



# **UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

## **ESCUELA DE POSTGRADO**

### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Nivel de madurez del Building Information Modeling (BIM) en el sector  
construcción al año 2019 en Lima – Perú

### **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Presentado como parte de los requisitos para optar el grado académico de Maestro en  
Dirección de la Construcción

#### **AUTOR(ES)**

Laos Laura, Xavier Antonio	0000-0003-0715-8348
Irigoin Quesquén, Juan Augusto	0000-0002-0394-0175
Marrerros Vargas, Katherine Jaisie	0000-0002-2719-199X

#### **ASESOR(ES)**

Ayesta Castro, Augusto Narciso	0000-0003-3357-6324
--------------------------------	---------------------

**Lima, 24 de octubre de 2023**

## **DEDICATORIA**

A las personas que estuvieron presente y a las que partieron en un viaje anticipado.

Sin ellos no hubiera podido ser posible superar todos los desafíos que enfrentamos.

Queremos expresar nuestro agradecimiento de manera especial a nuestras familias, y en particular a nuestros hijos, cuyo amor y respaldo nos han sostenido en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por permitirnos profundizar los conocimientos en sus aulas y biblioteca durante todo este tiempo.

Al profesor Augusto Ayesta, por su orientación en el desarrollo de la investigación. Su aporte y orientación fueron importantes en el desarrollo de la investigación.

A los ingenieros y arquitectos que desinteresadamente formaron parte de este estudio y que gracias a su colaboración se ha podido aportar información importante en la industria.

## RESUMEN

En la actualidad, resulta una necesidad relevante contar con metodologías que permitan optimizar el manejo de la información en la ingeniería, es así que es común que las empresas cuenten con plataformas de trabajo colaborativo, software de diversos programas de diseño, planificación y operación en la industria de la construcción; todo esto con el objetivo de buscar ser más eficientes, eficaces y competitivas. La situación expuesta, motivó a los autores para desarrollar la investigación, teniendo el propósito de explicar cómo se encuentra la adopción del BIM en el Perú desde un enfoque de madurez, haciendo además un contraste de su aplicación en diversos escenarios y condiciones al año 2020. Para la investigación se aplicó una exhaustiva revisión crítica y razonada de la literatura referente al tema, sirviendo para el registro actualizado de la misma, así como el correspondiente estudio de forma exploratoria de variables de análisis que permitieron validar los objetivos propuestos. Entre los hallazgos más importantes se resaltan las diferencias de uso, gestión y conocimiento del BIM entre algunos Países de Europa, Norte América y Perú, diferencia que se ha venido reduciendo como consecuencia del desplazamiento de empresas entre diversos países. Asimismo, se encontró una brecha de conocimiento que existe entre las líneas de trabajo funcional y gerencial relacionada además con el tamaño de la empresa. El resultado final de la investigación sostiene que existe una marcada brecha de madurez respecto a otros países, teniéndose una baja adopción de la metodología BIM en el Perú, así como se confirma que, el uso de modelos digitales integrados durante todo el ciclo de vida de un proyecto logra disminuir los sobrecostos en la etapa de ejecución, impactando también en eficiencias de las demás áreas de soporte del proyecto.

***Palabras clave:*** BIM, madurez, implementación, edificaciones.

## ABSTRACT

Currently, it is a relevant need to have methodologies to optimize the management of information in engineering and, it is common for companies to have collaborative work platforms, software of various programs for design, planning and operation in the construction industry; all this with the aim of seeking to be more efficient, effective, and competitive. This situation motivated the authors to develop the research, with the purpose of explaining how BIM is being adopted in Perú from a maturity approach, also making a contrast of its application in different scenarios and conditions until the 2020. For the research, an exhaustive critical and reasoned review of the literature on the subject was applied, serving for the updated registration of the same, as well as the corresponding exploratory study of analysis variables that allowed validating the proposed objectives. Among the most important findings, the differences in the use, management, and knowledge of BIM between some countries in Europe, North America and Perú stand out, a difference that has been reducing because of the displacement of companies between different countries. Likewise, a knowledge gap was found to exist between functional and managerial lines of work, which is also related to the size of the company.

The final result of the investigation maintains that there is a marked maturity gap with respect to other countries, with a low adoption of the BIM methodology in Peru, as well as confirming that the use of integrated digital models throughout the life cycle of a project manage to reduce cost overruns in the execution stage, also impacting efficiencies in the other project support areas.

**Keywords:** BIM, maturity, implementation, buildings.

# e300039473\_Juan Augusto Irigoin Quesquén\_Nivel de madurez del Building Information Modeling (BIM) en el sector construcción al año 2019 en Lima – Perú

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

[www.mef.gob.pe](http://www.mef.gob.pe)

Internet Source

5%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Internet Source

3%

3

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Student Paper

1%

4

[www.ingegeek.site](http://www.ingegeek.site)

Internet Source

<1%

5

[repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080](http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080)

Internet Source

<1%

6

[repositorioacademico.upc.edu.pe](http://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Internet Source

<1%

7

[www.cadbim3d.com](http://www.cadbim3d.com)

Internet Source

<1%

8

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú

Student Paper

<1%

## INDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....</b>	<b>14</b>
1.1 Planteamiento del problema de investigación .....	14
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo General .....	16
1.3.2 Objetivos Específicos .....	16
1.4 Justificación e Importancia.....	17
1.5 Alcances y limitaciones.....	18
1.6 Metodología .....	18
1.7 Población.....	19
1.8 Muestra.....	19
<b>CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>20</b>
2.1 Reseña Histórica .....	20
2.2 Literatura BIM.....	27
2.3 Definiciones de BIM.....	29
2.4 Niveles de Desarrollo BIM (LOD) .....	37
2.5 Niveles de Información Necesaria (LOIN) .....	46
2.6 Niveles de Madurez .....	49
2.6.1 Nivel de madurez – Guía Nacional BIM .....	52
2.7 Modelos de Madurez.....	56
2.8 Barreras de madurez del BIM .....	77
2.9 BIM en Perú .....	78
2.10 BIM en Estados Unidos .....	84
2.11 BIM en Europa .....	90
2.12 Análisis situacional y diagnóstico.....	94
<b>CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>100</b>
3.1 Definición del Perfil de Encuestado .....	100
3.2 Instrumento de recopilación de información .....	100

3.3	Aplicación de instrumento de recolección de datos (encuesta)	102
-----	--	-----

## **CAPÍTULO IV. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....126**

4.1	Nivel de madurez.....	126
4.1.1	Aspectos tecnológicos.....	126
4.1.2	Procesos.....	126
4.1.3	Protocolos.....	126
4.1.4	Publicaciones.....	127
4.2	Competencias profesionales.....	127
4.2.1	Escenario BIM en Universidades de Lima - Perú .....	128
4.2.2	El BIM en la malla curricular .....	128
4.2.3	Desafíos BIM a nivel de pregrado .....	132
4.3	Restricciones en la implementación .....	134
4.3.1	Factores tecnológicos.....	134
4.3.2	Factores Organizacionales.....	136
4.3.3	Factores ambientales .....	137

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA DE VALOR.....139**

5.1	Nivel de madurez actual.....	139
5.2	Pasos para implementación BIM .....	142
5.2	Costos de implementación.....	144
5.3	Retorno sobre la inversión.....	158
5.3.1	El retorno de la inversión en BIM .....	159
5.3.2	Factores del ROI.....	162

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....168**

6.1	Conclusiones.....	168
6.1.1	Respecto al nivel de madurez .....	168
6.1.2	Respecto a las competencias profesionales .....	173
6.1.3	Respecto a las restricciones en la implementación.....	175
6.1.4	Respecto al nivel de desarrollo LOD (Level of Development).....	175
6.1.5	Respecto al retorno sobre la inversión – ROI.....	177
6.2	Recomendaciones .....	177

6.2.1	Respecto al nivel de madurez .....	177
6.2.2	Respecto a las competencias profesionales .....	178
6.2.3	Respecto a las restricciones en la implementación .....	178
6.2.4	Respecto al nivel de desarrollo LOD (Level of Development).....	179
6.2.5	Respecto al retorno sobre la inversión – ROI.....	180
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>181</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> The standards discussed in the study .....	21
<b>Tabla 2</b> Enfoque BIM .....	29
<b>Tabla 3</b> Capacidad del modelo BIM según el nivel LOD.....	43
<b>Tabla 4</b> Características de LOD .....	45
<b>Tabla 5</b> Nivel de detalle (LOD).....	47
<b>Tabla 6</b> Nivel de información (LOI).....	48
<b>Tabla 7</b> Modelos usados en mediciones de madurez BIM .....	57
<b>Tabla 8</b> Modelo de madurez de las capacidades .....	58
<b>Tabla 9</b> Puntuación de descubrimiento de la madurez .....	66
<b>Tabla 10</b> Variables que permiten medir la madurez BIM.....	73
<b>Tabla 11</b> Conteo de proyectos por área construida y número de pisos .....	79
<b>Tabla 12</b> Plan BIM Perú.....	82
<b>Tabla 13</b> Uso de BIM por tipo de actividad.....	95
<b>Tabla 14</b> Años de experiencia y uso BIM.....	96
<b>Tabla 15</b> Grado de aplicación BIM con subcontratos en edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao - 2017 .....	97
<b>Tabla 16</b> Fase de inicio de compatibilización con BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao 2017 .....	98
<b>Tabla 17</b> Resultados percibidos de adoptar BIM .....	99
<b>Tabla 18</b> Ficha técnica de la encuesta.....	101
<b>Tabla 19</b> Características de la malla profesional a nivel de pregrado en Universidades Privadas en Lima. ....	129

<b>Tabla 20</b> Disciplinas en introducción BIM .....	130
<b>Tabla 21</b> Software BIM usado en Arquitectura y Ingeniería Civil en cursos de postgrado Brasil.....	131
<b>Tabla 22</b> Comparación de los desafíos en la adopción BIM en pregrado en los cursos de Arquitectura-Urbanismo e Ingeniería Civil .....	132
<b>Tabla 23</b> Costo de implementación BIM de diferente LOD .....	147
<b>Tabla 24</b> Softwares según especialidad .....	150
<b>Tabla 25</b> Costos de softwares según especialidad .....	151
<b>Tabla 26</b> Requisitos del hardware según tipo de uso.....	153
<b>Tabla 27</b> Costo de hardware según tipo de uso .....	155
<b>Tabla 28</b> Cantidad de profesionales según área de proyecto .....	156
<b>Tabla 29</b> Cantidad de profesionales según área del proyecto .....	157
<b>Tabla 30</b> Resumen de costo de implementación BIM mensual .....	158
<b>Tabla 31</b> Como influyen los participantes en la evaluación de BIM.....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Modelo BIM.....	39
<b>Figura 2</b> LOD 100 Columna de Acero .....	39
<b>Figura 3</b> LOD 200 Columna de Acero .....	40
<b>Figura 4</b> LOD 300 Columna de Acero .....	41
<b>Figura 5</b> LOD 350 Columna de Acero .....	41
<b>Figura 6</b> LOD 400 Columna de Acero .....	42
<b>Figura 7</b> Nivel de Información Necesaria.....	46
<b>Figura 8</b> Nivel de Información necesaria.....	47
<b>Figura 9</b> Niveles de madurez BIM .....	56
<b>Figura 10</b> Puntuación media de los ganadores del premio Technology in Architecture BIM del American Institute of Architects por categoría del Modelo de Madurez de Capacidades. .....	59
<b>Figura 11</b> Tres campos de actividad BIM interconectados - diagrama de Venn .....	61
<b>Figura 12</b> Mapeo de los resultados de la exploración rápida en el diagrama del radar ....	69
<b>Figura 13</b> Modelo hipotético de estructura factorial para el BIM.....	71
<b>Figura 14</b> Dominios inherentes a la implementación de BIM .....	75
<b>Figura 15</b> Niveles de adopción BIM en Estados Unidos.....	86
<b>Figura 16</b> Uso del BIM en North America .....	87
<b>Figura 17</b> Adopción del BIM por tipo y tamaño de empresa .....	89
<b>Figura 18</b> Ratios de adopción BIM en el Reino Unido .....	92
<b>Figura 19</b> Resultados de la encuesta del nivel de madurez en Europa.....	94
<b>Figura 20</b> Datos del encuestado .....	102

<b>Figura 21</b> Profesión u ocupación.....	102
<b>Figura 22</b> ¿Qué rol desempeña en el proceso BIM? .....	102
<b>Figura 23</b> ¿Hace cuánto tiempo viene usando BIM? .....	104
<b>Figura 24</b> ¿Qué nivel de uso de BIM considera que se encuentra usted actualmente? ..	105
<b>Figura 25</b> ¿Qué nivel de implementación BIM tiene la empresa donde labora? .....	106
<b>Figura 26</b> ¿Qué tipo de proyectos realiza en BIM? .....	107
<b>Figura 27</b> ¿En qué fase del proyecto ha usado BIM? .....	108
<b>Figura 28</b> ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora? .....	109
<b>Figura 29</b> ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora? .....	110
<b>Figura 30</b> ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora? .....	111
<b>Figura 31</b> ¿Cuál considera que ha sido el principal motivo para implementar BIM? ....	112
<b>Figura 32</b> ¿Ha recibido capacitación en BIM en los últimos 12 meses? .....	113
<b>Figura 33</b> Tipos de Publicaciones sobre BIM que den en nuestro País.....	114
<b>Figura 34</b> Factores Tecnológicos que puedan afectar la decisión de adopción del BIM	114
<b>Figura 35</b> Factores Organizacionales que afecten la decisión de adopción del BIM....	115
<b>Figura 36</b> Factores ambientales que puedan afectar la decisión de adopción del BIM.	116
<b>Figura 37</b> ¿Cuál considera que representa la principal restricción en la implementación del BIM en las empresas? .....	117
<b>Figura 38</b> ¿Considera que BIM es igual a un modelo 3D de CAD? .....	119
<b>Figura 39</b> Formato de intercambio que se utilizan .....	120

<b>Figura 40</b> ¿En caso de usar base de datos, indicar cuáles? .....	121
<b>Figura 41</b> ¿En caso de usar base de datos, qué programa de intercambio utiliza?.....	122
<b>Figura 42</b> Seleccione que software usa para trabajar BIM en su empresa .....	123
<b>Figura 43</b> ¿Qué nivel de desarrollo LOD están dotados los modelos que se trabaja en la empresa donde labora?.....	124
<b>Figura 44</b> Impacto del BIM en la performance de la empresa donde labora. ....	125
<b>Figura 45</b> Tipos de contacto BIM en las carreras de grado de Arquitectura y Urbanismo y Civil .....	130
<b>Figura 46</b> Ideas claves para el proceso BIM.....	134
<b>Figura 46</b> Niveles de Madurez en Países con implantación BIM .....	141
<b>Figura 47</b> Implementación progresiva propuesta de acuerdo al nivel de madurez .....	143
<b>Figura 48</b> Costos netos para la implantación de BIM en diferentes LOD .....	148
<b>Figura 49</b> Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY).....	148
<b>Figura 50</b> Productividad del diseño durante la implantación del sistema BIM .....	159
<b>Figura 51</b> Estudio de percepción del ROI por parte de los clientes King Brown Partners y Scan Consulting .....	163
<b>Figura 52</b> Pautas de medición del ROI .....	166

## CAPÍTULO I. GENERALIDADES

### 1.1 Planteamiento del problema de investigación

Gould, (2010) señala que en la actualidad los diseñadores tienden a usar el dibujo asistido por computadora (Computer Aided Design – CAD), para producir dibujos ortográficos 2D. Los arquitectos comienzan el proceso estableciendo planos, secciones, elevaciones y detalles. Luego envían la versión electrónica a otras disciplinas, típicamente al ingeniero estructural primero. La estructura es luego añadida y el dibujo es enviado a los demás equipos de servicios para el desarrollo de la parte mecánica, eléctrica y sanitaria. Luego, cada disciplina produce una serie de dibujos, generalmente de forma manual, haciendo referencia a otros dibujos. Este proceso está fuera de secuencia y sujeto a error, presentando el riesgo de emisión incompleta, información descoordinada y ambigua, teniéndose como resultado el rehacer.

Elmualim & Gilder (2014) encontraron tres grandes factores para el éxito de la aplicación del Building Information Modeling (BIM); i) entrenamiento del staff en los procesos y flujos de trabajo, ii) implementación efectiva de los nuevos procesos y el iii) entendimiento del BIM, lo suficientemente como para implementarlo.

Una de las innovaciones recientes más notables para la mejora de los sistemas en el sector de la construcción es el modelado de información de construcción (BIM). La adopción de BIM conlleva una amplia gama de beneficios que incluyen la mejora de la productividad, la mejora de la calidad y el aumento de las oportunidades para nuevos negocios (McGraw Hill Construction, 2014).

Según EUBIM Taskgroup (2017), BIM se está convirtiendo en el lenguaje global de la construcción y la infraestructura, facilitando una mayor colaboración y el flujo de

oportunidades a través de las fronteras. Se espera que BIM se convierta en el estándar para la implementación de proyectos de infraestructura pública en todo el mundo.

Asimismo, debido a la sofisticación contemporánea de los contratos de construcción, el diseño de los edificios y la consiguiente demanda de construcción de infraestructuras de calidad, los retos de constructibilidad a los que se enfrentan muchas empresas de construcción son muy sofisticados y no pueden abordarse y resolverse fácilmente sin la ayuda y la aplicación de la tecnología.

Una tecnología que ha surgido en la última década y media es el Modelado de Información de Construcción (BIM). Esta tecnología ha permitido que los diseños sean más sofisticados a medida que las tecnologías que apoyan el BIM han evolucionado. En la actualidad, el rubro de la modelización en los países desarrollados puede dar soporte no sólo a los modelos 3D, sino también a las áreas de gestión de la construcción de la programación, el control de costes, la estimación, la formación en seguridad y la sostenibilidad (Sahil, 2016).

