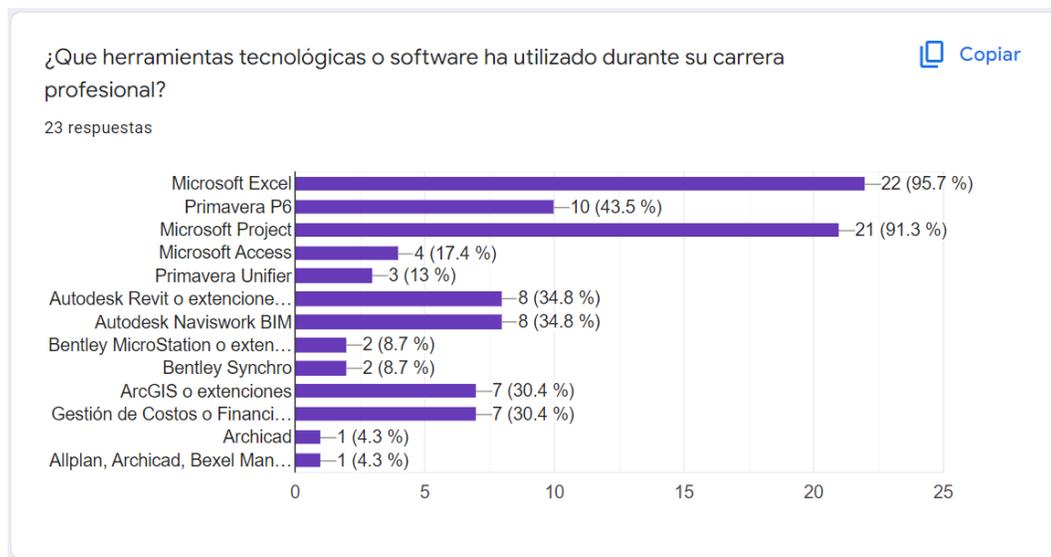
Podemos apreciar que el área de conocimiento más utilizada por los profesionales encuestados, es la Gestión del Tiempo 83%, lo cual tiene su lógica ya que, para la definición del tiempo de un proyecto, se necesita determinar: el alcance, las actividades

a ejecutar, determinar los recursos necesarios, y finalmente una estimación de costos para ejecutar un trabajo.

En un segundo grupo de las áreas de conocimiento más utilizadas, podemos apreciar a las Gestiones de Integración, Alcance, Costos, Calidad, Riesgos 65%, las cuales está estrechamente relacionadas junto con la Gestión del Tiempo para la definición de un nuevo proyecto.

En un tercer grupo se puede apreciar la utilización de otras áreas de conocimiento que pueden ser catalogadas como soporte de las áreas de conocimiento principales, antes comentadas.

Otro dato importante a notar es que todos los colaboradores al menos han aplicado los procedimientos de un área de conocimiento en su vida laboral.



**Figura 26.** Qué herramientas tecnológicas o software ha utilizado durante su carrera profesional Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

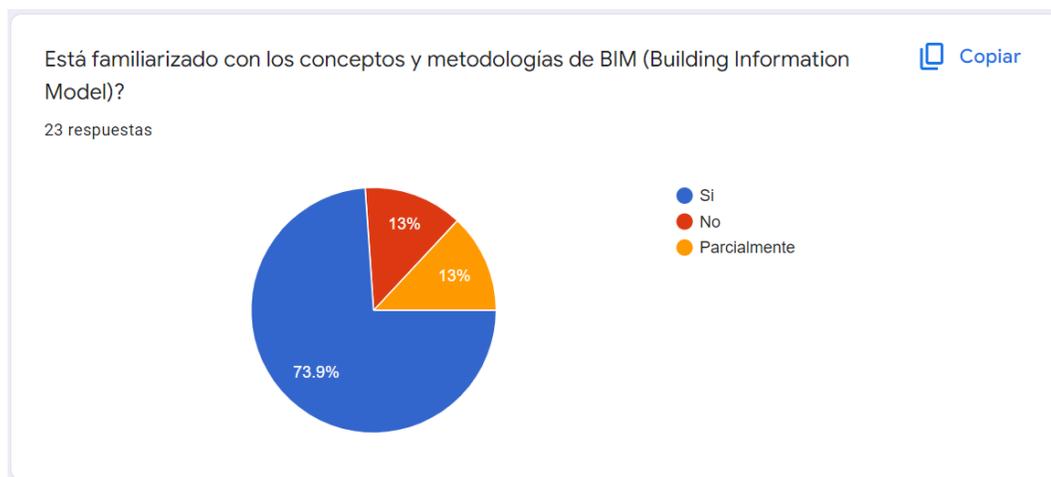
En lo referente a las herramientas tecnológicas que utilizan los profesionales encuestados, se puede observar que Excel es la herramienta universal de uso alcanzando un 96%.

Por otro lado, se observa que las herramientas de Dirección de Proyectos también son ampliamente utilizadas, principalmente Microsoft Project utilizado por un 91% de los

encuestados, seguido por Primavera P6 que ha sido utilizado por el 44% de los encuestados.

En menor número, alcanzando un 35%, se observa la utilización de herramientas de la Metodología BIM de Autodesk, así como las herramientas GIS ArcGIS utilizadas por el 30% de los encuestados. Es importante conocer que no todas las áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos pueden ser aplicadas a BIM.