Según EUBIM Taskgroup (2017) la digitalización se refiere a la adopción o el incremento del uso de la tecnología digital o informática por parte de entidades como organización, un sector industrial o un país. No cabe duda de que el uso cada vez mayor de la tecnología, los procesos digitales, la automatización y las mayores habilidades de los trabajadores hacen una contribución muy significativa a nuestro futuro económico, social y medioambiental.

La medición de la madurez BIM ha atraído la atención y los esfuerzos tanto de la industria como del mundo académico. Las publicaciones disponibles que informan sobre la madurez BIM dependen abrumadoramente de calificaciones en encuestas de los proveedores de servicios impulsados por las empresas, como los que se mencionan en McGraw-Hillares

Construcción y NBS. Las encuestas de la industria a menudo utilizaron un indicador único, por ejemplo, el número de años que las partes interesadas han estado utilizando BIM, para representar el estado de la madurez BIM (Lu et al., 2021b).

El BIM ha dado lugar a una brusca remodelación del sector de la construcción en los ámbitos de la tecnología y el proceso, es por eso que se busca establecer el nivel de madurez que en el sector construcción en nuestro País, sincerando información y contrastando otras realidades.

## **1.2 Formulación del problema**

¿De qué manera la madurez del BIM en el País se encuentra en el desarrollo del sector construcción?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Evaluar el nivel de madurez de la implementación del Building Information Modeling en el sector construcción en Lima.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Revisar el nivel de competencias profesionales en el uso Building Information Modeling en el Perú.
- Analizar las restricciones que han afectado los casos de aplicación del Building Information Modeling en el Perú.
- Contrastar los niveles de madurez respecto a otros Países.

- Determinar la propuesta de valor en el uso de building information modeling en el Perú.

#### **1.4 Justificación e Importancia**

Alrededor de 192 organizaciones se dedican a las actividades de normalización o estandarización en sus industrias, el 80% de los países adoptan por lo menos una. España, tiene la UNE, Asociación Española de Normalización; el Reino Unido tiene el BSI, Instituto Británico de Estándares; Alemania, tiene el DIN, Instituto alemán de Normalización; Estados Unidos, tiene al ANSI, Instituto Nacional Americano de Estándares; Chile, tiene el INN, Instituto Nacional de Normalización; México, tiene a la DGN, Dirección General de Normas; Colombia, tiene la ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación; Perú, tiene el INACAL, Instituto Nacional de la Calidad; entre otras (Guerra, 2020-presente, 40m57s).

Por otro lado, estas organizaciones se agrupan creando asociaciones que intentan mantener un estándar de criterios y principios de trabajo. Un ejemplo de eso es el Comité Europeo de Normalización, CEN; y el más usado a nivel mundial es la Organización Internacional de Estandarización, ISO.

La norma ISO 19650 - 2018, titulada "Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluida la modelización de la información de los edificios (BIM) - Gestión de la información mediante la modelización de la información de los edificios" (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2018), se aplica principalmente a industrias donde el nivel de madurez BIM se puede desarrollar utilizando plataformas digitales a través de entornos comunes de datos (Common Data Environment –

CDE). Estos entornos permiten que los equipos de trabajo compartan la información de un proyecto de manera eficiente y efectiva.

Entonces, nos preguntamos, ¿en qué nivel de madurez nos encontramos?, ¿podremos llegar rápidamente a desarrollar competencias requeridas en la industria?, y, ¿cómo está el nivel de madurez de nuestro país en comparación con otras realidades?

Es por tal razón, que resulta necesario estudiar el tema abordado y así contar con documentación que recopile las mejores prácticas, errores y experiencias acerca del estatus real del nivel de madurez de la metodología BIM en el Perú, comparando y contrastando las principales variables de estudio que se han dado en escenarios como Europa principalmente. Siendo estos los puntos de referencia de la investigación.

### **1.5 Alcances y limitaciones.**

La información revisada se circunscribe a la recolección de información de Ingenieros y Arquitectos que laboren en empresas medianas y grandes del rubro construcción y que desarrollen proyectos de edificación en Lima Metropolitana.

Las limitaciones se dieron en el acceso a la información por ser de corte confidencial, sin embargo, el aporte exigido requería cumplir con la presentación de la información de forma privada.

### **1.6 Metodología**

La investigación realizada es de naturaleza explicativa y tiene como objetivo ampliar y examinar en detalle el trabajo previamente realizado por otros investigadores. Se enfoca en aspectos poco estudiados en nuestra región, relacionados con la pregunta de investigación

planteada. Su contribución académica ha sido reconocida en revistas indexadas, con un factor de impacto que generalmente se sitúa en los primeros dos cuartiles.

En relación a las investigaciones revisadas, se identifica un conjunto inicial de autores que emplearon métodos exploratorios en empresas de construcción, donde las variables manipuladas abarcan diferentes segmentos de proyectos de construcción. Para esto, se empleó la encuesta como instrumento de recolección de datos sobre la gestión BIM, que permitieron realizar aproximaciones de tipo cuantitativa y/o cualitativa.

Asimismo, tomando en cuenta el enfoque de la investigación, el método de investigación a utilizar será el deductivo, ya que se comienza desde los aspectos generales a los particulares, y se tienen como referencias a las teorías y las leyes, todo con la intención de hallar la verdad, desde la lógica y la observación teniendo presente los datos reales (Palomino et al. 2015).

### **1.7 Población**

La población comprende a todos los elementos objeto de estudio que se vinculan al entorno donde se llevará a cabo la investigación (Carrasco, 2017).

### **1.8 Muestra**

Considerando estas características de la población y basado en el concepto de muestra presentado por Carrasco (2017), quien la describe como un subconjunto representativo de la población que debe contener características similares a ella, con la finalidad de que los resultados puedan generalizarse, se ha decidido aplicar muestreo aleatorio simple y seleccionar un total de 70 profesionales que estén activos en la industria de la construcción.

|

## CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Reseña Histórica

Cárdenas (2022) señala que los primeros estudios BIM se llevó a cabo entre los años 2017 al 2020, lo que destaco un aumento en la adopción BIM del 25% al 39%. Por lo tanto, Perú inició su viaje de transformación hacia la adopción de BIM estableciendo el marco del Plan BIM Perú, el cual proporciona orientación y políticas para la implementación de BIM en todas las organizaciones del sector público. Este plan fue aprobado por Decreto Supremo N° 237-2019-EF.

Ghaffarianhoseini et al. (2017) mencionan que el modelamiento 3D comienza en los inicios de los años 1970's basado en la tecnología CAD desarrollada para diferentes industrias. Como resultado de eso, la industria de la construcción aplica el diseño 2D inicialmente para la utilización del CAD. Señalan, además, que la introducción del BIM se remonta a los inicios de los años 2000s, con la finalidad de integrar la capacidad de agregar información "textura" a los objetos diseñados, es decir añadir propiedades, materiales, ciclo de vida y otros datos en el diseño funcional creado por arquitectos e ingenieros. Desde sus inicios, el BIM presentó un punto de enfoque orientado al ciclo de vida de la edificación visto desde la arquitectura, ingeniería y construcción (Architecture, Engineering, and Construction – AEC). La génesis, el desarrollo y expansión del BIM en gran medida reflejó el perfil del crecimiento de la informatización.

Björk & Laakso (2010) mencionan que ha habido una gran demanda de estándares CAD en la industria de la construcción en la década de 1980. Si bien algunos fueron adoptados ampliamente sin mucho esfuerzo formal, otros estándares no han logrado obtener apoyo a pesar de los recursos asignados de forma considerable. En la tabla 1 se muestran los

estándares usados en la industria: i) Los estándares IGES (Initial Graphics Exchange Specification). ii) DXF / DWG para ser representar los dibujos en 2D. iii) El estándar ISO 13567 para la estructuración de la información de construcción en capas. iv) Estándar IFC para la construcción de modelos de productos. Este último ampliamente usado en modelación BIM.

**Tabla 1**

*The standards discussed in the study*

Standard	Developed	Status	Domain
IGES	1978–1980	Official, ANSI	CAD graphics
DWG	1982–1990	De facto	CAD graphics
ISO 13567	1993–1997	Official, ISO	CAD layering
IFCs	1994–	Industry consortium	Building information model

*Nota.* De “CAD standardisation in the construction industry - A process view”, por Bjork y Laakso, 2010 (<https://goo.su/FO0E>).

En su estudio, Björk & Laakso (2010) proporcionaron detalles específicos sobre estos estándares

- i) IGES (Initial Graphics Exchange Specification); la tecnología CAD básica, es decir el modelado geométrico 2D y 3D fue desarrollado durante la década de 1970, siendo publicado el primer estándar IGES en 1980. Varias empresas como Boeing, General Electric, Xerox y el departamento de defensa de EE. UU. estuvieron involucrados en el desarrollo. La primera versión, IGES 1.0 fue publicado únicamente por el American National Standards Institute (ANSI) chivo utilizado por el software de modelado AutoCAD. Ofrece interoperatividad AutoCAD a través de un formato ASCII basado en DXF (Drawing Interchange Format), Permite importar y exportar data CAD. A mediados de 1980, la

conformidad con DXF comenzó a ser más importante que implementar el apoyo para IGES.

- ii) ISO 13567; capas básicas emergieron en la década de 1970. Primero imitando una técnica la cual ya ha sido usada en técnicas de dibujo. Soporte para estructuración detallada de capas fue usualmente no incorporada en el software básico del CAD con resultados en un amplio número de prácticas siendo desarrolladas en proyectos y compañías de nivel. Durante la última parte de 1980, experiencias de proyectos de construcción lideraron una amplia demanda de estándares, regulando la asignación de elementos de dibujos en capas. La estandarización fue intentada por grupos de usuarios nacionales específicos del sistema CAD, pero también por organismos nacionales de estandarización de la construcción. También hubo consenso en que se debería hacer algo a nivel internacional para armonizar las normas nacionales. Esto llevó a la formación de un grupo de trabajo bajo ISO que entregó una norma en 1997. El nombre completo de la norma fue “Organización y Denominación de Capas para CAD”. La norma ISO se vio fuertemente influenciada por el trabajo de estandarización ya iniciado en varios países miembros IGES.
- iv) IFC’s (industry foundation Classes); mientras los sistemas CAD facilitaban la producción de dibujos 2D, algunos investigadores y desarrolladores de sistemas empezaron a imaginar objetos avanzados orientados a la construcción de representaciones. Estos sistemas avanzados permitirían resolver algunas de las más demandadas funciones de data compartida en lugar de datos puramente sistemas de datos orientados a CAD. Las descripciones digitales de edificios que

utilizan objetos que pertenecen a clases predefinidas generalmente se han denominado modelos de productos de construcción, aunque algunos proveedores de software han acuñado recientemente el nuevo término de modelado de información de edificaciones (BIM). La investigación sobre este modelo comenzó a cobrar impulso alrededor de 1985, cuando comenzó el proyecto de estandarización ISO STEP. STEP, lo que significa Estándar para el intercambio de datos de productos; e intenta resolver las necesidades de intercambio de datos para una gran cantidad de industrias manufactureras. La necesidad de estandarización fue expresada desde el principio por investigadores, expertos de la industria y desarrolladores de software, lo que ha impulsado la investigación y el desarrollo de las herramientas.

Eastman et al. (2008) mencionan que el concepto ni la nomenclatura BIM son nuevos. Tanto el término Building Information Modeling y Building Information Model datan hace más de 30 y 15 años respectivamente, tal como se publicó en el AIA Journal en 1975.

Weisberg (2008) señaló que, a mediados de la década de 1960, no había en el mercado sistemas de gráficos comerciales a excepción del sistema de Control de Datos Digigráficos y solo unos pocos de estos fueron vendidos. Las grandes empresas manufactureras, especialmente en las industrias automotriz, de defensa y aeroespacial, poco a poco se dieron cuenta de la necesidad de sistemas de gráficos basados en computadora para mejorar la productividad de los ingenieros y escritores.

Por el lado automotriz, compañías como Renault y Ford se enfocaron en la definición matemática de superficies complejas, mientras que otras compañías, como Lockheed California, se enfocaron en la mejora de la productividad del dibujo. El trabajo de Renault

finalmente se convirtió en CATIA de Dassault Systems, mientras que el software PDGS (Product-Development Guidance System), de Ford todavía se utiliza ocasionalmente en la actualidad. Lo que era común a esta actividad interna era que estas compañías usaban grandes computadoras centrales, principalmente las producidas por IBM, y en su mayoría utilizaban terminales de gráficos de actualización de vectores. Un desarrollo clave de hardware fue la introducción de la línea de productos IBM System 360 en abril de 1964 que incluía el Terminal gráfico de actualización modelo 2250. Durante los años siguientes, varias empresas incluyendo Adage y Spectrographics produjeron terminales que eran "totalmente compatibles" con el equipo de IBM, pero generalmente menos costosos.

La década de 1980 fue quizás el período más significativo con respecto a la evolución de la industria CAD. A principios de la década, la industria estaba dominada por cinco empresas: Applicon, Auto-trol Technology, Calma, Computervision y M&S Computación (Intergraph). Otras compañías que comienzan a sentirse incluidas McDonnell Douglas Automation, SDRC e IBM, que comercializaba Lockheed's CADAM Software. De las mencionadas, solo Computervision e IBM fabricaron sus propias computadoras, pero las otras compañías, excepto SDRC, diseñaron y construyeron relativamente caras terminales de gráficos y otros componentes del sistema. En su mayor parte, llave en mano. Los vendedores de sistemas eran empresas de fabricación que por casualidad vendían software. La rentabilidad inicial de la industria claramente giraba en torno a los márgenes de fabricación. Debido a que estos sistemas eran relativamente caros, tendían a ejecutarse en lo que es típicamente referido como una "tienda cerrada". Los sistemas fueron operados típicamente por individuos que pasaron tiempo completo trabajando en las consolas gráficas. Ingenieros y los diseñadores llevarían trabajo al "Departamento de CAD" y luego regresarían horas o días más tarde para recibir la

salida graficada que verificarían cuidadosamente. Dibujos marcados sería devuelto a los operadores de CAD que revisarían los dibujos y los devolverían una vez más al solicitante. Era una situación donde a un ingeniero se le permitía usar un sistema para el trabajo de diseño creativo interactivo o sentarse con un operador y tener a la persona que responda directamente a las sugerencias. La naturaleza costosa de estos sistemas a menudo resultó operación de dos o incluso tres turnos (Weisberg, 2008).

Corbato et al. (2001) menciona que, en diciembre de 1959, la Fuerza Aérea emitió un contrato de un año a Electronic Systems Laboratory – ESL, por la cantidad de \$ 223,000 para financiar lo que se conoció como el Proyecto de diseño asistido por computadora. En esta etapa se tuvieron las siguientes tareas formuladas: ¿Cómo ingresa un ingeniero de diseño información de comandos operacionales y espaciales en la computadora?, ¿Cómo se presenta la información de diseño al ingeniero?, ¿Cómo se almacena internamente la información en el sistema informático? y ¿Qué funciones de diseño y redacción deben implementarse? A finales de la década de 1950, Itek Corporation, un contratista de defensa de los Estados Unidos introdujo una computadora de sistema gráfico apropiada para el diseño de ingeniería. Esto ayudó al proceso de presentación visual que se desarrollaron en ingeniería comercial y productos de dibujo. El concepto fue posteriormente convertido en una máquina de dibujo electrónica (Electronic Drafting Machine – EDM).

Para mediados de los años 1960s, las EDM fueron comercializadas para uso en otras compañías y durante los 1970s e inicios de los 1980s, la empresa Applicon (fundada en 1969 como Analytics, Inc en Burlington en Massachusetts, por un grupo de programadores del Laboratorio Lincoln del Massachusetts Institute of Technology – MIT), ofrecieron productos 2D dirigidos a tareas de diseño eléctrico. Esto incluyó el esquema y diseño físico de circuitos

impresos y un producto 3D llamado BRAVO destinado al diseño y dibujo mecánico. Para inicios de 1980s, el producto BRAVO había desarrollado significativamente y desde esa fecha Autodesk Inc (una nueva empresa de Mill Valley, California, fundada por John Walker en 1982), se convirtió en el principal competidor para Applicon y otros proveedores de tecnología CAD. En enero del 2002, Autodesk adquirió REVIT a un proveedor de software de modelamiento de arquitectura, por \$133 millones y a finales del año 2003 la compañía combina funcionalidades de REVIT con AutoCAD. Sin embargo, REVIT actualmente representa una distinta plataforma dentro de la División de Soluciones de Construcción de la compañía. Autodesk añade en esos mismos años el acrónimo BIM (Building Information Modeling), para identificar la forma en que los arquitectos, ingenieros y diseñadores capturan las decisiones durante el proceso de diseño y la incorporan luego en la base de datos general que representa el prototipo virtual 3D de la construcción. Desde entonces, Autodesk ha continuado como el pionero en el campo y recientemente incorporó características especializadas como análisis estructuras, monitoreo y análisis de energía en edificios, programación de la construcción e incluso seguridad en obra se ofrecen en las plataformas automatizadas de AEC.

BIM ganó uso generalizado en 2002 después de que Jerry Laiserin (analista de la industria de la construcción), abogara por la metodología BIM se convirtieran en estándares de la industria. El término BIM atrajo a Autodesk y comenzaron a promocionarlo activamente en sus productos. El concepto BIM fue introducido en la industria de la construcción como un medio para aumentar la eficiencia, reducir costos y como ayuda de gestión durante todas las etapas de la construcción (Corbató, 2001).