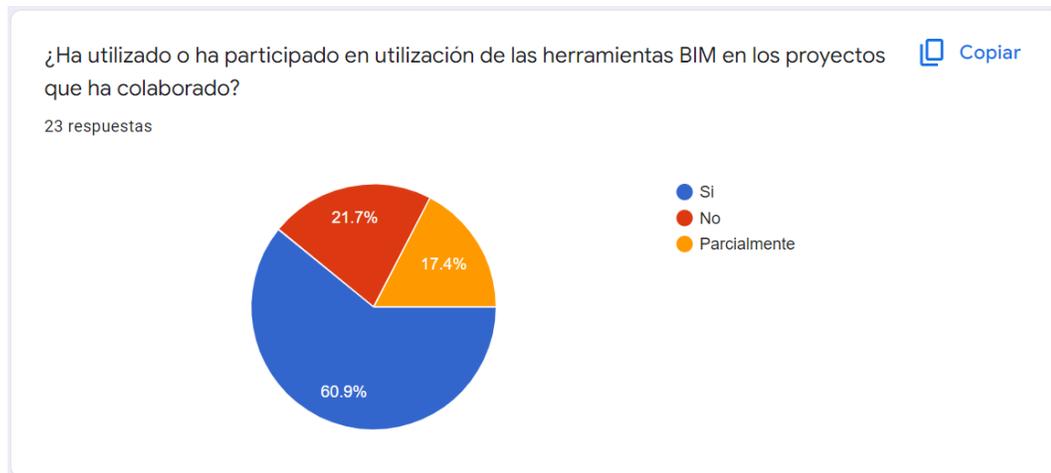
De igual manera, herramientas para el Control de Costos y Financieras, han sido utilizadas por el 30% de los profesionales encuestados.



**Figura 27.** Está familiarizado con los conceptos y metodologías BIM (Building Information Model). Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Similar a la Dirección de Proyectos, se puede observar que los profesionales encuestados están familiarizados con los conceptos de la Metodología BIM, alcanzando un 74%.

Importante señalar que un 13% de los encuestados no conoce sobre los conceptos de la Metodología BIM.

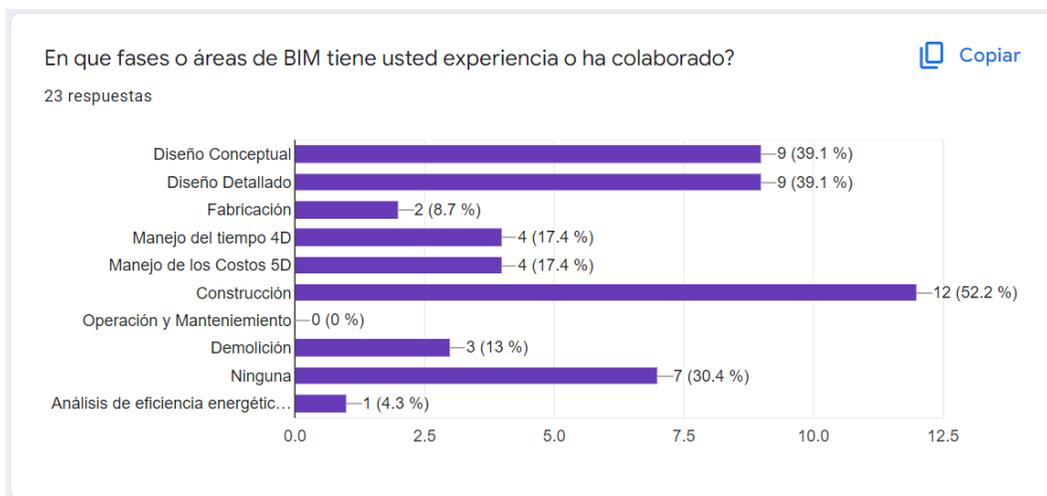


**Figura 28.** ¿Ha utilizado o ha participado en la utilización de las herramientas BIM en los proyectos que ha colaborado? Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Se puede observar que la participación en actividades BIM disminuye significativamente alcanzado un 70% de los encuestados.

También se puede observar un incremento en la cantidad de profesionales que no ha participado en la utilización de herramientas BIM, alcanzado un 18% de los encuestados, la razón puede tener varias causas, entre ella podemos concluir que, al tratarse de una tecnología relativamente nueva, no ha sido utilizada por muchos de los encuestados.

Otra razón derivar que la herramienta actualmente puede aplicarse solo a ciertas áreas de conocimiento, como desarrollo de diseño, control del tiempo o costos, existen otras como RRHH, Adquisiciones, Interesados, comunicaciones, que no permiten ser tratados directamente en esta metodología.



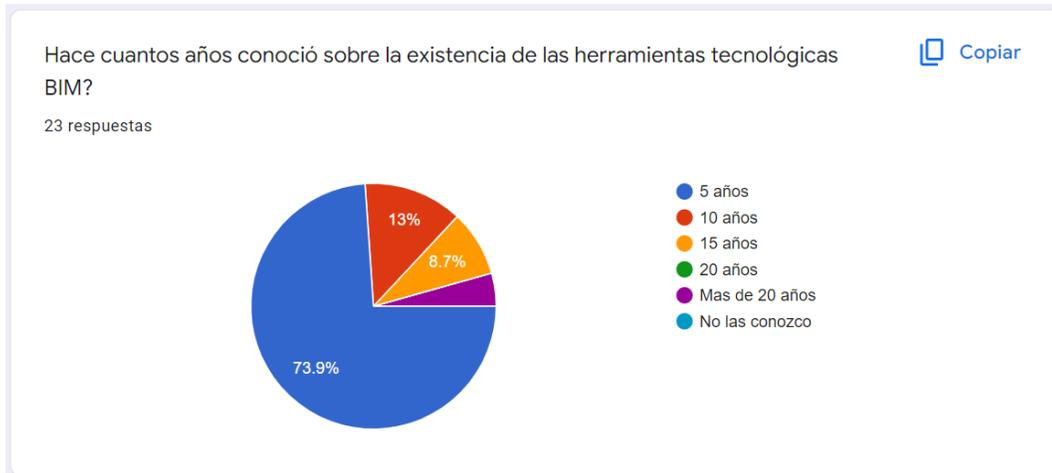
**Figura 29.** ¿En qué fases o áreas de BIM tiene usted experiencia o ha colaborado?  
Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

En esta gráfica se pudo observar importantes datos de resultados, el 52% de los encuestados tiene experiencia usando la Metodología BIM para la fase de construcción, siendo esta una de las razones del desarrollo de esta tecnología, el facilitar los procesos en la fase construcción con un modelo robusto que contenga la información necesaria y actualizada, que permita el desarrollo de las actividades de construcción.