## 2.2 Literatura BIM

Jung & Joo (2011) establece un estudio exhaustivo sobre el estudio del BIM y el enfoque de estos. El autor precisa que un marco conceptual de BIM debe ser lo suficientemente conciso para presentar las cuestiones claves de forma sistemática. En su estudio se revisa el enfoque del BIM desde seis variables clasificadas en tres dimensiones en una estructura jerárquica. Estas tres dimensiones incluyeron: i) Tecnología BIM, ii) Perspectiva BIM y iii) Funciones empresariales de la construcción. Asimismo, dividen la tecnología BIM en 4 categorías: Propiedad, relación, normas y utilización, tal como se muestra en la tabla 2.

Respecto a las variables de propiedad (D0), estas se refieren a las características del objeto o data BIM, siendo el más discutido la propiedad paramétrica de los datos BIM.

La variable de relación (R0) se define como una interdependencia física o lógica entre propiedades (D0). Esta relación contiene un repositorio de estructuras y semántica de propiedades. La primera variable en la categoría de relación es la composición (R01).

En cuanto a los estándares BIM (S0) y la interoperabilidad; han sido ampliamente abordadas en gran medida por muchos investigadores y profesionales. Los esfuerzos rigurosos, incluidas las clases básicas de la industria (IFC), el manual de entrega de información (IDM) y otros realizados por varias organizaciones internacionales, también han desarrollado varios detalles prácticos. Las variables dentro de la categoría de estándares (S0) en este documento se pueden clasificar en dos constituyentes; los estándares de proceso (S01) y producto (S02).

Asimismo, en cuanto a las variables de utilización (U0), consisten en madurez (U01), morfología (U02) e implementación (U03). Estas variables son enfatizadas en su estudio, para facilitar la implementación práctica mediante la identificación de áreas prometedoras y

factores impulsores para mejorar la efectividad de BIM. La Madurez (U01), indica el grado de avance de la utilización de BIM.

La variable Perspectiva (P0) representa el nivel de implementación de BIM. Las tres perspectivas que comprende este marco incluyen el nivel industrial (P01), el nivel organizacional (P02) y el nivel de proyecto (P03). Estos tres niveles diferentes de perspectiva (P0) deben considerarse al mismo tiempo para una implementación BIM específica. Por ejemplo, una empresa (P02) puede tener sus propias herramientas BIM internas mientras participa en un proyecto (P03), donde muchas empresas diferentes trabajan juntas como un equipo que comparte datos BIM comunes. Para esta implementación entre organizaciones, los estándares de nivel industrial (P01) facilitan el intercambio de información.

Mientras que, la última variable, Funciones Variables de la Construcción (F0), representan bien los distintos requisitos de sistemas de información de la industria de la construcción y aclaran los roles compartidos por las organizaciones bajo diferentes sistemas de entrega de proyectos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

**Tabla 2**

*Enfoque BIM*

Dimension	Category	Variable	Constituent	Authors													
				Chinowsky & Reinschmidt (1995)	McKinney & Fischer (1998)	Caldas & Sobelman (2003)	Jung & Gibson (1999)	Darwood et al. (2003)	Jung & Kang (2007)	Kim & Grobler (2007)	Speerpoint (2007)	Jung et al. (2007)	Tobin (2008)	Succar (2009)	Taylor & Bernstein (2009)		
BIM Technology	D0. Data Property	D01. Parametric	D01.1 Geometric	○	○				●		○						
			D01.2 Non-geometric			○			●								
		D02. Level	D02.1 Knowledge	○	○						●						○
			D02.2 Information														○
			D02.3 Row data														○
			D02.3 Locator *														○
	D03. Facet *	D03.1 Commodity *								○	●						
		D03.2Locator *								○	●						
		D03.3Locator *								○	●						
	R0. Relation	R01. Composition	R01.1 Link	○	○		○										
			R01.2Group														
			R01.3 Layer														
		R02. Ontology	R02.1 Reasoning **			●	○						●				○
			R02.2 Hierarchy														
			R02.3 Object										○				○
	S0. Standards	S01. Process	S01.1Modeling							●							
			S01.2Exchange														
		S02. Product	S02.1 Modeling										○	●			
			S02.2 Exchange							○			○	●		○	
	U0. Utilization	U01. Maturity ***	U01.1 5C Integration ***													○	●
U01.2 Analysis ***									●				●			●	
U01.3 Coordination ***																○	●
U01.4 Visualization ***																○	●
U02. Morphology		U02.1 Distributed										○				●	
		U02.2 Concentrated														●	
U03. Implementation		U03.1 Strategy							●		○			●			
		U03.2 Policy							●								
		U03.3 Procedure							○		○			●			
		U03.4 Manual							○		○						
BIM Perspective	P0. Perspective	P01. Industry													○		
		P02. Organization							○								
		P03. Project														○	
Construction Business Function	F0. Contr. Biz Function	F01. Planning ****							●								
		F14. R & D ****								●							

+ Facet defined by Jung & Kang (2007)  
 ++ Reasoning defined by Chinowsky & Reinschmidt(1995)  
 +++ Maturity defined by Taylor & Bernstein (2009)  
 \*\*\*\* Biz Function by Jung & Gibson (1999)

*Nota.* En este cuadro los autores construyen una matriz que permite ver las diversas investigaciones alineadas por cada variable propuesta.

**2.3 Definiciones de BIM**

Andersen y Findsen (2019) señala que el proceso BIM se utiliza continuamente enfocándose en la organización y ejecución de la entrega digital del proyecto de construcción. Esto comienza con la puesta en marcha del modelo BIM y finaliza el curso con una planificación optimizada en la programación basada en la ubicación, creando presupuestos

para el proyecto utilizando la información estructurada de los modelos y bases de datos externas. Este tipo de método de diseño se ha aplicado a una variedad de proyectos, tanto experimentos de estudios teóricos y prácticos como proyectos de la vida real, que han creado una visión y un conocimiento valiosos sobre la complejidad del proceso BIM interdisciplinario y continuo, así como conocimiento sobre el intercambio de información entre los actores involucrados en el proyecto. A criterio del autor, el modelado BIM debe respaldar el objetivo general del futuro desarrollo digital de la industria de acuerdo con los siguientes puntos:

- Apoyar el objetivo general para el futuro desarrollo digital de la industria, al mismo tiempo que obstaculiza cualquier reorganización futura de los procesos de trabajo en la industria.
- Desarrollar una base conceptual común para los productos de construcción y los procedimientos laborales, con el fin de agilizar el intercambio de modelos de construcción digitales entre las diferentes partes.
- Utilizar el poder de la infraestructura digital con miras a hacer que la información se intercambie más estructurado en términos de datos y más dirigido a los destinatarios.

El concepto asume que el software está basado en objetos y que la información de diseño está vinculada a los objetos. Los modelos BIM y la visualización facilitan la comunicación entre todas las partes, lo que permite una mejor coordinación en todas las disciplinas con el uso de modelos de disciplina para hacer que los cambios de diseño requieran menos tiempo y sean más fáciles de asegurar la calidad de manera interdisciplinaria. BIM hace posibles soluciones más complejas porque se comunican

visualmente y con un uso óptimo continuo de los componentes estándar (Andersen & Findsen, 2019).

Asimismo, Andersen y Findsen (2019) mencionan que, los arquitectos pueden encontrar más opciones de soluciones más rápidamente y pueden aprovechar los modelos de disciplina de otros para presentar mejor los proyectos a los clientes. Los ingenieros obtienen una mejor coordinación de los equipos técnicos, incluida, por ejemplo, la posición de los orificios en las estructuras de carga, mientras que la visualización de áreas complejas puede contribuir a una comunicación más sencilla entre las partes. Los modelos de disciplina pueden permitir la simulación y el dimensionamiento estático, dinámico y de seguridad contra incendios y dimensionamiento de los sistemas instalados. Los gerentes de proyecto obtienen una mejor visión general de la relación entre las diferentes disciplinas y la capacidad de detectar conflictos cuando el costo de solucionarlos es más bajo, lo que genera una garantía de calidad más efectiva en todos los niveles. El cliente está en una mejor posición para evaluar si la propuesta cumple con los requisitos para la función y la ubicación relativa de las habitaciones, y para evaluar cómo se verá el edificio terminado, incluida la forma en que se integrará con su entorno. Los contratistas pueden examinar el modelo, lo que brinda a los comerciantes y gerentes una mejor visión general de los detalles de ensamblaje complejos para la planificación de la producción. Al simular el proceso de construcción, el modelo puede ayudar a la planificación logística, dando un mejor control de las cantidades involucradas en el proyecto y cómo se distribuyen entre los contratos a lo largo del período de construcción. Los fabricantes y proveedores tienen la oportunidad de ofertar por subsistemas configurables durante las primeras fases y basar su producción en modelos de disciplina obtenidos directamente de los consultores. El modelado también puede significar edificios más baratos,

porque los licitadores pueden calcular los precios con un alto grado de certeza y racionalización en una nueva división de roles entre las distintas partes. El objetivo de utilizar el modelado BIM en el proyecto es especificar un método de trabajo común y coherente para todas las partes involucradas, de modo que los modelos BIM se puedan crear, garantizar la calidad, intercambiar y reutilizar en todas las fases del proyecto de construcción, incluida la operación y el mantenimiento.

Eastman et al. (2008) señala lo que no es un término BIM, acotando que se trata de una palabra utilizada por desarrolladores para describir las capacidades de los productos que ofrecen. Es decir, que para evitar la confusión describe aquellas soluciones de modelamiento que no utilizan BIM, lo cual incluye herramientas que crean los siguientes tipos de modelos:

- i) Modelos que solo contienen datos 3D y no objetos con atributos; estos son modelos que únicamente pueden ser utilizados para visualizaciones gráficas y no incluyen datos inteligentes asociados a los objetos.
- ii) Modelos sin soporte de comportamiento; estos son modelos que definen objetos, pero no el ajuste de su posicionamiento o proporciones porque no utilizan inteligencia paramétrica. Esto además hace que los cambios sean extremadamente intensivos en mano de obra y no proporciona protección contra la creación de inconsistencia o inexactitud en la vista del modelo.
- iii) Modelos que están compuestos por múltiples archivos de referencia CAD 2D que deben combinarse para definir la construcción del edificio; este es imposible para asegurar que el modelo 3D resultante será factible, consistente, contable y muestre información inteligente respecto a los objetos que contiene dentro de él.
- iv) Modelos que permiten cambios de dimensiones en una vista y que no son reflejadas automáticamente en otras vistas; esto permite errores que son muy difíciles de detectar.

Succar (2010) menciona que algunos investigadores han optado por diferenciar entre los muchos términos disponibles, pero los límites ampliamente superpuestos hacen cuestionable la singularidad de cada término. De conceptual a naturaleza descriptiva, estos términos pueden atribuirse a la investigación u organismos industriales y desarrolladores de software.

Aish (1986) presenta el primer artículo documentado donde se menciona la terminología Building Modeling en inglés, presentando además todos los argumentos de lo que ahora conocemos como BIM y la tecnología necesaria para implementarla, incluyendo: extracción automática de dibujos, componentes paramétricos inteligentes, base de datos relacionales, eliminación gradual de procesos de construcción, entre otros. Asimismo, describe e ilustra las abstracciones del proceso de diseño con base al modelamiento en la construcción, las cuales son: estructurar datos de diseño, usar una estructura enfocada en la data de diseño que define un modelo 3D en el diseño de construcción y, hacer una combinación de ambos; es decir, una geometría real y representaciones simbólicas de la construcción dentro de la misma estructura de modelamiento de construcción 3D.

Menciona además la importancia de reconocer los beneficios de definir una edificación como un modelo estructurado 3D extendido más allá de un gráfico o data geométrica. Tales incluyen beneficios como:

- i) Componentes inteligentes; los cuales pueden incluir roles definidos por usuarios el cuál responde a parámetros. Los valores de estos parámetros son especificados cuando una instancia del componente inteligente está siendo posicionado en el espacio del modelo 3D. Un componente inteligente puede variar su geometría dependiendo del valor de los parámetros. El beneficio del uso de los componentes inteligentes es que todas las variables se ajustan a roles iguales, sin el diseño de

componentes donde se tienen especificaciones repetitivas en la biblioteca o de cada variación del componente (Aish, 1986).

- ii) Gestión de base de datos relacionales a atributos no gráficos; en el cual el usuario puede explotar los enlaces creando componentes cuyas medidas usadas o atributos paramétricos siguen los métodos estándares de medición adoptada por la industria de la construcción. El rol de la base de datos relacional es para proveer al usuario con consultas y reportes que puedan ser usados para interrogantes selectivas sobre descripción de atributos del modelo construido, pudiendo producirse reportes personalizados. La combinación de un modelo de construcción 3D y una base de datos relacional provee un poderoso sistema para gestionar el ciclo de vida completo de la construcción (Aish, 1986).
- iii) Enlaces de modelo a modelo; es reconocido que el diseño del ciclo de construcción podría involucrar un número diferente de diseños e ingenieros consultores y contratistas. De forma convencional, la información de diseño ha sido intercambiada dentro de una práctica multidisciplinaria de equipos de diseño. Típicamente en cada re-dibujo de la representación gráfica de la construcción. Durante este proceso de re-dibujo mucho de lo menos relevante de la información general, es filtrada y un considerable volumen de información de detalle relacionada a la contribución específica de la práctica es añadida. Esto último podría permitir que errores de coordinación sean introducidas (Aish, 1986).
- iv) Enlaces 2D y estándares de intercambio de data; mientras los enlaces modelo a modelo ofrecen un alto nivel de comunicación entre usuarios del sistema de modelado de edificios, el intercambio de data entre diferentes sistemas CAD es

también de vital importancia para los usuarios. Esto es significativamente un problema cuando un usuario de un sistema tratado en 2D está trabajando con los usuarios de un sistema 3D de modelamiento de construcción (Aish, 1986).

Por otro lado, el comité de las normas nacionales de modelado de información de edificios (NBIMS) de Estados Unidos define el BIM como una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Mencionan además que diferentes personas y organizaciones tienen diferentes definiciones de BIM en función de su uso particular y de las diversas formas de trabajar con BIM. Por lo tanto, la mayoría de los beneficios que ofrece BIM están incluidos en sus definiciones (Azhar et al., 2012).

El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción describe el Building Information Modeler (BIM) como una herramienta que emplea tecnología digital avanzada para crear una representación computarizada de todas las características físicas y funcionales de una instalación, junto con su información relacionada con el proyecto y ciclo de vida. Se concibe como un repositorio de información destinado a que el propietario u operador de la instalación lo utilice y mantenga a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (Izadi Moud & Abbasnejad, 2013)

La Guía Nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021) es un documento de orientación que se ha creado con el propósito de explicar la implementación del Entorno de Datos Comunes (CDE, por sus siglas en inglés, Common Data Environment) como un componente esencial del proceso de gestión de la información en los proyectos que utilizan BIM. Este documento se basa principalmente en las normas NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021, las cuales han sido adaptadas al contexto nacional y alineadas con el

Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. De acuerdo con lo establecido en la NTP-ISO 19650-1:2021, se define BIM como la utilización de una representación digital compartida de un activo construido, con el propósito de facilitar los procesos de diseño, construcción y operación. Esto se realiza con el fin de disponer de una base confiable para la toma de decisiones (Resolución Directorial N°048-2018-INACAL/DN, 2018).

La representación digital abarca toda la información, tanto gráfica como no gráfica, de una inversión. Este modelo de información se desarrolla simultáneamente con el avance de la inversión a lo largo de su Ciclo de Inversión, desde la planificación plurianual de inversiones hasta la operación. Este modelo de información es colaborativo y compartido por todos los equipos involucrados, lo que mejora la comunicación y el intercambio de datos, sin importar la magnitud o complejidad de la inversión. En el contexto de la adopción de BIM en el Perú, según lo establecido en el numeral 1 del artículo 2 de las Disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública, aprobadas por el Decreto Supremo N° 289-2019-EF (2019) y modificadas por el Decreto Supremo N° 108-2021-EF (2021), BIM se define como una metodología colaborativa para la gestión de la información de una inversión pública. Esta metodología implica el uso de un modelo de información creado por las partes involucradas para facilitar la planificación plurianual, formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura pública, garantizando una base confiable para la toma de decisiones.

Las actividades del proceso de Gestión de la Información BIM están compuestas por ocho etapas que se pueden implementar a lo largo del ciclo de inversión, las cuales se describen a continuación:

1. “Evaluación de necesidades
2. Petición de ofertas
3. Presentación de ofertas
4. Designación
5. Movilización
6. Producción colaborativa de información
7. Entrega del modelo de información
8. Fin de la fase de ejecución” (Ministerio de Economía y Finanzas 2021, p. 112)

#### **2.4 Niveles de Desarrollo BIM (LOD)**

Algunas personas distinguen entre BIM y modelos 3D, resulta de mayor ayuda pensar que estas tecnologías son puntos de continuación entre ellas. Un modelo 3D es un “proto BIM”, un modelo digital de una construcción sin la asociación de data. Incluso, no es necesario que esté basado en componentes. Existen muchos softwares de programas que encajan en esta categoría, siendo su mayor propósito para modelados 3D, renderizado y animación. Esto puede aún ser usado en varios tipos de análisis limitados que dependen solo en la geometría: proyección de sombras, detección de colisiones simples y como base para los dibujos 2D. En contraste, la cumbre teórica del BIM es la de una solitaria súper base de datos. Esto incluye toda la geometría de modelos digitales 3D, información y decisiones que fueron ingresadas en la creación de la construcción. Esto puede ser concebido como una descripción virtual de la construcción donde la geometría es creada para componentes de arquitectura y vinculadas a base de datos con especificaciones actualizadas. El nivel de BIM es asociada de forma ambigua con el nivel de desarrollo de los componentes que este comprende. Esto es algunas veces confuso ya que LOD también ha sido referido como nivel de detalle. El nivel de

desarrollo (LOD) describe las dimensiones mínimas espaciales, cuantitativas, cualitativas, y otros datos incluidos en un elemento del modelo para dar soporte autorizado a los usos asociados para cada uno (Kensek & Noble, 2014).

Asimismo, la especificación del nivel de desarrollo (LOD) permite a los profesionales de la industria de la construcción, el poder documentar, articular y especificar claramente la geometría de los elementos y asociar su información a lo largo del proceso. Esto hace permitir que los diferentes miembros de un proyecto puedan confiar en la información asociada del elemento. Es decir, el estándar LOD permite a los diseñadores a definir las características inherentes de los elementos de un modelo en diferentes etapas de desarrollo. La claridad en la ilustración da la profundidad de un modelo. LOD define las etapas de desarrollo de los diferentes sistemas en BIM. Mediante el uso del LOD, diseñadores e ingenieros pueden claramente comunicarse con otros profesionales que vayan a utilizar el modelo, sobre su utilidad y limitaciones de este. Las especificaciones LOD fueron diseñadas para estandarizar el uso del marco LOD y utilizarlas como una herramienta de comunicación eficiente y colaborativa. El LOD fue introducido por primera vez por el Instituto Americano de Arquitectos en 2008, cuando definió cinco niveles diferentes de desarrollo para definir los niveles de detalle en un modelo BIM, tal como se muestra en la figura 1. Pero el concepto de LOD está presente mucho antes. El primer caso de uso de LOD se remonta a una empresa de software de análisis de la construcción, Vicosoftware, que utilizó un sistema similar al LOD para asociar los modelos digitales con el coste de un proyecto. La empresa hizo que todos los parámetros y detalles asociados a un modelo digital a todos los niveles del proceso de diseño (AGC, The Construction Association).

**Figura 1***Modelo BIM*

*Nota.* De “Level of Development Specification For Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

**LOD 100 – Diseño Conceptual**

El elemento del modelo puede ser gráficamente representado con un símbolo u otra representación genérica. La información relacionada al elemento del modelo puede ser derivada de otro elemento modelo. Cualquier información derivada de LOD 100 se puede considerar aproximada (AGC The Construction Association, 2013).

**Figura 2***LOD 100 Columna de Acero*

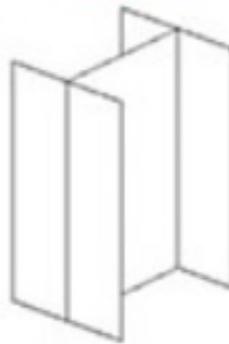
*Nota.* De “Level of Development Specification For Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

### **LOD 200 – Diseño Esquemático**

El elemento del modelo es gráficamente representado dentro del modelo como un sistema genérico, objeto o conjunto de cantidades aproximadas, tamaño, forma, localización y orientación. Información no gráfica podría también ser añadida al elemento modelo. Cualquier información derivada desde LOD 200 podría ser considerada aproximada ((AGC The Construction Association, 2013).

#### **Figura 3**

*LOD 200 Columna de Acero*



*Nota.* De “Level of Development Specification For Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

### **LOD 300 – Diseño Detallado**

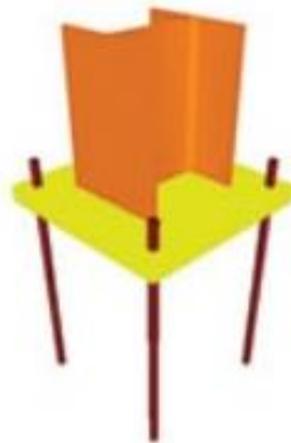
El elemento del modelo es gráficamente representado dentro del modelo como un sistema específico, objeto o conjunto en términos de cantidad, tamaño, forma, localización y orientación. La información no gráfica podría también ser añadida al elemento modelo. El proyecto original es definido y el elemento es localizado exactamente con respecto al proyecto original (AGC The Construction Association, 2013).

**Figura 4***LOD 300 Columna de Acero*

*Nota.* De “Level of Development Specification for Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

**LOD 350 - Documentación de la Construcción**

El elemento del modelo es gráficamente representado dentro del modelo como un sistema específico, objeto o conjunto en términos de cantidad, tamaño, forma, localización, orientación e interfaz con otro sistema de construcción. La información no gráfica podría también ser añadida al elemento modelo (AGC The Construction Association, 2013).

**Figura 5***LOD 350 Columna de Acero*

*Nota.* De “Level of Development Specification for Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

### **LOD 400 – Fabricación y Montaje**

Como señalo AGC, “el elemento del modelo es gráficamente representado dentro del modelo como un sistema específico, objeto o conjunto en términos de cantidad, tamaño, forma, localización y orientación con detalles, fabricación, montaje e información de instalación. La información no gráfica podría también ser añadida al elemento modelo” (AGC The Construction Association, 2013).

#### **Figura 6**

*LOD 400 Columna de Acero*



*Nota.* De “Level of Development Specification for Building Information Models”, por AGC The Construction Association, 2019 ([www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod))

### **LOD 500 – As Built**

El modelo de elementos constituye un área donde se verifica la representación en cuanto a dimensiones, forma, posición, cantidad y disposición. Además, se pueden incorporar datos no gráficos a los elementos del modelo (AGC The Construction Association, 2019).

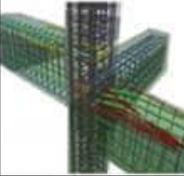


<b>Contenido del modelo</b>	<b>LOD 100</b>	<b>LOD 200</b>	<b>LOD 300</b>	<b>LOD 400</b>	<b>LOD 500</b>
Cumplimiento del programa	Áreas brutas de departamentos	Requisitos específicos de la sala	Servicios públicos		
Materiales sostenibles	Estrategias LEED	Cantidades aproximadas de materiales por categorías LEED	Cantidades precisas de materiales con porcentajes de material reciclado y/o adquirido localmente.	Selecciones específicas de fabricantes	Documentación de compra
Análisis/ Simulación	Estrategia y rendimiento. Criterios basados en volúmenes y áreas	Diseño conceptual basado en la geometría y los supuestos tipos de sistemas	Simulación aproximada basada en conjuntos específicos de edificios y sistemas de ingeniería.	Simulación precisa basada en el fabricante específico y los componentes del sistema.	Puesta en marcha y registro de medición de rendimiento.

*Nota:* Approved Use Matrix de U.S. General Services Administration- Real Estate Services

Tabla 4

## Características de LOD

Element-Oriented Modeling	As-Built	LOD 500		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; gap: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Operation</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Budget</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Occupancy</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Capacity</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Location</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">LEED Class</div> </div>																			
	Fabrication and Assembly	LOD 400		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; gap: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Shape Areas Volumes</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Number of Levels Structural System</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px;">Mechanical Systems Electrical Systems</div> </div>																			
System \ Component Oriented Modeling	Detailed Design	LOD 300		<table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">Component 1 Basement Space</td> <td>Geometry</td> <td>G1</td> <td>G2</td> <td>...</td> <td rowspan="3">} Component Attributes</td> </tr> <tr> <td>Position</td> <td>P1</td> <td>P2</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Specification</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>...</td> </tr> </table>	Component 1 Basement Space	Geometry	G1	G2	...	} Component Attributes	Position	P1	P2	...	Specification	S1	S2	...					
	Component 1 Basement Space	Geometry	G1	G2		...	} Component Attributes																
Position		P1	P2	...																			
Specification		S1	S2	...																			
Basic Design	LOD 200		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">Comp. 1.1 Basement Wall</td> <td>Geo.</td> <td>G1</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Pos.</td> <td>P1</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Spe.</td> <td>S1</td> <td>...</td> </tr> </table> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">Comp. 1.2 Basement Floor Slab</td> <td>Geo.</td> <td>G1</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Pos.</td> <td>P1</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Spe.</td> <td>S1</td> <td>...</td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center; color: red;">Inter-model Dependency</p>	Comp. 1.1 Basement Wall	Geo.	G1	...	Pos.	P1	...	Spe.	S1	...	Comp. 1.2 Basement Floor Slab	Geo.	G1	...	Pos.	P1	...	Spe.	S1	...
Comp. 1.1 Basement Wall	Geo.	G1	...																				
	Pos.	P1	...																				
	Spe.	S1	...																				
Comp. 1.2 Basement Floor Slab	Geo.	G1	...																				
	Pos.	P1	...																				
	Spe.	S1	...																				
Conceptual Information Model	Conceptual Design	LOD 100		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">C. 1.1.1 Wall Formwork</td> <td>G</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>...</td> </tr> </table> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">C. 1.1.2 Wall Rein. Bar</td> <td>G</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>...</td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center; color: green;">Inter-model Dependency</p>	C. 1.1.1 Wall Formwork	G	...	P	...	S	...	C. 1.1.2 Wall Rein. Bar	G	...	P	...	S	...					
	C. 1.1.1 Wall Formwork	G	...																				
P		...																					
S		...																					
C. 1.1.2 Wall Rein. Bar	G	...																					
	P	...																					
	S	...																					
Client Requirements	Pre-Modeling		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">C. 1.2.2 Floor Slab Reinf. Bar</td> <td>G</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>...</td> </tr> </table> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">C. 1.2.1 Floor Slab Formwork</td> <td>G</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>...</td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center; color: green;">Inter-model Dependency</p>	C. 1.2.2 Floor Slab Reinf. Bar	G	...	P	...	S	...	C. 1.2.1 Floor Slab Formwork	G	...	P	...	S	...						
C. 1.2.2 Floor Slab Reinf. Bar	G	...																					
	P	...																					
	S	...																					
C. 1.2.1 Floor Slab Formwork	G	...																					
	P	...																					
	S	...																					

*Nota.* Evolución de un modelo desde su fase conceptual hasta su fase de construcción detallada y, finalmente, hasta su fase de mantenimiento. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

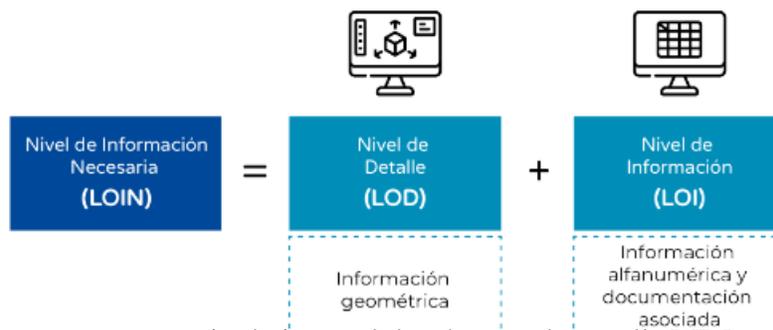
## 2.5 Niveles de Información Necesaria (LOIN)

La Guía Nacional BIM define LOIN (Level of Information Need, por sus siglas en inglés) como el nivel de información requerido para alcanzar los objetivos asociados con la información de una inversión en cada etapa de intercambio de datos. Esta información debe contener los elementos esenciales para satisfacer los objetivos y requisitos informativos de la inversión. A menudo, se asocia el modelo 3D con el LOIN, pero también puede abarcar tanto el nivel de información gráfica o detalles geométricos (elementos tridimensionales), como el nivel de datos no gráficos o el alcance de conjuntos de datos (tablas de contenido e información alfanumérica), así como la documentación vinculada al contenedor de datos, como informes técnicos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

Además, la delimitación del nivel de detalles gráficos se llevará a cabo mediante el nivel de detalle (LOD), mientras que la definición del nivel de información no gráfica se realizará a través del nivel de información (LOI). Tanto el LOD como el LOI son de igual importancia y determinan el nivel de información requerido (LOIN), como se presenta a continuación:

**Figura 7**

*Nivel de Información Necesaria*

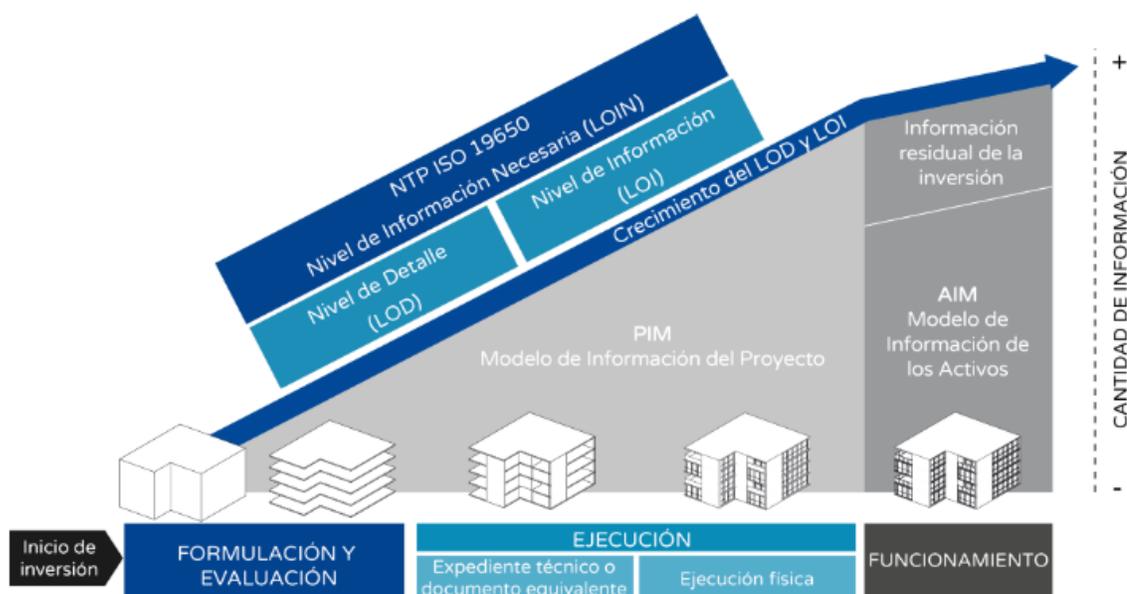


*Nota.* El cuadro muestra una mirada integral de cómo se desarrolla BIM conceptualmente. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

El concepto de Nivel de Información Necesaria (LOIN) implica que a medida que avanza el ciclo de inversión, tanto el Nivel de Detalle (LOD) como el Nivel de Información (LOI) aumentan en cantidad y confiabilidad de la información. Sin embargo, cierta información puede volverse irrelevante conforme avanza el ciclo. Por lo tanto, al concluir el Modelo de Información del Proyecto (PIM), es crucial evaluar qué información debe compartirse para la elaboración del Modelo de Información del Activo (AIM), como se indica en la siguiente figura:

**Figura 8**

*Nivel de Información necesaria*



*Nota.* Nivel de información necesaria de acuerdo a las fases de un proyecto. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

Es fundamental distinguir entre el Nivel de Detalle (LOD) y el Nivel de Información (LOI) para comprender cómo avanza cada uno, ya que en ciertas situaciones no es necesario que sean equivalentes. Según los requisitos de información de cada inversión, podría ser necesario

que el LOI sea más alto que el LOD, o viceversa. El Anexo A de la Guía Nacional BIM detalla los Niveles de Detalle e Información, y se pueden consultar las siguientes tablas:

**Tabla 5**

*Nivel de detalle (LOD)*

<b>Nivel de Detalle</b>	<b>Descripción</b>
LOD 1	Esquematización
LOD 2	Representación grafica
LOD 3	Representación detallada
LOD 4	Representación detallada para la construcción
LOD 5	Representación de los activos construidos

*Nota.* Tipos de nivel de detalle y representación. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

**Tabla 6**

*Nivel de información (LOI)*

<b>Nivel de Información</b>	<b>Descripción</b>
LOI 1	Información para la identificación y la pre factibilidad
LOI 2	Información para la investigación y la factibilidad
LOI 3	Información para el diseño
LOI 4	Información para la construcción
LOI 5	Suficiente información para la gestión de activos

*Nota.* Tipos de nivel de información y representación. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

## 2.6 Niveles de Madurez

Resulta importante precisar la definición de nivel de madurez BIM. Al respecto, Succar y Kassem (2015) definen la madurez BIM como la demostración gradual y continua de una capacidad de ofrecer BIM como organización, equipo, mercado o nación.

Es la mejora gradual y continua de la calidad, la repetibilidad y la previsibilidad dentro de las capacidades disponibles. La madurez BIM se describe en niveles de madurez, que son hitos de mejora del rendimiento a los que aspiran organizaciones, equipos y mercados enteros. Hay cinco niveles de madurez: [a] Ad-hoc o madurez baja; [b] Definido o madurez media-baja; [c] Gestionado o madurez media; [d] Integrado o madurez media-alta; y [e] Optimizado o madurez alta.

Asimismo, Kassem et al. (2013) proponen en su estudio una revisión del nivel de madurez aplicable a países, apoyándose en un marco de publicaciones de BIM proponiendo tres métricas:

- **Métrica 1:** la disponibilidad de publicaciones destacadas sobre BIM.

Las publicaciones BIM destacadas (noteworthy BIM publications - NBP) son documentos industriales de acceso público que incorporan directrices, protocolos y requisitos centrados en los productos y flujos de trabajo BIM. Estas publicaciones son el resultado de varios organismos gubernamentales, asociaciones industriales, comunidades de práctica e instituciones de investigación, y tienen como objetivo facilitar la adopción de BIM y hacer realidad el potencial de valor añadido de

BIM. La "disponibilidad" de publicaciones BIM dignas de mención se propone como indicador de la madurez BIM de un país, un concepto derivado de otras disciplinas (Kassem et al., (2013).