También se puede observar que un 39% de los profesionales encuestados, tiene experiencia en el desarrollo de diseños, tanto conceptual como detallado, donde se va definiendo el modelo con la información necesaria de acuerdo a los LOD, que permita compartirla con las fases siguientes de fabricación y construcción.

Otro dato relevante es el porcentaje de colaboradores que no han participado en ninguna fase de la Metodología BIM alcanzando un 30% de los encuestados.

Un dato adicional importante, es la inclusión por uno de los encuestados, del Análisis de Eficiencia Energética, dimensión 6D, la cual es una reciente incorporación a la metodología BIM y se deduce, puede estar siendo aplicada ya en Panamá.

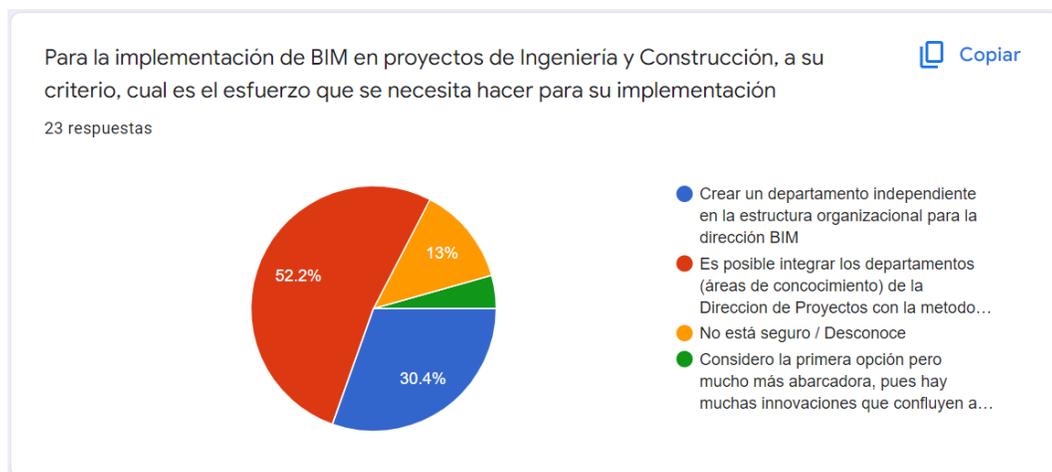


**Figura 30.** ¿Hace cuantos años conoció sobre la existencia de las herramientas tecnológicas BIM? Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

Se puede observar en los resultados de la encuesta, que el 74% de los encuestados conoce sobre las herramientas BIM desde hace solo cinco años, sugiriendo que, en Panamá, esta tecnología es recientemente conocida por la mayor parte de los profesionales encuestados.

También se puede concluir, que esta es un área de mercado laboral prácticamente nueva en Panamá, la cual tendría un potencial de crecimiento importante para los años siguientes, tomando en cuenta que la misma está siendo implementada a nivel mundial.

Un grupo menor con el 13% de los encuestados, ya conocía sobre estas herramientas BIM hace 10 años.



**Figura 31.** Para la implementación de BIM en proyectos de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, a su criterio, cual es el esfuerzo que se necesita hacer para su implementación. Fuente: respuestas de encuesta Google Forms.

“Es posible integrar los departamentos (áreas de conocimiento) de la Dirección de Proyectos con la metodología BIM”. El 52% de los encuestados cree que esta opción es posible.

“Crear un departamento independiente en la estructura organizacional para la dirección BIM”. Otro grupo menor de encuestados, el 30% cree que esta opción es posible.

También un importante grupo, alcanzado el 13%, “No está seguro / Desconoce” cuál sería la mejor opción para la implementación de la metodología BIM en un proyecto.

Un dato adicional, solicitado a los profesionales encuestados, comunica: “Considero la primera opción, pero mucho más abarcadora, pues hay muchas innovaciones que confluyen actualmente que complementan la metodología BIM y pueden coexistir en una especie de área de innovación y desarrollo”.

Finalmente, en la encuesta realizada, se solicitó a los participantes:

“Sugerencias u observaciones sobre la metodología BIM que pueda aportar en base a su experiencia.”

A continuación, se comparte estas importantes sugerencias emitidas por los profesionales consultados:

- “Es necesario que la Alta Dirección apoye e impulse para que el resto de las áreas se oriente y encamine al uso del BIM.”
- “Me parece que al aplicar las normas de intercambio digital de la serie ISO 19650 de intercambio de información digital incluyendo BIM, se logra la optimización del proceso colaborativo, estos se enfocan en el flujo y la calidad de la información, esta norma se integra a las normas ISO 9001, ISO 55000, ISO 21500, y los roles definidos en esta serie sin problemas pueden ser integrados dentro de una PMO.”
- “Para la implementación BIM se debería primero tener un departamento independiente (o una empresa externa) con personal experto en manejo de

la herramienta, el cual capacite al resto de departamentos y ponga a funcionar todos los módulos.”

- “Implementar niveles de desarrollo (LOD) pensados para el tipo de proyecto para no incurrir en esfuerzos que no generen valor.”
- “Capacitaciones.”
- “Se necesita parte de formación y puesta en práctica.”
- “El plan BIM es el paso de coordinación, organización y que le brinda mayor estructura a un proyecto. Un plan BIM completo y bien estructurado asegura el éxito a futuro del proyecto.”
- “Para una implementación sostenible de la metodología es muy importante analizar los procesos de adopción y uso para ver como insertarla en un entorno de trabajo dinámico.”
- “Pienso que cuando el mismo es incorporado a un proyecto desde su etapa inicial puede traer beneficios significativos de tiempo y costo aumentando la productividad, evitando interferencias y conflictos.”