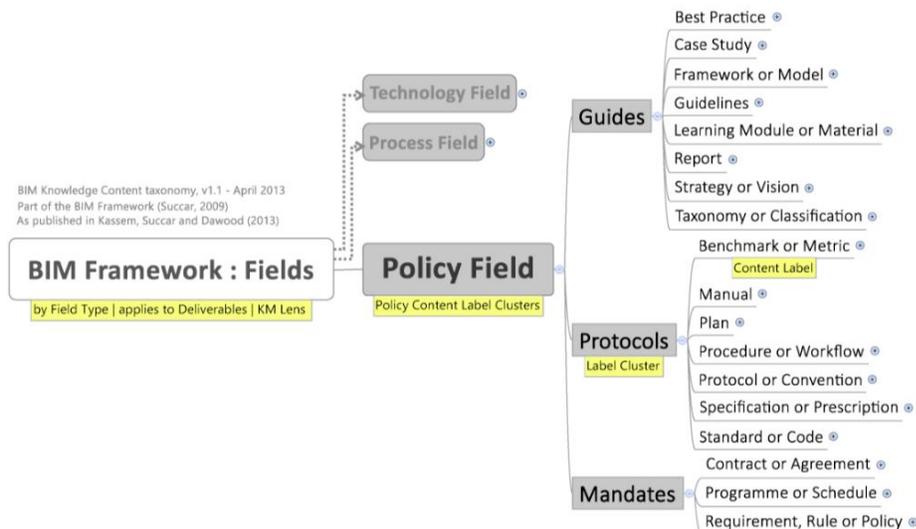
- **Métrica 2:** la distribución de publicaciones destacadas sobre BIM (Noteworthy BIM Publications - NPB) en las etiquetas y grupos de contenido de conocimiento BIM (BIM Knowledge Content - BKC).

Esta métrica informa de la madurez de BIM en términos de la distribución del Contenido de Conocimiento BIM (BKC) a través de publicaciones BIM notables.

El BKC es una taxonomía especializada con varias clasificaciones. La clasificación principal identifica tres grupos de contenido de conocimiento (guías, protocolos y mandatos) que se subdividen en dieciocho etiquetas de contenido de conocimiento (por ejemplo, informe, manual y contrato). En la figura 9, se muestra la taxonomía BKC y sus clasificaciones que se derivan de las estructuras ontológicas explícitas del marco BIM (Kassem et al., (2013).

**Figura 9**

*Taxonomía del contenido de los conocimientos BIM - Mapa mental*



*Nota.* Marco BIM y sus estructuras ontológicas que pretenden organizar el conocimiento del sector y facilitar su comprensión. De “A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries”, por Kassem et al., 2013 (<https://doi.org/10.13140/2.1.2308.5766>)

- **Métrica 3:** la relevancia de cada NBP en los mercados.

Kasem, Succar y Dawood (2013) mencionan que utilizando otra clasificación desarrollada como parte de la taxonomía del contenido de conocimiento BIM, las PNBs pueden ser evaluadas según su nivel de relevancia en comparación con otras PNBs en los mercados. Utilizando esta métrica, una PNB -notable por derecho propio- puede medirse utilizando un índice de cinco Relevancias (R):

**R0 - Redundante:** el PNB incluye información obsoleta que ya no es utilizable ni útil.

**R1 - Relevante:** el PNB es relevante, actual y contiene información procesable

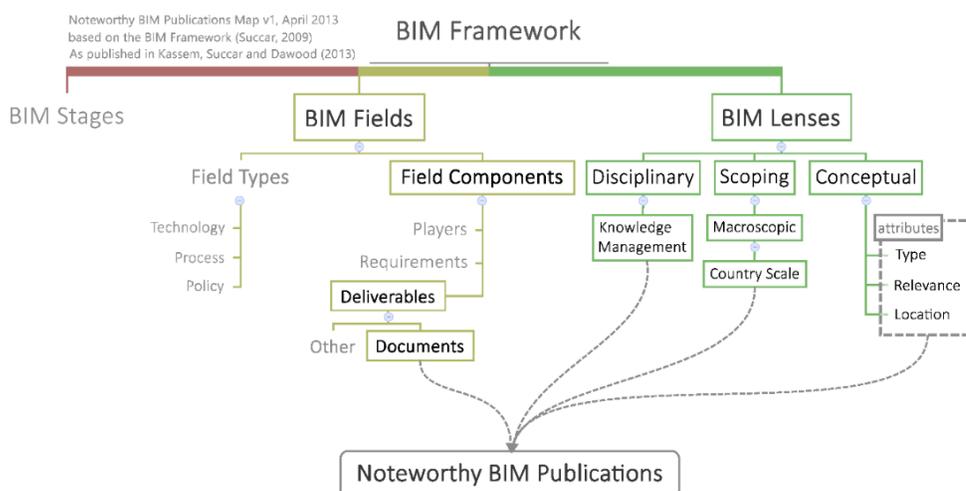
**R2 - Considerado:** el PNB es altamente relevante, bien citado y utilizado en comparación con otros PNB de temas similares

**R3 - Recomendado:** el PNB es autorizado e impactante y se considera una referencia (entre otras referencias)

**R4 - Requisito:** el PNB es el documento más autorizado que cubre un tema específico.

**Figura 10**

*Derivación conceptual de las publicaciones BIM*



*Nota.* Publicación basada en Kim Framework. De “Macro-BIM adoption: Conceptual structures”, por Succar y Kassem, 2015 (<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>)

### 2.6.1 Nivel de madurez – Guía Nacional BIM

La Guía Nacional BIM recomienda que para comenzar a adoptar BIM se requiere que las diferentes entidades y empresas públicas realicen una evaluación o diagnóstico con el objetivo de determinar el nivel de madurez de la Gestión de la Información BIM en la que se encuentran. A continuación, se detallan los niveles de madurez propuestos el proceso de

implementación progresiva, en base a lo indicado en la NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021 el cual han determinado seis niveles de madurez en la gestión de información BIM, por Ministerio de Economía y Finanzas (2021):

- a) **Inexistente:** La organización carece de experiencia en el uso de BIM en sus proyectos de inversión. Aunque algunos miembros del personal pueden tener conocimientos sobre BIM, aún no se ha aplicado en la práctica dentro de la entidad.
- b) **Inicial:** La organización está en las primeras etapas de exploración de la gestión de la información BIM, pero hasta ahora ha sido aplicada de manera limitada en algunas fases específicas de proyectos. Se han comenzado a utilizar los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) a un nivel básico, al igual que la implementación de un Plan de Ejecución BIM (BEP) también en un nivel inicial. Sin embargo, aún no se ha definido de manera clara qué información relacionada con BIM se debe solicitar ni cómo hacerlo para alcanzar los objetivos establecidos. La adopción de BIM se refleja principalmente en el uso de modelos 3D, pero estos modelos no están diseñados específicamente para la generación de información. Aunque este es un paso inicial, falta una estrategia y procesos documentados que permitan su reproducción, lo que dificulta la creación de un entorno estable que respalde una implementación a nivel organizacional.
- c) **Definido:** La entidad implementa la gestión de la información BIM en todos sus proyectos de inversión, siendo obligatoria en cada uno de ellos. El proceso de inversión comienza con el desarrollo de los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) a un nivel básico, que luego se eleva a un EIR con un nivel de madurez avanzado. Los licitadores deben presentar un Plan de Ejecución BIM (BEP) maduro

- como parte de su propuesta técnica. El licitador seleccionado debe actualizar y confirmar el BEP para garantizar el control de la entrega. El Entorno de Datos Comunes (CDE) se gestiona a un nivel básico, utilizando una combinación de enfoques de flujo de trabajo y tecnológicos.
- d) Gestionado:** La entidad implementa la gestión de la información BIM en todas sus inversiones, donde el uso de esta metodología es obligatorio. Cada inversión comienza con el desarrollo de los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) a un nivel básico, que luego progresa hacia un nivel más avanzado, convirtiéndose en un EIR maduro. Los licitadores deben presentar un Plan de Ejecución BIM (BEP) maduro como parte de su propuesta técnica. El licitador seleccionado debe actualizar y confirmar el BEP para garantizar el control de la prestación. En cuanto al Entorno de Datos Comunes (CDE), se gestiona a un nivel básico, combinando dos enfoques: el de flujo de trabajo y el tecnológico.
- e) Integrado:** La entidad muestra una amplia experiencia en la adopción de la Gestión de la Información BIM, reflejada en su uso uniforme y estandarizado a nivel organizacional. El proceso de cada inversión comienza con el desarrollo de los Requisitos de Información Organizacional (OIR) y los Requisitos de Información de Activos (AIR) a un nivel básico. Posteriormente, se elaboran los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) a un nivel básico, que luego avanzan hasta convertirse en un EIR a un nivel maduro. Esto implica que los licitadores deben presentar un Plan de Ejecución BIM (BEP) maduro como parte de su propuesta técnica, y el licitador seleccionado debe actualizar el BEP para garantizar el control de la prestación. Además, en este nivel se incluye el desarrollo básico del Programa

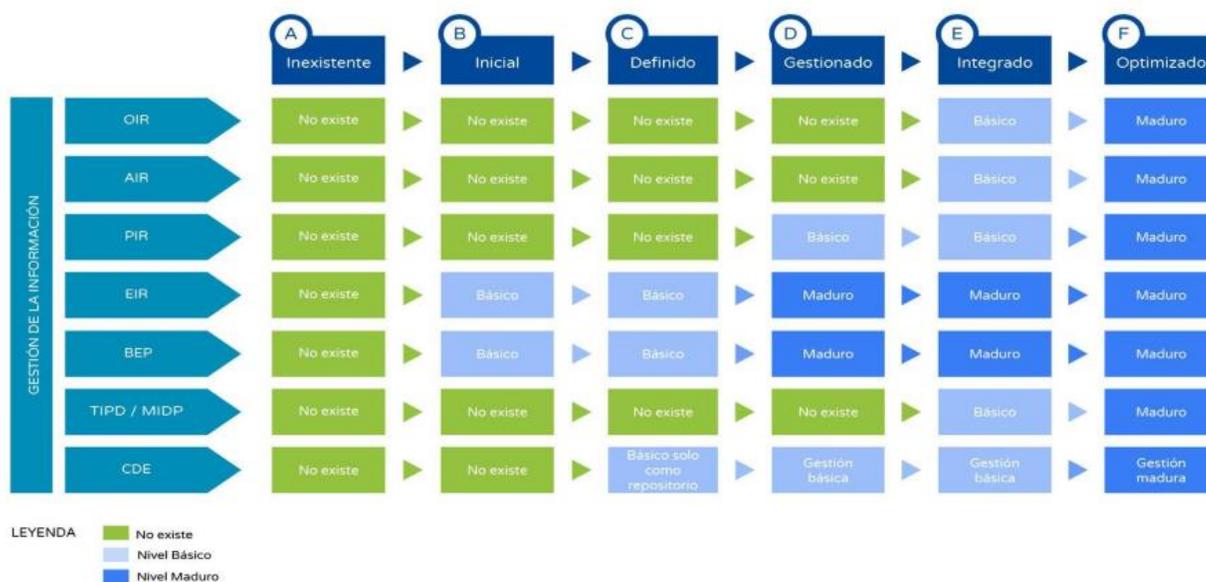
de Desarrollo de Información de una Tarea (TIDP) y el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP). En cuanto al Entorno de Datos Comunes (CDE), se gestiona a un nivel básico mediante una combinación de dos enfoques: el de flujo de trabajo y el tecnológico.

**f) Optimizado:** La organización ha logrado un alto nivel de madurez en la implementación de la Gestión de la Información BIM, conforme a las normativas NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021. Uno de sus aspectos destacados es su constante búsqueda de la mejora. Ha establecido una visión clara y objetivos definidos para el uso de BIM, los cuales se reflejan en la formulación de Requisitos de Información Organizacional (OIR) y Requisitos de Información del activo (AIR) en un estado avanzado de madurez. Posteriormente, se desarrollan los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) en un estado de madurez, los cuales se detallan minuciosamente a través de los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) maduros. Los licitadores responden con un Plan de Ejecución BIM (BEP) a un nivel maduro, y el ganador presenta una actualización del BEP para el control de la prestación. Además, en este nivel se incluye el desarrollo a nivel maduro del Programa de Desarrollo de Información de una Tarea (TIDP) y el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP). El Entorno de Datos Comunes (CDE) se gestiona de manera madura, convirtiéndose en una fuente única de información que contiene una variedad de contenedores de información diseñados para colaborar y retroalimentarse entre sí.

Para la adopción BIM a nivel organizacional, la Guía Nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021), recomienda utilizar los formatos que forman parte de la Gestión de la Información BIM las cuales se pueden visualizar en la guía mencionada. En el siguiente grafico se observa los niveles de madurez y los recursos que incluye la Gestión de la Información BIM. De la A-F son los niveles de madurez de la gestión de la información mencionados. En la columna vertical se indican los recursos de la gestión de la información que se evalúan. Cada etapa de madurez relacionada con los recursos de gestión de la información tendrá una medida de adopción que podría ser: inexistente, básica, intermedia o avanzada.

**Figura 9**

*Niveles de madurez BIM*



*Nota.* Niveles de madurez y recursos que incluye la Gestión de Información BIM. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

## 2.7 Modelos de Madurez

Lu et al. (2021) presentan en su estudio un resumen de los modelos empleados en el mundo Tabla 7. En la misma, los autores, resaltan las ventajas y debilidades de los modelos.

**Tabla 7**

### *Modelos usados en mediciones de madurez BIM*

Model	Strengths	Weaknesses	Applicability
Capability Maturity Model (CMM)	Simple structure; Easy implementation.	Low flexibility; Limited scope; Measurement results are highly subjective;	Project
BIM Maturity Index (BIM)	Easy implementation; Covering policy, process, and technology aspects.	Measurement results are highly subjective; Too vague and slack;	Organization
BIM Proficiency Matrix (BPM)	Simple structure; Easy implementation. High flexibility.	Measurement results are highly subjective; Limited scope to technical aspects of BIM implementation;	Project
BIM QuickScan	Incorporating organization and technology issues; Extensive scope.	Difficult to use; Less reliable without consultant services.	Organization
Virtual Design and Construction (VDC) Scorecard	Results are more objective; High flexibility; Extensive scope; Providing benchmarking system.	Difficult to use; Time and resources exhaustive.	Project
BIM Measurement Model (BMM)	Results are relatively reliable.	Limited scope.	Project
Multifunctional BIM Maturity Model (MBMM)	Single, intuitive presentation; Covering technology, process, and protocol aspects.	Measurement results are relatively subjective.	Project; Organization; Industry

*Nota.* De “Measuring building information modeling maturity: a Hong Kong case study” por

Lu, Chen, Zetklic y Lian, 2021.

McCuen (2012), menciona en su estudio sobre los modelos de madurez BIM que se describen a continuación:

### *Capability maturity model (CMM) – Modelo de Madurez de la Capacidad*

El CMM, descrito en el estándar nacional BIM (NBIMS), representa una de las herramientas de evaluación BIM más adoptadas en los Estados Unidos. Permite a los usuarios de BIM los medios para evaluar sus actuales prácticas y procesos de implementación de BIM. El CMM también puede ayudar a los usuarios de BIM a establecer objetivos para alcanzar mayores niveles de madurez BIM en el futuro. Sin embargo, CMM es una herramienta interna para evaluar el nivel de madurez de los modelos BIM individuales con respecto a un conjunto de criterios ponderados predefinidos. Por lo tanto, CMM no puede utilizarse para comparar

diferentes modelos o implementaciones BIM y medir la madurez BIM de una organización o de la industria en su conjunto.

El CMM se compone de 11 "capacidades" diferentes que denotan capacidades para proporcionar información a los usuarios del modelo. Las capacidades incluyen las que se muestran en la columna "Área de interés" de la tabla 6. Como precisión, los términos "área de interés" y "categoría" son intercambiables. Para cada área de interés, se registra un porcentaje de importancia ponderada en la segunda columna de la MMC. Cada capacidad consta de 10 niveles de madurez. Los niveles de madurez 1, 5 y 10 para la información gráfica son, respectivamente, sin gráficos, sólo texto; dibujos bidimensionales (2D) e inteligentes; y dibujos tridimensionales (3D) inteligentes y basados en objetos que incluyen información sobre tiempos y costes (McCuen et al., 2012).

**Tabla 8**

*Modelo de madurez de las capacidades*

© NIBS 2007			
<b>The Interactive BIM Capability Maturity Model</b>			
Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84%	Expanded Data Set	1.7
Life-cycle Views	84%	No Complete Project Phase	0.8
Change Management	90%	No ITIL Implementation	0.9
Roles or Disciplines	90%	Two Roles Partially Supported	2.7
Business Process	91%	Few Bus Processes Collect Info	1.8
Timeliness/ Response	91%	Most Response Info manually re-collected	1.8
Delivery Method	92%	Network Access w/ Basic IA	2.8
Graphical Information	93%	NCS 2D Non-Intelligent As Designed	2.8
Spatial Capability	94%	Not Spatially Located	0.9
Information Accuracy	95%	Initial Ground Truth	1.9
Interoperability/ IFC Support	96%	Forced Interoperability	1.9
<b>Credit Sum</b>			<b>20.1</b>
<b>Maturity Level</b>			Minimum BIM

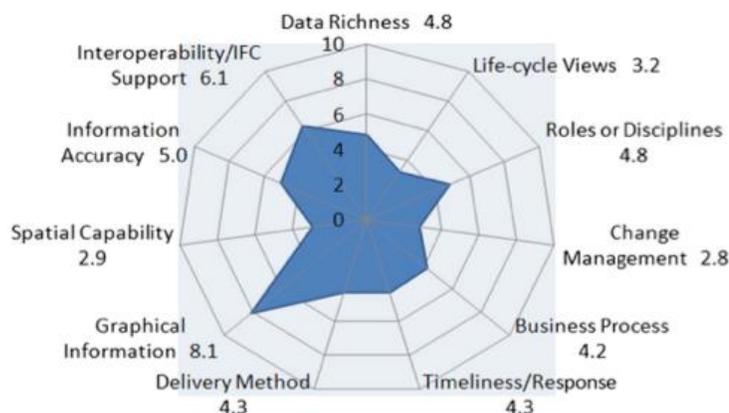
ADMINISTRATION	Points Required for Certification Levels		
	Low	High	
	30	39.9	Minimum BIM
	40	49.9	Minimum BIM
	50	69.9	Certified
	70	79.9	Silver
	80	89.9	Gold
	90	100	Platinum

*Nota:* De "Modelo de Madurez de la Capacidad", por McCuen et al., 2012.