## 5. V. CONCLUSIONES

El desarrollo de investigación de este trabajo ha permitido evaluar cuál es la situación actual de la implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Panamá, las conclusiones de esta investigación se describen a continuación.

Después de una revisión exhaustiva de la investigación bibliográfica, se puede concluir que tanto la Dirección de Proyectos como la Metodología BIM tienen como objetivo común, la ejecución y control de un proyecto o producto, aplicando a procedimientos y técnicas definidas, que permitan culminar el mismo cumpliendo con el alcance, tiempo, costo y calidad definidos inicialmente para el proyecto.

En lo referente de la Dirección de Proyectos, estas herramientas, procesos, y procedimientos, han venido utilizándose a lo largo de los años en la ejecución proyectos en una diversidad de industrias, debido a los resultados exitosos obtenidos por su aplicación, así como la política de innovación y mejora constante de sus procesos, basado en las lecciones aprendidas obtenidas en los resultados cada proyecto ejecutado.

En lo Referente a la Metodología BIM, esta tecnología está limitada al desarrollo de proyectos de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, donde el producto principal se centra el desarrollo del modelo BIM del proyecto, es importante en este caso recalcar que la Metodología BIM de un proyecto, debe atender y estar subordinado alcance definido descrito en el documento Plan para la Dirección del Proyecto, el cual es aprobado por la gerencia del proyecto.

En conclusión, se puede definir que la Metodología BIM, puede ser una herramienta esencial, que generará un valor agregado durante la Dirección de Proyectos de construcción, soportando y disponiendo a la gerencia del proyecto, con toda la información necesaria para la definición del Alcance, Tiempo, Costo, Calidad de un proyecto. De igual manera durante su fase de ejecución, permitirá soportar a los interesados del proyecto con la representación gráfica de su progreso sobre el Modelo BIM desarrollado, permitiendo así la toma de decisiones oportunas para mantener el proyecto en curso.

Entre las ventajas que aporta la Metodología BIM para la definición, el seguimiento y el control de un proyecto se encuentran:

- Conexión entre los equipos y especialidades que desarrollan el diseño, trabajando en comunidad en un modelo BIM único llamado federado.
- Flujos de trabajo de datos disponibles durante todo el ciclo de vida del proyecto desde el diseño, la Ingeniería y la construcción.
- El trabajo coordinado entre los participantes del desarrollo de diseño en el Modelo BIM integrado, se lleva a cavado en le nube y la actualización de los cambios pueden ser actualizados en tiempo real.
- Reducción de retrabajos en el diseño a caudados por la falta de comunicación entre los equipos al trabajar de forma separada.
- Uso de los datos BIM para orientar a los equipos de planificación, programación, logística, entre otros, durante las fases de licitación de proyectos, diseño conceptual, diseño detallado a través del desarrollo de los LOD.
- Actualización continua de información desde el modelo BIM para el equipo de planificación durante la fase de seguimiento y control.
- La información del modelo BIM del proyecto, permite al equipo de planificación definir el WBS del proyecto.
- En la fase de construcción, el modelo BIM dispone la información como: especificaciones técnicas de materiales y cantidades de obra para uso del equipo de construcción, subcontratistas, proveedores para trabajos de logística.
- Los modelos BIM pueden ser integrados al Cronograma del Proyecto para el seguimiento y control del tiempo 4D y de los costos 5D durante su ejecución, permitiendo realizar la simulación del avance del proyecto en el modelo.

Para que la ventaja descrita anteriormente sea efectiva, es importante recalcar la importancia de la definición de integración entre el modelo BIM y el Cronograma de un Proyecto al inicio del proyecto, delimitando así la creación de una WBS para ambas herramientas, definiendo también una única codificación común entre los elementos del modelo BIM y sus actividades en el cronograma de proyecto relacionadas. Esta

integración al inicio del proyecto permitirá la comunicación entre las dos herramientas a la hora de representar el progreso del proyecto durante su ejecución.

- Finalmente, la Metodología BIM, luego de terminada la ejecución del proyecto, contendrá una vasta base de datos histórica de los elementos del proyecto durante su construcción, la cual podrá ser consultada a la hora de iniciar la fase de operaciones y mantenimiento del proyecto.

Como se pudo observar en la investigación, actualmente existen varios países con mandato BIM para la ejecución de sus proyectos y la tendencia es que este requerimiento siga extendiéndose a otros países.

En Latinoamérica sabemos que ya existen países con el requerimiento de utilización de la metodología BIM en sus proyectos como son: Brasil y Chile, y otros que ya están planificando su implementación.

En el referente a Panamá, se pudo conocer mediante esta investigación, que, en la última década, varios proyectos requirieron la implementación de la Metodología BIM en su desarrollo, entre estos: El Canal de Panamá, Expansión del Aeropuerto de Tocúmen, Centro de Convenciones de Amador, Tercera Línea de Transmisión Eléctrica. Los resultados del nivel de su implementación fueron variados, esta variación es atribuible en parte a la falta especificaciones o requerimientos locales, que permitan definir claramente el alcance que se desean ejecutar en cada proyecto.

También se pudo conocer que ya existen una iniciativa local con el objetivo de promover y fomentar la adopción de la Metodología BIM en el país, liderada por la CAPAC por medio del BIM Fórum Panamá, iniciativa que empezó en el año 2016, esta, sin embargo, se ha visto pausada o frenada por diferentes circunstancias, entre ellas, la pandemia de COVID-19. En este caso, resulta necesario retomar este emprendimiento, con el objetivo de alcanzar el desarrollo ya alcanzado por otros países en el área y el mundo.

Finalmente, la encuesta realizada a los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción permitió determinar importantes resultados del estado actual tanto del

conocimiento como la experiencia de los encuestados acerca de la Dirección de Proyectos y la Metodología BIM en Panamá.

Se pudo observar que los profesionales encuestados ya trabajan o tienen experiencia en varios departamentos o áreas de conocimiento dentro de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, la mayor parte de ellos, más del 50% con experiencia superior a los 11 años en la industria.