McCuen et al. (2012) indican además que, el MMC es interactivo; cuando un usuario selecciona un nivel de madurez percibido, la puntuación de crédito se calcula automáticamente y se extiende a la columna de crédito. Cada categoría se pondera en función de su importancia, tal y como la define el NBIMS. La importancia ponderada distribuye los valores entre las 11 áreas de interés para alcanzar una puntuación normalizada de 100 puntos como máximo. La ponderación asignada a cada categoría fue aprobada previamente por una votación de la junta ejecutiva del NBIMS en otoño de 2007 (NBIMS 2007). La columna de créditos se totaliza para la suma de créditos, momento en el que se identifica el nivel de madurez. Los niveles de madurez incluyen: no certificado, BIM mínimo, certificado, plata, oro y platino. Cada nivel de madurez se define por un rango de puntuaciones acumuladas entre las 11 áreas de interés. Un ejemplo de cómo se realiza el cálculo se presenta en la tabla 8 y en la figura 10.

### Figura 10

Puntuación media de ganadores del premio Technology in Architecture BIM del American Institute of Architects por categoría del Modelo de Madurez de Capacidades.



*Nota.* De “Evaluating Award-Winning BIM Projects Using the National Building Information Model Standard Capability Maturity Model”, por McCuen et al., 2012 ([https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000062](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000062)).

### ***BIM Maturity index (BIMMI) - Índice de madurez BIM***

El BMI, desarrollado por Succar (2010) es el primer modelo que logra delimitar los aspectos relacionados con la madurez BIM. Tal como se muestra en la figura 11, lo hace a través de tres campos: política, proceso y tecnología, y establece cinco niveles de madurez diferente: inicial/ad-hoc, definido, gestionado, integrado y optimizado. Por lo tanto, BMI sólo proporciona un conjunto de pautas sobre cómo debería ser la futura madurez de las capacidades de BIM. Sin embargo, el autor menciona que algunos de los componentes agrupados en cada uno de estos tres campos estarían mal definidos, lo que limita los resultados de las mediciones a meras estimaciones aproximadas.

El BIM Maturity Index (BIMMI) de Succar (2010) se destaca por su rigor metodológico, proporcionando una estructura sistemática para evaluar la madurez de BIM en organizaciones o proyectos. La metodología subyacente se basa en criterios bien definidos que permiten medir diferentes aspectos de la adopción y la implementación de BIM. Esta estructura bien definida facilita una evaluación precisa y comparativa de la madurez de BIM, lo que es crucial para entender el estado actual y planificar estrategias de mejora.

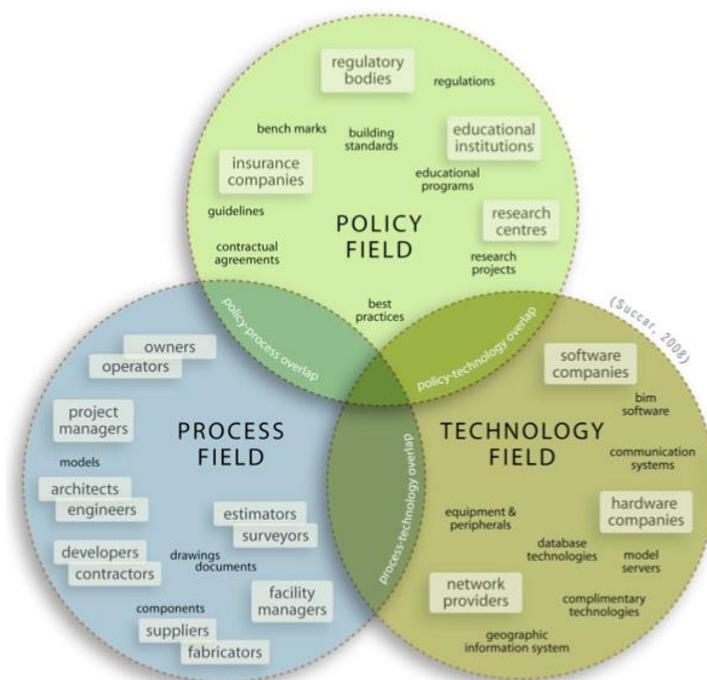
Hay varios otros índices de madurez de BIM disponibles, cada uno con su propio enfoque y estructura. Por ejemplo, el BIM Capability Maturity Model (BIM-CMM).

Asimismo, el BIMMI puede destacarse por su enfoque sistemático y su estructura detallada, que puede proporcionar una visión clara del nivel de madurez de BIM. La comparación directa entre estos índices puede revelar que el BIMMI ofrece un equilibrio entre la profundidad del análisis y la facilidad de uso, lo que puede ser beneficioso dependiendo del contexto de la investigación.

El BIMMI ha sido utilizado en varias investigaciones y proyectos para evaluar la madurez de BIM. Su uso en diferentes contextos geográficos y organizacionales puede proporcionar una base sólida para comprender la aplicabilidad y la utilidad del índice. Al revisar estudios anteriores que han empleado el BIMMI, puedes obtener una visión de cómo ha sido aplicado y qué tipo de hallazgos y conclusiones se han derivado de su uso.

### Figura 11

*Tres campos de actividad BIM interconectados - diagrama de Venn*



*Nota.* Tres campos de actividad BIM interconectados. De "Building Information Modelling Maturity Matrix", por Succar, 2010.

Posteriormente, Kassem et al. (2015) mencionaron, además, que las empresas que utilizan BIM, presentan diversos niveles de adopción en términos de preparación, capacidad y madurez. Esto debido a las diferencias en tecnología, procesos y políticas, abordándose mediciones en la integración, colaboración y modelamiento propiamente dicho. Asimismo,

los autores plantean la medición de los niveles de madurez utilizando el índice de madurez (BIM Maturity Indice – BIMMI), el cual incluye cinco niveles de madurez:

- a) Ad-hoc o baja madurez
- b) Delimitado o medio - baja madurez
- c) Administrado o madurez media
- d) Integrado o media - alta madurez
- e) Optimizada o alta madurez.

Es decir, con el modelo BIMMI, se hacen revisiones integrales que permitan descubrir detalles y mejoras que puedan ser comparadas con los componentes de madurez como se observa en la tabla 7. Estos componentes mencionados son los siguientes según (Kassem et al., 2015).

- Objetivos, etapas e hitos.

Este elemento denota la existencia de objetivos claros y políticas específicas relacionadas con BIM, así como hitos de madurez medibles que marcan la transición desde el estado actual hacia un objetivo futuro cuantificable en etapas intermedias de capacidad. Los objetivos, etapas e hitos de la política BIM pueden existir por separado o encontrarse integrados en el contexto más amplio de una estrategia estructural del País. A los efectos de la evaluación de macro madurez, se pueden usar métricas más granulares para evaluar los objetivos dentro sus respectivos contextos, analizar la claridad de etapas y comparar la duración / esfuerzo separando diferentes hitos

- Campeones y conductores.

Este componente representa a los individuos, grupos y organizaciones comprometidas en la tarea de demostrar la eficacia de un innovador sistema y/o proceso para una población de posibles adoptantes. Tan pronto se adopte, los campeones pueden ser promotores individuales de una nueva solución de software; una comunidad de práctica que promueve un nuevo proceso; o una asociación industrial que promueve un nuevo estándar. Si bien los campeones son "voluntarios experimentales", los conductores son "ejecutores designados" de una estrategia vertical, con el mandato de estimular la adopción de una tecnología, proceso o política designados. Los conductores pueden ser individuos, grupos, instituciones o una autoridad con la intención de comunicar, alentar y monitorear la adopción de un sistema o proceso. La existencia de campeones y conductores tiene un impacto positivo en la revisión de la madurez. A efectos de la evaluación, la disponibilidad de campeones y conductores dentro de un mercado con señales de alta madurez, cuando son comparados con los mercados que carecen de campeones y conductores, o donde los campeones y conductores no exhiben agrupamiento y alcance de características. Se pueden utilizar métricas granulares adicionales para evaluar la competencia de los conductores individuales o el campeonato y estilo de liderazgo en todos los mercados (Kassem et al., 2015).

- Marco regulatorio

Este componente describe el ambiente contractual, de propiedad intelectual y el seguro de indemnización profesional subyacente en proyectos colaborativos BIM. Entregables basados en modelos ricos en información requieren una gestión contractual, de proyectos y de procesos más detallada, así como más protocolos que sus contrapartes pre-BIM.

Responsabilidades correspondientes a modelos compartidos (por ejemplo, autoría elemental y propiedad del modelo), procesos colaborativos (por ejemplo, fases del proyecto superpuestas y principios de participación de subcontratistas) y protocolos prescriptivos (por ejemplo, datos estructuras de intercambio y estándares de entrega de información) agregan capas de complejidad a las interacciones del equipo. Esta complejidad y variados entornos de riesgo pueden ser mitigados por la disponibilidad de un marco regulatorio que clarifique los derechos, responsabilidades y obligaciones de diversos proyectos y partes interesadas en proyectos superpuestos e incluso simultáneas fases del ciclo de vida (Kassem et al., 2015).

- Publicaciones destacadas

“Este componente representa documentos de relevancia disponibles públicamente desarrollados por partes interesadas relevantes de la industria y que se encuentren abierta a todo público. Al respecto Kassem et al. (2015), clasifica estas publicaciones destacadas en tres grupos de conocimiento: guías, protocolos y mandatos.

- Guías: documentos descriptivos y opcionales. Los guías aclaran los objetivos, informan encuestas / logros o simplifican temas complejos. Las guías no proporcionan pasos detallados a seguir para alcanzar una meta o completar una actividad.
- Protocolos: documentos prescriptivos y opcionales. Los protocolos proporcionan pasos o condiciones detalladas para alcanzar una meta o entregar un resultado medible. Si bien los documentos de este grupo son prescriptivos, son opcionales a seguir a menos que se dicten dentro de un mandato (ver el siguiente grupo).

- Mandatos, documentos que son prescriptivos y dictados por una autoridad. Los mandatos identifican qué debe entregarse y, en algunos casos, cómo, cuándo y quién debe entregarlo.

- Aprendizaje y educación.

Este componente abarca las actividades educativas en todo el mercado, así como las herramientas y los flujos de trabajo relacionados con BIM. Estas actividades educativas se imparten a través de la educación terciaria, entrenamiento o desarrollo profesional, ya sea por competencias o cursos basados en modelos de aprendizaje (Kassem et al., 2015).

- Mediciones y comparativas.

Este componente representa métricas de todo el mercado para la evaluación comparativa de los resultados del proyecto y la evaluación de las capacidades de las personas, las organizaciones y equipos. La disponibilidad de mercados específicos o la adopción formal internacional de puntos de referencia y las métricas significan la capacidad para evaluar y potencialmente mejorar su desempeño (Kassem et al., 2015).

- Estandarizaciones de partes y entregables.

Este componente representa las partes del modelo estandarizado y rico en datos (por ejemplo, paredes, vigas, puertas, muebles, entre otros) con populares modelos basados en objetos. También representa los usos del modelo, la estandarización de la generación de entregables, colaboración y vínculo de modelos basados en objeto a bases de datos externas. A efectos de la evaluación de macro madurez, la disponibilidad de partes estandarizadas y entregables son señales de un mercado maduro (Kassem et al., 2015).

- Infraestructura tecnológica.

Este componente se refiere a la disponibilidad, accesibilidad y asequibilidad de hardware, software y sistemas de interconexión. Esto también refiere a la disponibilidad, uso, conectividad y apertura de los sistemas de información para alojar modelos tridimensionales ricos en datos (Kassem et al., 2015).

**Tabla 9**

*Puntuación de descubrimiento de la madurez*

BIM Fields	Competence Area		A	B	C	D	E
			Initial 10 Pts	Defined 20 Pts	Managed 30 Pts	Integrated 40 Pts	Optimized 50 Pts
Technology	Software	SW			X		
	Hardware	HD	X				
	Network	NT		X			
Processes	Human Resources	HR				X	
	Leadership	LD			X		
	Infrastructure	IS		X			
	Products and Services	PS		X			
Policies	Contractual	CT		X			
	Regulatory	RG			X		
	Preparatory	PR				X	
BIM Adoption Stage (Stage 1)	AS			X			
Organizational Scale (Micro)	OS		X				
Subtotal			10	100	120	80	0
Total Score							310
Maturity Index							25.83

*Nota:* Áreas BIM y puntuación de acuerdo a área de competência. De "Building Information Modelling Maturity Matrix", por Succar, 2010.

### ***I) – Matriz de Competencia BIM***

El BPM de la Universidad de Indiana puede ayudar a medir la eficacia de la aplicación del BIM por parte del encuestado (IU 2009). La puntuación global de la BIM se mide sumando los resultados de la evaluación desde ocho perspectivas, es decir, la precisión física del modelo, la metodología de entrega integrada de proyectos (IPD), la mentalidad de cálculo, el conocimiento de la ubicación, la creación de contenidos, los datos de construcción, el modelado as-built y la riqueza de datos de gestión de instalaciones. Cada perspectiva se subdivide a su vez en cuatro áreas más detalladas, lo que ayuda a diseccionar el entorno de trabajo BIM. Sin embargo, BPM ha recibido críticas. Siete de sus ocho perspectivas están diseñadas para evaluar los aspectos técnicos de la implementación de BIM, mientras que los aspectos de proceso y protocolo de la implementación de BIM no están cubiertos de forma exhaustiva.

#### ***BIM QuickScan***

Propuesto por Sebastian & van Berlo (2010), tiene por objeto evaluar el rendimiento BIM de las organizaciones y establecer puntos de referencia de rendimiento. Contiene 50 preguntas en línea de opción múltiple agrupadas en cuatro capítulos que incluyen la organización y la gestión, la mentalidad y la cultura, la estructura y el flujo de información y las herramientas y aplicaciones. Estos cuatro capítulos incorporan cuestiones de organización y tecnología relacionadas con el rendimiento de BIM.

Dentro del primer capítulo (gestión corporativa), se abordan los siguientes KPI: visión y estrategia, distribución de funciones y tareas, estructura organizativa, garantía de calidad, recursos financieros y asociación a nivel corporativo y de proyecto. El segundo capítulo (cultura organizativa) se centra en la aceptación de BIM entre el personal y los trabajadores, la

motivación grupal e individual, la presencia e influencia del coordinador BIM, los conocimientos y las habilidades, la gestión del conocimiento y la formación. El tercer capítulo (estructura de datos y flujo de información) se compone de los siguientes KPI: uso de la modelización, estándares TIC abiertos, bibliotecas de objetos, flujo de información interno y externo, tipo de intercambio de datos y tipo de datos en cada fase del proyecto. Los KPI relacionados con el hardware y el software se reúnen en el último capítulo (plataformas y herramientas tecnológicas): uso del servidor de modelos, tipo y capacidad del servidor de modelos, tipo de paquete de software, herramientas BIM avanzadas, definiciones de vistas del modelo y reglas de apoyo (Sebastian & van Berlo, 2010).

El método analítico es una combinación única entre la medida cuantitativa y la opinión de los expertos. La medida cuantitativa funciona como sigue. Con cada KPI, hay un número de respuestas posibles. A cada respuesta se le asigna una puntuación. Cada KPI lleva también un determinado factor de ponderación.

La suma de todas las puntuaciones parciales después de considerar los factores de ponderación representa la puntuación total del rendimiento BIM de una organización. El cuestionario está destinado a ser rellenado por un consultor BIM sobre la base de una observación de la organización y una entrevista en profundidad con el responsable de BIM. Esto significa que las opiniones expertas del consultor BIM contribuyen a la justificación de las respuestas. Esto también significa que se puede evitar la interpretación errónea de los KPI o de las preguntas por parte de personas no expertas, ya que todos los consultores BIM que realizan el BIM Quick Scan están certificados por TNO, un instituto de investigación independiente, tras haber recibido formación y unas directrices claras sobre el contenido y la metodología de la herramienta de evaluación. Las opiniones de los expertos son aún más

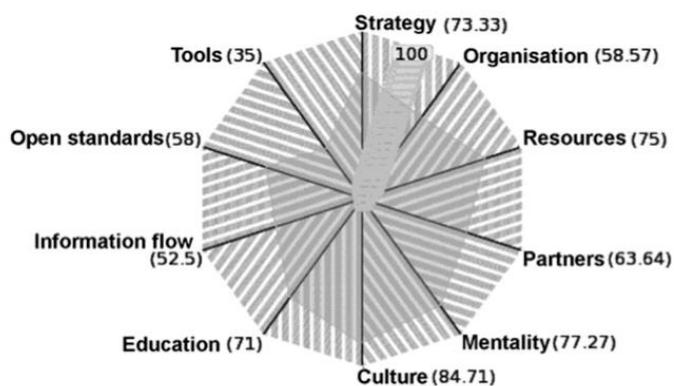
valiosas para el análisis cuando el consultor BIM tiene experiencia en el funcionamiento empresarial de la organización evaluada (Sebastian & van Berlo, 2010).

Tras analizar los resultados del escaneo, una organización recibirá una puntuación total. Una determinada puntuación siempre representa un determinado nivel de rendimiento. A efectos de evaluación comparativa, las puntuaciones son siempre coherentes, es decir, dos organizaciones con la misma puntuación son directamente comparables en términos de rendimiento BIM. El límite superior de la puntuación es abierto, lo que significa que la puntuación máxima puede ser mayor a medida que los niveles estándar de rendimiento aumentan junto con la mejora de los conocimientos y las tecnologías.

La limitación obvia de BIM QuickScan es su incapacidad para proporcionar métodos y procedimientos para identificar estos cuatro capítulos. Por lo tanto, convencer a los usuarios de BIM de que el resultado de la evaluación refleja su madurez BIM real es extremadamente difícil (Sebastian & van Berlo, 2010).

### Figura 12

*Mapeo de los resultados de la exploración rápida en el diagrama del radar*



*Nota:* Diagrama de las radas de resultados BIM. De “Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the Netherlands”, por Sebastian et al., 2010 (<https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>).

### ***Virtual Design and construction (VDC) scorecard – cuadro de mando de diseño y construcción***

El Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) de la Universidad de Stanford ha desarrollado la VDC Scorecard para que sea la primera herramienta de medición de la madurez BIM basada en un amplio conjunto de información sobre los proyectos. La VDC Scorecard ejerce un marco de medición de tres niveles. El primero incluye la planificación, la adopción, la tecnología y el rendimiento. El segundo tiene diez divisiones, es decir, objetivos, normas, preparación, proceso, organización, madurez, cobertura, integración, calidad y cantidad. La tercera incorpora 56 mediciones (Kam et al. 2016). El VDC Scorecard está orientado a los proyectos. La puntuación final de cada proyecto es la suma ponderada de las puntuaciones de las cuatro áreas, donde el porcentaje de peso se determina por el nivel de confianza de los encuestados para reducir la incertidumbre del proyecto. Aunque la VDC Scorecard tiene la ventaja de alinearse continuamente con las prácticas del sector, no puede utilizarse para verificar la madurez BIM de una organización.

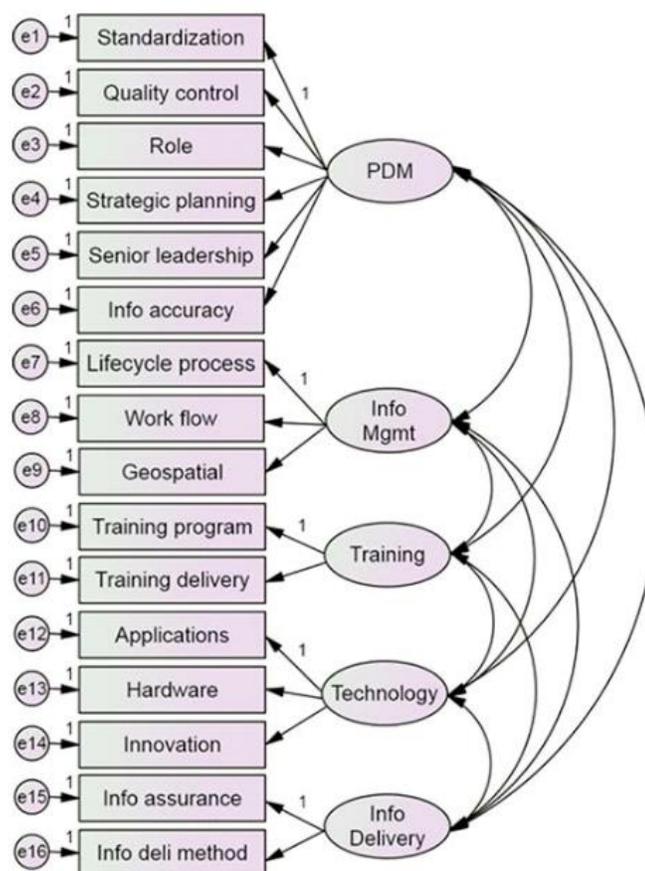
### ***BIM measurement model (BMM) – Modelo de medida BIM***

El BMM, desarrollado por Chen et al. (2014), toma claramente como punto de partida estudios anteriores sobre el uso de la investigación empírica para identificar los factores clave para medir el nivel de madurez de la implementación de BIM. Los factores se seleccionaron sobre la base de una revisión de los estudios existentes y un cuestionario en línea con un sistema de puntuación de siete Likert. Posteriormente, se adoptó un enfoque de dos pasos, es decir, un análisis factorial exploratorio y un análisis factorial confirmatorio, para investigar más a fondo los patrones ocultos en los factores de madurez de la implementación de BIM (Chen et al., 2014).

Las respuestas al instrumento de medición de BIMM pueden explicarse por cinco factores, PDM, gestión de la información, formación, tecnología y entrega de información. Sin embargo, el BMM toma prestados en gran medida los factores de los modelos de madurez existentes, que carecen de información significativa sobre los estándares BIM. En este sentido, es posible que el BMM deba actualizarse con frecuencia para estar al tanto de las cuestiones prácticas más recientes a las que se enfrenta el BIM.

**Figura 13**

*Modelo hipotético de estructura factorial para el BIM*



*Nota.* De “A measurement model of building information modelling maturity”, por Chen et al., 2014 (<https://acortar.link/IFfEwB>)

## **Multifunctional BIM Maturity Model (MBMM) – Modelo de madurez BIM**

### **multifuncional**

En respuesta a la ausencia de documentación del procedimiento de desarrollo entre los modelos de madurez BIM predominantes, Liang et al., (2016) optaron un enfoque reiterativo de tres pasos para desarrollar el MBMM. En el MBMM (véase tabla 6 y figura 9), los tres dominios, es decir, la tecnología, el proceso y el protocolo, se organizan en una pirámide jerárquica. Cada dominio tiene subdominios. Por ejemplo, los subdominios tecnológicos incluyen la precisión de la información (T1), los datos del modelo (T2), la garantía y el control de calidad (T3), la seguridad y el almacenamiento de los datos (T4), las necesidades de infraestructura tecnológica (T5), los elementos BIM (T6) y, por último, la coordinación espacial (T7).

Unas rúbricas detalladas y operativas permiten evaluar cada subdominio, mientras que el resultado de la evaluación señala una etapa específica (0-3). La mayoría de las rúbricas contienen criterios de evaluación, definiciones de calidad para los criterios en determinados niveles de logro y una estrategia de puntuación que permite la presentación en formato de tabla y la evaluación.

Además de incluir los tres dominios inherentes a la implementación de BIM e integrarlos en una presentación única e intuitiva, otra característica central del MBMM es su capacidad para medir la madurez de BIM a diferentes escalas, desde proyectos individuales hasta la cartera completa de proyectos de una organización. El MBMM ayuda a condensar las etapas de madurez BIM de estos proyectos y a representar la madurez BIM general de la organización. Y lo que es más impresionante, el MBMM permite el análisis a nivel de la economía nacional (Liang et al. 2016).

Al recopilar los historiales de numerosas organizaciones que desempeñan las mismas o similares funciones (Dubois y Gadde 2002) y al adoptar principalmente una forma de organización basada en proyectos para realizar obras de construcción (Pryke y Pearson 2006), el MBMM capta los rasgos del sector de la construcción.

Asimismo, el modelo permite medir la madurez BIM en los niveles de proyecto, organización e industria, tomándose escalas de puntuación de acuerdo con cada una de las variables.

**Tabla 10**

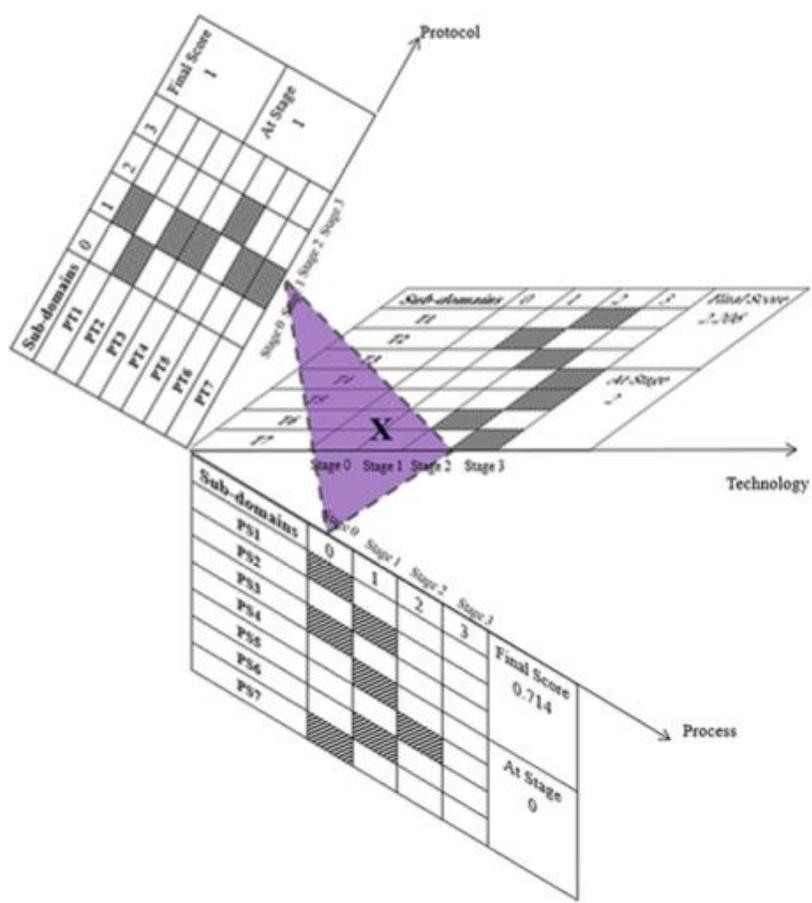
*Variables que permiten medir la madurez BIM*

Variable	<i>Etapa 0</i>	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3</i>
<b>Tecnología</b>	El modelo aproximado contiene datos inexactos, pero datos indicativos. No hay datos de seguridad o ninguna infraestructura de TI que respalde el uso de BIM.	Ligeramente preciso con su datos y elementos que cumplen con los requisitos para la implementación de BIM. Soporte de hardware y software sistemas BIM básicos y seguridad de datos se establece dentro del equipo BIM de la organización.	Moderadamente preciso con sus datos y elementos que cumplen con estándares de la organización. Soporte avanzado de hardware y software de los sistemas BIM y la seguridad de los datos es establecida dentro de la organización	Completamente preciso con todos sus datos y elementos reunidos de los estándares de la industria. Ambos, hardware y el software están disponibles para actualización continua, y la seguridad de los datos es establecida dentro de la industria.
<b>Procesos</b>	No hay intercambio de datos ni realización de trabajo analítico y sin	La implementación de BIM solo tiene algunos objetivos con gestión	Se pueden intercambiar datos y modelos dentro de organizaciones	Los datos y el modelo se pueden intercambiar y se accede libremente a

	objetivos claros o soporte de gestión para BIM implementación.	limitada de apoyo. Intercambio de modelos y datos están limitados.	individuales a través de los servicios web disponibles, siguiendo sus propios estándares. La implementación BIM puede tener objetivos con apoyo gerencial moderado.	través de una web segura de servicio, siguiendo los estándares de la industria. La implementación de BIM puede tener objetivos continuamente actualizados con apoyo de la gerencia.
<b>Protocolos</b>	No hay interoperabilidad y no hay estándares, responsabilidades, compensación o requisitos relacionados con la implementación BIM.	Industry Foundation Classes (IFC), son utilizados para la interoperabilidad. Operación y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones no están estandarizados. La responsabilidad BIM es especificada para el líder técnico BIM de la organización.	Industry Foundation	Industry Foundation
			Classes (IFC) y el manual de entrega de información, se utilizan para la interoperabilidad de la mayor parte de la información. Operacionalización y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones están estandarizados dentro de la organización. La responsabilidad de BIM es especificada por el equipo BIM de la organización.	Industry Foundation Classes (IFC) y el manual de entrega de información, se utilizan para la interoperabilidad de toda la información. Operando y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones están estandarizados en la industria. La responsabilidad de BIM es especificado para toda la organización.

*Nota.* Variables y etapas para medir la madurez BIM. De “Development of a Multifunctional BIM Maturity Model”, por Liang et al., 2016 ([https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001186](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001186))

**Figura 14**  
*Dominios inherentes a la implementación de BIM*



*Nota.* De “Project Governance: case studies on financial incentives”, por Pryke y Pearson, 2006.

Por otro lado, Gould (2010) clasifica el BIM en niveles de acuerdo con su desarrollo tecnológico y aplicación práctica:

- BIM Nivel 0; En este nivel el BIM es una herramienta de CAD o simplemente tecnología. Aunque el CAD permite al usuario producir información de dibujo en 2D a lo largo de la vida de un proyecto, la información en gran medida está

descoordinada y puede resultar en un 25% de desperdicio a través de retrabajo, transferencia de datos. El nivel generalmente se presenta en formato papel.

- BIM Nivel 1; Puede implicar un modelado 3D con la diferencia que la información ya se encuentra procesada usando información de protocolos de gestión.
- BIM Nivel 2; ya no se trabajan dibujos individuales, por el contrario, el diseñador crea un prototipo digital del edificio a partir de dibujos en 2D y 3D. En este nivel el modelo usa objetos inteligentes y los datos pertenecientes al objeto se almacenan en una base de datos oculta detrás del modelo. Por ejemplo, acabado, objeto y tamaño. A medida que más datos se carguen, más inteligente será el objeto, permitiendo programar un comportamiento entre sí. A esto se conoce como modelado paramétrico, trabajando de la misma forma que hoja de cálculo que al cambiar un dato, se espera que cambie también en todas partes.

Los beneficios son profundos, ya que al usar un BIM nivel 2, se puede reducir el riesgo al minimizar el error, reduciendo el desperdicio hasta en un 50%. El problema viene en el intercambio de datos, siendo más difícil y requiere mucho más control en términos de proceso (Gould, 2010).

- BIM Nivel 3; Se conoce como el BIM totalmente interoperable. Esto implica un modelo en tiempo real compartido entre todos los participantes del proyecto y la información se controla a través de protocolos de gestión. Este nivel de BIM permite mitigar el riesgo y un aumento significativo de las ganancias. Eventualmente los modelos BIM 3 pueden ser necesarios para la planificación, normas de construcción y cumplimiento de las condiciones de construcción. Sin embargo, BIM Nivel 3+ es un concepto utópico ya que, aunque existen desarrollos parciales, la implementación a

mayor escala se encuentra a una etapa inicial dependiendo de la participación de todos los involucrados del proyecto y la tecnología necesaria. Además de la calidad de la información que se produce será dependiente en las personas y los procesos establecidos para controlarlos, siendo aún vulnerable al error humano (Gould, 2010).

## **2.8 Barreras de madurez del BIM**

Existen estudios que identifican las principales causas que dificultan la adopción y madurez del BIM, entre ellos destacamos los siguientes:

Eadie et al. (2013) señalan que las principales barreras incluyen la falta de experiencia dentro del equipo de proyecto y el mandato obligatorio gubernamental. Asimismo, identifica la falta de beneficios inmediatos en los proyectos, aseguramiento de las fechas de entrega y problemas legales que puedan existir en lo que respecta a la propiedad de la información. En su investigación realizada en el Reino Unido, documenta que el beneficio del modelado 3D y BIM en la construcción no se ha materializado como en otras industrias como la fabricación de automóviles y máquinas; encontrándose en una etapa temprana de adopción BIM.

Ahuja et al. (2020) mencionan que la existencia de un marco nacional, así como un plan de implementación, resultan necesarios para la implementación del BIM en la industria. Añaden, la falta de estandarización en el proceso, conciencia de las personas, apoyo de la alta dirección y la transparencia entre clientes y partes interesadas. En su estudio de adopción BIM en la India, pudieron recopilar información precisa de los principales inhibidores para la implementación, teniéndose los siguientes:

**Factores tecnológicos;** claridad del potencial del BIM, complejidad de uso y de los procesos para implementación, pérdida de procesos de estandarización.

**Factores organizacionales;** Alto costo de instalación, altos costos de operación y entrenamiento, falta de conciencia, largo plazo de implementación a gran escala y casi nula disponibilidad de experiencia BIM.

**Factores medioambientales:** falta de incentivo gubernamental, falta de conocimiento BIM dentro de los consultores de proyectos y clientes que no requieren BIM.

Tiong et al. (2015) identificaron factores que restringen la adopción del Building Information Modeling como la dependencia de la implementación colectiva del BIM en las diferentes disciplinas, el apoyo del gobierno y de la alta dirección. El apoyo de los organismos gubernamentales para la promoción de nuevas tecnologías, con estrategias claras y planes de ejecución relacionados con la implementación de BIM y desarrollar guías prácticas detalladas, estándares, plantillas y bibliotecas BIM para diferentes sectores con el fin de ayudar a la industria a facilitar la transición de CAD 2D a BIM.

## **2.9 BIM en Perú**

Murguía (2017) señala que, en el Perú, el uso del BIM empezó aproximadamente entre los años 2005 y 2010, siendo usada por las principales empresas constructoras del medio, interesadas en incrementar la productividad en los proyectos. De acuerdo con el Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017 elaborado por Murguía, Tapia y Callantes,

La baja adopción en proyectos de edificación multifamiliar se atribuye principalmente a que la mayoría de ellos son de baja altura, con hasta 7 pisos, y tienen una superficie construida reducida, de menos de 5000 m<sup>2</sup>.

**Tabla 11**

*Recuento de proyectos por área construida y cantidad de pisos*

Uso	Área Construida en miles de m <sup>2</sup>				Número de Pisos				
	<5	5 a 10	10 a 20	>20	< 4	5 a 7	7 a 11	12 a 20	>20
Centro Comercial	5	3	2	3	10	0	0	0	0
Centro Educativo	8	3	3	1	8	4	3	0	0
Centro Salud	2	0	0	1	1	2	0	0	0
Multifamiliares	154	44	31	15	54	84	44	58	4
Hotel	3	2	1	1	1	2	2	2	0
Oficina	1	4	1	4		2	2	5	1
Otro	11	1	0	4	13	1	1	1	0
Vivienda masiva	2	5	3	5	2	2	4	7	0

*Nota.* De "Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017", ípor D. Murguía, 2018.