Se observa que más del 70% de los profesionales tiene conocimiento o han aplicado en su trabajo, ciertas áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos, en beneficio de los proyectos donde han colaborado.

Sin embargo, se observa una disminución en el porcentaje de profesionales que han colaborado utilizando la Metodología BIM en los proyectos en los que han participado, esto puede ser atribuible, a la reciente implementación de la misma en Panamá, donde más del 70% de los encuestados conoce sobre la Metodología BIM desde hace no más de 5 años.

Es importante recalcar, que existe un gran interés por parte de los profesionales encuestados sobre los temas consultados, especialmente en lo referente a la implementación de la Metodología BIM en Panamá, lo cual se pudo conocer al momento de solicitar la participación llenando la misma la cual lleva el nombre: “Encuesta Conocimiento de la Dirección de Proyectos y Metodología BIM”.

En base a los resultados de la consulta sobre el esfuerzo que tomaría la implementación BIM, más del 50% de los encuestados sugiere que la implementación de la Metodología BIM podría realizarse dentro de la estructura organizativa original de la Dirección de Proyectos de una empresa.

Sin embargo, dentro de departamentos como Diseño, Ingeniería, Construcción, Planeamiento, algunos de los profesionales que los integran, necesitaría especializarse en carreras o certificaciones afines a BIM como; Gerente BIM, Coordinador BIM, Director BIM, Modelador BIM, con esta opción, los recursos y costos adicionales necesarios para la implementación serían bajos, generando un costo beneficio balanceado para sus empresas, considerando además el valor agregado que generaría la implementación de

la Metodología BIM para la presentación y performance de una empresa, en este caso, esta podría ser la mejor opción si se decide su implementación.

Otro 30% de los encuestados considera que se necesitaría la creación de un nuevo departamento o área de conocimiento en una empresa, dedicada al manejo BIM solamente, en este caso el esfuerzo y costo para su implementación serían mayores, además esto generaría la necesidad de creación de procesos adicionales del nuevo departamento, para su comunicación con los departamentos existentes o convencionales, en este caso esta implementación podría no ser tan ventajosa para una empresa.

Considerando que la adopción de la Metodología BIM en el mundo está en creciente aumento, así como la inclusión de esta de forma obligatoria para la ejecución de proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción, es importante que Panamá se integre a esta tendencia, tomando en cuenta la importancia que representa el país en el ámbito mundial del comercio y la logística, donde actualmente se requiere la continua ampliación o construcción de infraestructuras de soporte como puertos, aeropuertos, esclusas, áreas de zona libre, edificios administrativos, puentes, zonas de almacenaje, infraestructura de transporte terrestre, comunicaciones, entre otras, que permitan atender el tránsito y comercio generado por el Canal de Panamá, infraestructuras que cada vez requieren ser de mayor tamaño o complejidad, las cuales necesitan de herramientas tecnológicas eficientes para su ejecución, de esta manera Panamá podrá estar al mismo nivel de desarrollo de otros países y que le permita continuar siendo competitivo en un mundo globalizado.

## 6. VI. RECOMENDACIONES

Con las conclusiones descritas anteriormente, es posible generar recomendaciones que podría facilitar la implementación de la metodología BIM en Panamá, descritas a continuación:

- Continuar y reforzar la promoción de esta tecnología, generando foros y encuentros anuales, involucrando a las instituciones tanto públicas como a la inversión privada relacionada con la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
- Fomentar por parte del Gobierno, el Ministerio de Obras Públicas y universidades estatales, la creación de las normativas, especificaciones y leyes locales, que permitan las reglas claras y los requisitos de implementación de la Metodología BIM en los proyectos de construcción de estado.
- Generar las carreras o certificaciones que permitirá a los profesionales locales de esta industria, especializarse en estas carreras, para atender las necesidades de empleo que se requerirán a futuro en este nuevo mercado laboral, en cual se encuentra en pleno crecimiento a nivel mundial.

## BIBLIOGRAFÍA

Ahmad L., Brahim, J. & Fathi, M. (2014). (2014).

Alberto Alonso Vivar, Ana Artiz Elkarte, Pedro Martínez de Lahidalga Armentia, Margarita Ortega Cuesta. (2015). *Guía para la prevención de riesgos laborales en la Construcción de Puentes*.

Ambriz Avelar, R. (2008). La gestión del valor ganado y su aplicación: Managing earned value and its application. Paper presented at PMI® Global Congress 2008—Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown Square, PA: Project Management Institute. Obtenido de <https://www.pmi.org/learning/library/es-las-mejores-practicas-de-gestion-del-valor-ganado-7045>

Autodesk. (2020). ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE BIM? Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>

AUTODESK. (2021). ¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE BIM? Obtenido de <https://www.autodesk.mx/solutions/bim/benefits-of-bim#:~:text=BIM%20no%20solo%20permite%20que,BIM%20en%20todo%20el%20mundo>.

AUTODESK. (2022). *Países que exigen la Metodología BIM*. Obtenido de <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/images/world-map-r1-white-1920x1000.png>

Autodesk Corporate Business Partner, MWH. (s.f.). *EXPANDIENDO EL CANAL DE PANAMÁ*. Obtenido de <https://www.sonda-mco.com/casos-exito/canal-panama/>

AYESA. (s.f.). *Centro de Convenciones Amador*. Obtenido de <https://www.ayesa.com/es/sectores/arquitectura/edificios-singulares/760-centro-de-convenciones-amador>

Baduel, G. (2021). Los mandatos BIM para 2021 están llegando a América Latina: ¿su empresa está preparada? Obtenido de Los mandatos BIM para 2021 están llegando a América Latina: ¿su empresa está preparada?

Bentley Systems. (s.f.). Diseño y análisis de edificios Active BIM y mejore el diseño de edificios. Obtenido de <https://www.bentley.com/es/solutions/building-design-and-analysis>

BID, FIIC, BIM forumlatam, Laura Lacaze. (2020). *ENCUESTA BIM AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2020*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Encuesta-BIM-America-Latina-y-el-Caribe-2020.pdf>

BIM FORUM. (2020). LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY.

BIM Fórum Panamá. (2018). *El Proceso BIM en la Construcción*. Obtenido de <https://www.bimforumpanama.org/2018/09/26/proceso-bim-la-construccion/>

Building Smart International. (2022). Industry Foundation Classes (IFC).

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. (2018). *La Construcción en el mundo*. Obtenido de <https://cmicveracruzsur.org/2021/08/30/la-construccion-en-el-mundo/>

Fernando Salazar Vélez (Primavera P6-PM) (CAPM). (2021). *Simulación BIM de la construcción de un puente*. Obtenido de [https://www.linkedin.com/posts/fernando-salazar-v%C3%A9lez-primavera-p6-pm-capm-4078b578\\_4dbim-5dbim-gestiondeprojet-activity-6869053004222480384-UG5c?utm\\_source=linkedin\\_share&utm\\_medium=member\\_desktop\\_web](https://www.linkedin.com/posts/fernando-salazar-v%C3%A9lez-primavera-p6-pm-capm-4078b578_4dbim-5dbim-gestiondeprojet-activity-6869053004222480384-UG5c?utm_source=linkedin_share&utm_medium=member_desktop_web)

GRAPHISOFT. (2022). Nuestra Historia. Obtenido de <https://graphisoft.com/es/why-graphisoft/our-story>

Hamil, C. C.-B. (2012). The End Of Babel - IFC promotional video. Obtenido de <https://constructioncode.blogspot.com/2012/07/end-of-babel-ifc-promotional-video.html>

HidebrandtGruppe. (2016). PROFUNDIDAD DE LAS DIMENSIONES BIM EN PROYECTOS DE ALTA COMPLEJIDAD.

PMBOK Guide. (2013). PMBOK Guide.

Triantafilo, P. d. (2021). BIM Dimensiones. Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BIM\\_Dimensiones.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BIM_Dimensiones.png)

U.S. General Services Administration. (2021). Approved Use Matrix. Obtenido de <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/guidelines-for-bim-software/document-guides/level-of-detail/approved-use-matrix>

United BIM. (s.f.). Leading Countries With BIM Adoption. Obtenido de <https://www.united-bim.com/leading-countries-with-bim-adoption/>

Wikipedia. (2022). AutoCAD. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD#:~:text=El%20nombre%20AutoCAD%20surge%20como,su%20primera%20aparici%C3%B3n%20en%201982.>

Wikipedia. (2022). MicroStation. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/MicroStation#:~:text=En%201985%20sale%20al%20mercado,entonces%20filial%20de%20Intergraph%20Co..>

## 7. ANEXOS

- Lista de preguntas de la encuesta
- Lista de respuestas de la encuesta

## Anexo 1

### Lista de preguntas de la encuesta

4/27/22, 8:22 PM Estudio, Implementación de Herramientas BIM para la Dirección de Proyectos de Ingeniería y Construcción en Panamá

**Estudio, Implementación de Herramientas BIM para la Dirección de Proyectos de Ingeniería y Construcción en Panamá**  
Encuesta Conocimiento de la Dirección de Proyectos y Metodología BIM

---

**\*Obligatorio**

1. Nombre del Encuestado

\_\_\_\_\_

2. Departamento o área en la que se ha especializado o colabora \*

*Marca solo un óvalo.*

Planeamiento

Control de Costos

Aseguramiento y Control de la Calidad

Ingeniería/Diseño

Construcción/Producción

Seguridad Industrial

Adquisiciones

Recursos Humanos

Ninguna de las anteriores

<https://docs.google.com/forms/d/165xllUkvo4p9orrdculhTPNwLpZK8qTulSH3yvg2Q/edit> 1/7

3. Cual es su rango de años de experiencia? \*

Marca solo un óvalo.

- 1 a 5 años  
 6 a 10 años  
 11 a 20 años  
 21 a 30 años  
 31 a 40 años  
 40 a 50 años

4. Está familiarizado con los conceptos de la Dirección de Proyectos? \*

Marca solo un óvalo.

- Si  
 No  
 Parcialmente

5. Ha aplicado la Dirección de Proyectos en su área de trabajo o departamento? \*

Marca solo un óvalo.

- Si  
 No  
 Parcialmente

6. Que áreas de conocimiento ha aplicado durante su vida laboral en los proyectos que ha colaborado? \*

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Gestión de la Integración  
 Gestión del Alcance  
 Gestión del Tiempo  
 Gestión de los Costes  
 Gestión de la Calidad  
 Gestión de los Recursos Humanos  
 Gestión de las Comunicaciones  
 Gestión de los Riesgos  
 Gestión de las Adquisiciones  
 Gestión de los Interesados  
 Ninguno  
 Otros: \_\_\_\_\_

9. ¿Ha utilizado o ha participado en utilización de las herramientas BIM en los proyectos que ha colaborado? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Parcialmente

10. En que fases o áreas de BIM tiene usted experiencia o ha colaborado? \*

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Diseño Conceptual  
 Diseño Detallado  
 Fabricación  
 Manejo del tiempo 4D  
 Manejo de los Costos 5D  
 Construcción  
 Operación y Mantenimiento  
 Demolición  
 Ninguna  
 Otros: \_\_\_\_\_

11. Hace cuantos años conoció sobre la existencia de las herramientas tecnológicas BIM? \*

Marca solo un óvalo.

- 5 años  
 10 años  
 15 años  
 20 años  
 Mas de 20 años  
 No las conozco

12. Para la implementación de BIM en proyectos de Ingeniería y Construcción, a su criterio, cual es el esfuerzo que se necesita hacer para su implementación \*

Marca solo un óvalo.

- Crear un departamento independiente en la estructura organizacional para la dirección BIM  
 Es posible integrar los departamentos (áreas de conocimiento) de la Dirección de Proyectos con la metodología BIM  
 No está seguro / Desconoce  
 Otros: \_\_\_\_\_

5. Ha aplicado la Dirección de Proyectos en su área de trabajo o departamento? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Parcialmente

6. Que áreas de conocimiento ha aplicado durante su vida laboral en los proyectos que ha colaborado \*

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Gestión de la Integración
- Gestión del Alcance
- Gestión del Tiempo
- Gestión de los Costes
- Gestión de la Calidad
- Gestión de los Recursos Humanos
- Gestión de las Comunicaciones
- Gestión de los Riesgos
- Gestión de las Adquisiciones
- Gestión de los Interesados
- Ninguno
- Otros: \_\_\_\_\_

13. Sugerencias u observaciones sobre la metodología BIM que pueda aportar en base a su experiencia:

---

---

---

---

---

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

## Anexo 2

Lista de respuestas de la encuesta

4/27/22, 8:32 PM Ecuesta experiencia con herramientas BIM para la Gestión de Proyectos - Formularios de Google

**Ecuesta experiencia con herramientas BIM para la Gestión de Pro** Se guardaron todos los cambios en Drive

Preguntas **Respuestas** 23 Configuración

**23 respuestas**

No se aceptan más respuestas

**Mensaje para los que responden**

El formulario ya no admite respuestas

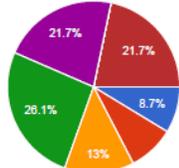
[Resumen](#)      [Pregunta](#)      [Individual](#)

https://docs.google.com/forms/d/16SxllUkvo4p9orrdculhJTPnwLPZK8qTulSH3yvrjzQ/edit#responses 1/9

4/27/22, 8:32 PM Ecuesta experiencia con herramientas BIM para la Gestión de Proyectos - Formularios de Google

**Departamento o área en la que se ha especializado o colabora**  Copiar

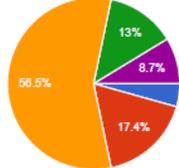
23 respuestas



- Planeamiento
- Control de Costos
- Aseguramiento y Control de la Calidad
- Ingeniería/Diseño
- Construcción/Producción
- Seguridad Industrial
- Adquisiciones
- Recursos Humanos
- Ninguna de las anteriores

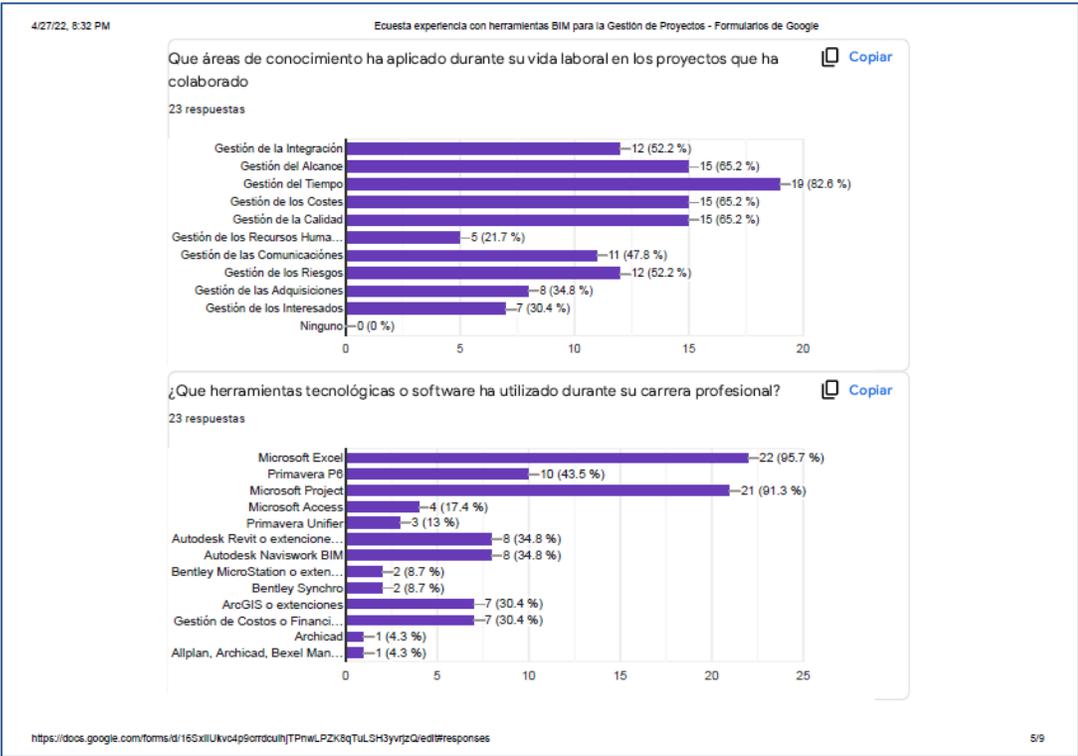
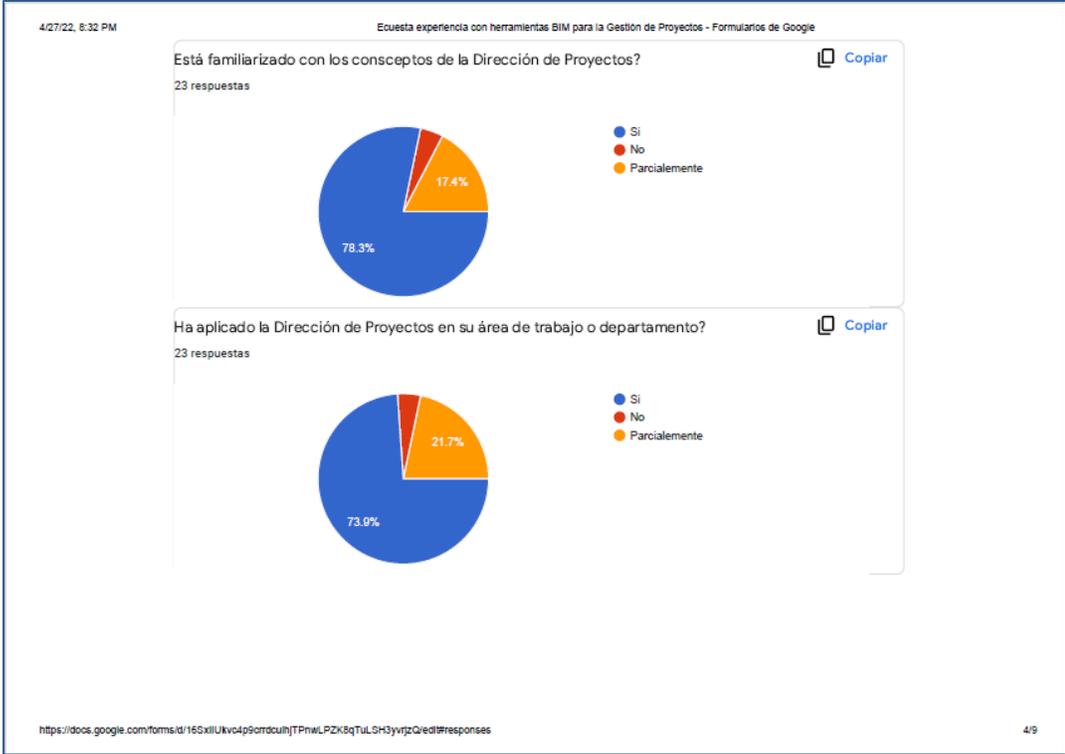
**Cual es su rango de años de experiencia?**  Copiar

23 respuestas



- 1 a 5 años
- 6 a 10 años
- 11 a 20 años
- 21 a 30 años
- 31 a 40 años
- 40 a 50 años

https://docs.google.com/forms/d/16SxllUkvo4p9orrdculhJTPnwLPZK8qTulSH3yvrjzQ/edit#responses 3/9

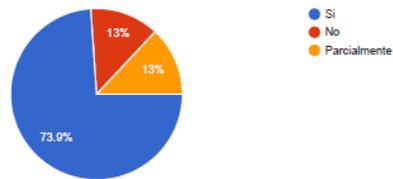


4/27/22, 8:32 PM

Encuesta experiencia con herramientas BIM para la Gestión de Proyectos - Formularios de Google

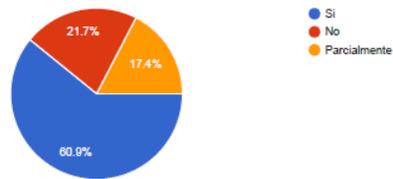
Está familiarizado con los conceptos y metodologías de BIM (Building Information Model)? [Copiar](#)

23 respuestas



¿Ha utilizado o ha participado en utilización de las herramientas BIM en los proyectos que ha colaborado? [Copiar](#)

23 respuestas



<https://docs.google.com/forms/d/16SxiiUkvo4p9orrdouhJTPnwLPZk8qTULSH3yvzQ/edit#responses>

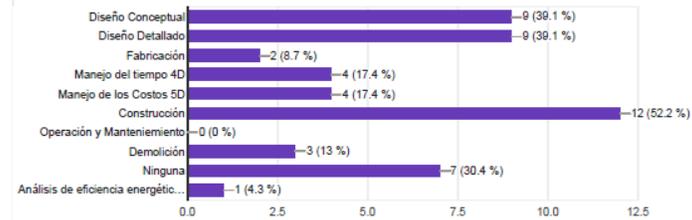
6/9

4/27/22, 8:32 PM

Encuesta experiencia con herramientas BIM para la Gestión de Proyectos - Formularios de Google

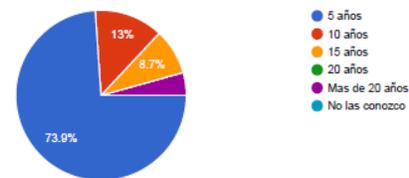
En que fases o áreas de BIM tiene usted experiencia o ha colaborado? [Copiar](#)

23 respuestas



Hace cuantos años conoció sobre la existencia de las herramientas tecnológicas BIM? [Copiar](#)

23 respuestas



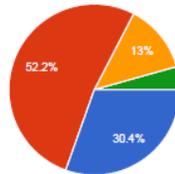
<https://docs.google.com/forms/d/16SxiiUkvo4p9orrdouhJTPnwLPZk8qTULSH3yvzQ/edit#responses>

7/9

Para la implementación de BIM en proyectos de Ingeniería y Construcción, a su criterio, cual es el esfuerzo que se necesita hacer para su implementación

 Copiar

23 respuestas



- Crear un departamento independiente en la estructura organizacional para la dirección BIM
- Es posible integrar los departamentos (áreas de conocimiento) de la Dirección de Proyectos con la metodología BIM
- No está seguro / Desconoce
- Considero la primera opción pero mucho más abarcadora, pues hay muchas innovaciones que confluyen a...

Sugerencias u observaciones sobre la metodología BIM que pueda aportar en base a su experiencia:

9 respuestas

Es necesario que la Alta Dirección apoye e impulse para que el resto de las áreas se oriente y encamine al uso del BIM

Me parece que al aplicar las normas de intercambio digital de la serie ISO 19650 de intercambio de información digital incluyendo BIM, se logra la optimización del proceso colaborativo, estos se enfocan en el flujo y la calidad de la información, esta norma se integra a las normas ISO 9001, ISO 55000, ISO 21500, y los roles definidos en esta serie sin problemas pueden ser integrados dentro de una PMO.

Para la implementación BIM se debería primero tener un departamento independiente (o una empresa externa) con personal experto en manejo de la herramienta, el cual capacite al resto de departamentos y ponga a funcionar todos los módulos.

Implementar niveles de desarrollo (LoD) pensados para el tipo de proyecto para no incurrir en enfuerzos que no generen valor

Capacitaciones.

Se necesita parte de formación y puesta en práctica