Por tipo de proyecto, se tuvo que la metodología BIM se adoptó con mayor proporción en proyectos de hoteles, vivienda masiva, oficinas centros comerciales, 71%, 67%, 60% y 54% respectivamente, así como, en menor proporción en otros proyectos, centros de salud, edificaciones multifamiliares y centros educativos, teniéndose 38%, 34%, 14% y 14% en cada uno de los antes mencionados. Respecto al tamaño de proyecto, el BIM se usó en el 65% de proyectos con un área mayor a 20000 m<sup>2</sup>, 32% en proyectos con áreas entre 10000 a 20000 m<sup>2</sup>, 36% en proyectos con áreas entre 5000 a 10000 m<sup>2</sup> y 7% en áreas menores a 5000 m<sup>2</sup>. Asimismo, de acuerdo con el tamaño de proyecto, el BIM se usó en 80% en edificios mayor a 20 pisos, 38% en edificaciones de 12 a 20 pisos, 29% de 8 a pisos, 14% de 4 a 7 pisos y 12% en edificaciones menores a 4 pisos. Mientras que, de acuerdo con el tamaño de empresas, 91% de empresas grandes (+250 trabajadores) adoptaron BIM, 63% en el caso de mediana empresa (de 50 a 250 trabajadores), 22% en pequeñas empresas (de 11 a 49 trabajadores) y 6% en microempresas (- de 10 trabajadores). Algunos de los proyectos con BIM para el sector público fueron: Banco de la Nación, Hospital de policía PNP Luis N. Saenz, Línea 1 Metro de

Lima, Infraestructura de los Juegos Panamericanos 2019, Museo Nacional del Perú, Centro de excelencia del Colegio de Ingenieros del Perú, la Escuela técnico Superior Mujeres PNP San Bartolo, entre otras (Murguía, 2018).

En el 2012, se estableció el Comité BIM del Perú afiliado a la cámara peruana de la Construcción. Luego, en 2017, el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), aprobó la conformación del Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil, que incluyo el Subcomité de Organización de la Información sobre Obras de Construcción. La creación de este último a la elaboración de las primeras normas técnicas peruanas relacionadas al BIM. Estas normas se publicaron en el diario oficial El Peruano, con Resolución Directoral N° 048-2018-INACAI/DN, de fecha 28 de diciembre del 2018 (Resolución Directoral N° 048-2018-INACAI/DN, 2018, p. 14).

Desde un enfoque macroestructural, todo inicia desde la aprobación de la Política Nacional de Competitividad y Productividad (2018) donde el Perú inicia el impulso hacia el objetivo prioritario de proporcionar al país una infraestructura económica y social de alta calidad, entre otros lineamientos estructurales (Decreto Supremo N°345-2018-EF, 2018, p.17).

Posteriormente, el 28 de Julio del 2019, mediante el Decreto Supremo N° 237-2019-EF (2019), se ratificó la aprobación del Plan de Competitividad y Productividad, el cual integra en su Objetivo Prioritario (OP1) una segunda medida dirigida a mejorar la gestión y reducir costos en todos los pasos del ciclo de los proyectos de inversión pública. Esto se logra mediante la implementación de la metodología BIM, junto con diversas acciones destinadas a mejorar las contrataciones públicas. Finalmente, el 8 de septiembre del 2019 se publica en el Diario Oficial “El Peruano” el DS N° 289-2019-EF, que aprueba directrices para la

incorporación progresiva de BIM en la inversión pública el cuál fue modificado mediante Decreto Supremo N° 108-2021-EF (2021) en los numerales 1, 2, 4, 5 y 6 del artículo 2 y el artículo 5, Definiciones y Plan de implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú.

El Plan BIM propone su adopción basada en los principios de eficiencia, calidad, colaboración, transparencia y progresividad. También considera las condiciones organizativas, la integralidad y las características específicas de la infraestructura. Para el año 2030, la meta es integrar el uso de BIM en todas las fases de los proyectos de inversión pública, llevados a cabo por entidades gubernamentales de todos los niveles, en colaboración estrecha con el sector privado. Asimismo, se pretende lograr los siguientes propósitos:

- Adoptar progresivamente BIM en el sector público, considerando los tres niveles de gobierno.
- Garantizar con BIM la eficiencia de las inversiones por parte de las entidades públicas.
- Asegurar la sostenibilidad y el funcionamiento de la adopción de BIM en el sector público.
- Modernizar con BIM la gestión de la información en las inversiones públicas.

El 11 de junio del 2021, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) publicó el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú. Este es un documento que define los objetivos y acciones a corto, mediano y largo plazo para asegurar una metodología BIM exitosa en las entidades públicas. De acuerdo con el Plan Nacional de Competitividad y Productividad, el Plan BIM Perú tiene los siguientes objetivos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

**Tabla 12***Plan BIM Perú aprobado mediante Decreto Supremo N°237-2019-EF*

<b>Hito 1</b>	<b>Hasta Julio 2021</b>	<b>Hasta Julio 2025</b>	<b>Hasta Julio 2030</b>
Proyecto de Decreto Supremo que regula el BIM (Sep. 2019)	Estándares y requerimientos BIM elaborados	BIM aplicado en todo el Gobierno nacional y en tipologías seleccionadas de Gobiernos regionales	Plataforma tecnológica como repositorio digital colaborativo para uso de todo el sector público
Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú (Oct.2020)	Proyecto piloto aplicando la metodología BIM  Estrategia de formación de capital humano para el uso de BIM	Marco regulatorio para la aplicación de BIM en el sector público  Plataforma tecnológica como repositorio digital colaborativo para sectores priorizados del Gobierno Nacional	Obligatoriedad norma de BIM en todo el sector público

*Nota:* Hitos del Plan BIM estimados hasta el año 2030. De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>)

El Decreto Supremo N°108-2021-EF (2021) aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública y señala las cuatro líneas estratégicas del plan de implementación son:

- 1) Consolidar el liderazgo público: Organizar las medidas requeridas para garantizar la continuidad de los planes BIM del Perú, supervisar y respaldar a las autoridades públicas en la aplicación de la metodología.
- 2) Organizar las medidas requeridas para garantizar la continuidad de los planes BIM del Perú, supervisar y respaldar a las autoridades públicas en la aplicación de la metodología.
- 3) Aumento de la capacidad de la industria: se enfoca en impulsar el crecimiento integral del sector de la construcción, fortaleciendo las competencias de los expertos en las entidades gubernamentales adheridas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.
- 4) Comunicación de la visión: Implica desarrollar herramientas y medios de comunicación efectivos para difundir de manera clara y transparente el avance de la implementación de BIM en los tres niveles de gobierno.

Además, en el mes de julio de este mismo año se publicó la primera versión de la Guía Nacional BIM. Posteriormente, se emitieron una serie de instrumentos legales, como la Directiva para la adopción, selección y desarrollo de proyectos piloto utilizando BIM y los lineamientos para la adopción progresiva de BIM en las fases del Ciclo de Inversión. Estos documentos regulan y orientan el proceso de adopción de esta metodología (Decreto Supremo N°108-2021-EF, 2021).

## 2.10 BIM en Estados Unidos

Hamma-Adama y Kouider (2019) señalan que, publicaciones recientes han revelado un número considerable de países en desarrollo que están entrando en el proceso de adopción del BIM, en su mayoría en fases iniciales; países como Malasia, Brasil, Qatar, Emiratos Árabes Unidos y Egipto, por mencionar sólo algunos, son algunos de los que están considerando la adopción del BIM a gran escala. Indicando, además, que, los países desarrollados, que están avanzando muy rápidamente en este cambio digital, debido a que han aprendido mucho de los primeros en adoptarlo (es decir, EE.UU.). Refieren que algunos estudiosos creen que los importantes éxitos registrados por el Reino Unido están relacionados con las lecciones aprendidas de las estrategias de adopción del BIM de Estados Unidos.

Por otro lado, precisan que tanto EEUU, como Reino Unido y Australia, muestran similitudes en su cultura de la construcción, procesos, normas y directrices muy establecidos para la adopción del BIM, así como la disponibilidad pública de datos para su evaluación (Hamma-Adama & Kouider, 2019).

Asimismo, EE.UU. y el Reino Unido son los países líderes en la implantación de BIM en el mundo; Australia es uno de los países adoptantes cuyo rápido rendimiento está superando a los países más consolidados en términos de guía BIM, normas, especificaciones nacionales y centro de investigación corporativo (Hamma-Adama & Kouider, 2019).

Hamma-Adama y Kouider (2019), señalan que la Administración de Servicios Generales (GSA) de Estados Unidos puso en marcha en 2003 un programa nacional de política BIM 3D-4D. Este programa se enmarca en el esfuerzo del gobierno por promover la transición digital en el sector de la construcción. Los objetivos del programa eran los siguientes: i). Establecer una política para la adopción adicional de 3D, 4D y BIM en todos los proyectos importantes.

ii). Liderar aplicaciones piloto 3D-4D-BIM e incentivos para proyectos de capital actuales y futuros. iii). Proporcionar apoyo y evaluación de expertos para que los proyectos de capital en curso incorporen las tecnologías 3D, 4D y BIM. iv). Evaluar la preparación de la industria y su madurez tecnológica. v). Asociarse con proveedores de BIM, asociaciones profesionales, organizaciones de estándares abiertos e instituciones académicas y de investigación.

Hamma-Adama y Kouider (2019), en su artículo se precisa también que, la digitalización en el sector de la construcción estadounidense comenzó en los años 90 con la creación de la Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI), que más tarde pasó a llamarse buildingSMART, mientras que la política y el mandato nacionales de BIM se introdujeron en 2003 y 2007 respectivamente. El sector en EE.UU. ha operado de forma innovadora todo este tiempo, donde los arquitectos e ingenieros derivan el uso de la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) y posteriormente a la utilización de BIM. El Instituto Americano de Arquitectos utilizó activamente el concepto BIM, lo que facilitó la participación del gobierno central. Posteriormente, el gobierno lo legisló en 2007.

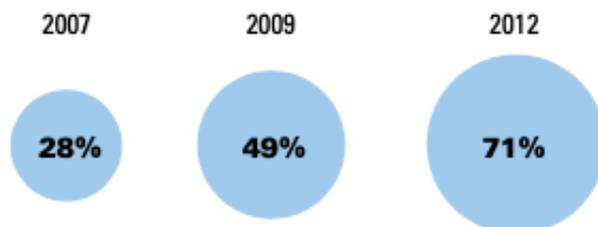
McGraw Hill Construction (2014) predijo en el 2008 que el uso del BIM crecería en EE. UU. significativamente, estando en esa fecha en un 28% su adopción en la industria. Para el año 2012, el 71% de los arquitectos, ingenieros y contratistas habían manifestado su compromiso con la utilización de BIM en sus proyectos.

**Figura 15**

Niveles de adopción BIM en Estados Unidos

### Levels of BIM Adoption in North America

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



*Nota.* Los niveles de adopción BIM en Estados Unidos fueron aumentando en el transcurso de los años. De "SmartMarket Report"; por McGraw Hill Construction, 2014.

En ese mismo informe se indica que el incremento de ingresos es el mayor de los beneficios que se da en la adopción de BIM. Los usuarios más comprometidos en el uso del BIM obtuvieron mayores ingresos producto del uso del BIM (McGraw Hill Construction, 2014).

Respecto al retorno sobre la inversión en la adopción BIM, cerca de 2/3 (62%) de todos los usuarios BIM percibieron ROI positivos, aunque no de manera uniforme entre los tipos de empresas o niveles de compromiso BIM. Un 74% de los contratistas reportan un ROI positivo en comparación con solo el 37% de los ingenieros. El ROI se correlaciona fuertemente con el nivel de compromiso BIM, recompensándose a las empresas con mayores niveles de habilidad, experiencia e implementación (McGraw Hill Construction, 2014).

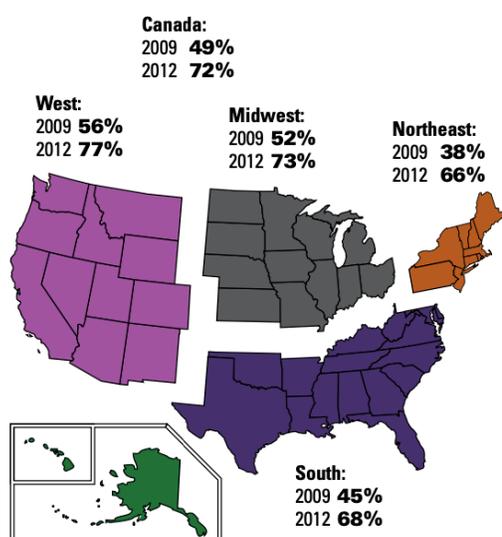
Asimismo, como se observa en la figura 16 del uso BIM en Norte América se encontraron los siguientes hallazgos (McGraw Hill Construction, 2014):

- El Oeste sigue liderando todas las regiones con una tasa de adopción general de BIM del 77%, frente al 56% de 2009, y por encima de la media nacional.

- La adopción regional del noreste en 2009 (38%) fue significativamente inferior a la media nacional de 49%. Aunque en 2012 seguía estando a la cola, con un 66%, la región fue la que más creció entre 2009 y 2012.
- El Medio Oeste y el Sur siguen estando ligeramente por encima y por debajo de la media, respectivamente, y Canadá se mantiene básicamente en la media.

### Figura 16

#### *Uso del BIM en North America*



*Nota.* Los niveles de adopción BIM en Estados Unidos fueron aumentando en el transcurso de los años. De “SmartMarket Report”, por McGraw Hill Construction, 2014.

La diferencia entre las regiones con mayor y menor adopción se redujo de dieciocho puntos porcentuales en 2009 a sólo once en 2012, y es probable que siga reduciéndose en el futuro. Gran parte del crecimiento en todas las regiones se debe probablemente a la cantidad relativamente grande de trabajos de atención sanitaria que se realizan a nivel nacional, un tipo de proyecto especialmente adecuado para BIM debido a sus ventajas de colaboración,

coordinación espacial, prefabricación mecánica, eléctrica y de fontanería (MeP), revisión de la constructibilidad y visualización que involucra más eficazmente a una amplia variedad de partes interesadas. Sin embargo, esta diferencia puede verse afectada por la dinámica regional de la recuperación económica (McGraw Hill Construction, 2014).

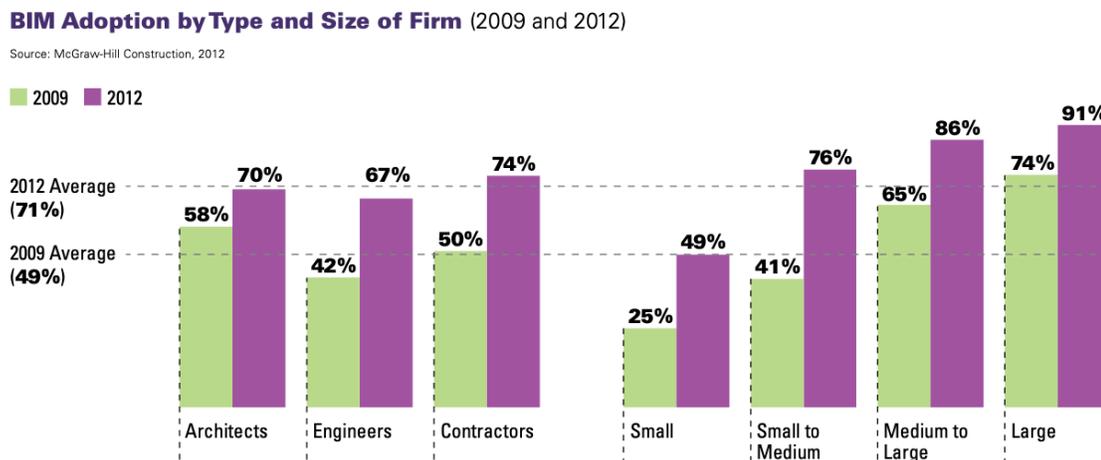
Respecto al tamaño de la organización, se menciona que esta es la que más influye en la probabilidad de adopción de BIM. 91% de las empresas estuvieron comprometidas en BIM al año 2012 frente al 74% al 2009. Las empresas medianas y grandes también estuvieron por encima de la media, pasando del 65% el 2009 al 86% el 2012. Sin embargo, el grupo de pequeñas y medianas empresas pasó de estar por debajo de la media en el 2009 a un 76% el 2012. Solo el 49% de las pequeñas empresas informaron en el 2012 sobre su participación en BIM, a pesar de haber duplicado su adopción el 2009 (McGraw Hill Construction, 2014).

En cuanto a la diversidad en la adopción de BIM por parte de diferentes actores, para el año 2012 se observa que arquitectos, ingenieros y contratistas están casi al mismo nivel de adopción. Los contratistas (74%) superaron a los arquitectos (70%) en términos de liderar la adopción por tipo de empresa en ese año. Los ingenieros, que fueron los que menos adoptaron la tecnología en 2009, fueron los que más aumentaron, pasando del 42% en 2009 al 67% en 2012. Los ingenieros mecánicos están a la cabeza de sus colegas, con un 83% de compromiso con BIM, seguidos por los eléctricos, con un 77% (McGraw Hill Construction, 2014).

La tangibilidad de los beneficios de BIM para los contratistas está impulsando su liderazgo en la adopción. El reciente aumento de los ingenieros ayudará a animar a las empresas de software a ampliar y mejorar las capacidades de análisis técnico de sus herramientas.

## Figura 17

### Adopción del BIM por tipo y tamaño de empresa



*Nota.* Adopción BIM por tip y tamaño de empresa fueron aumentando en el transcurso de los años. De “SmartMarket Report”, por McGraw Hill Construction, 2014.

McGraw Hill Construction (2014), indica que la adopción del BIM en Norte América se disparó del 28% al 71% entre el 2007 y 2012. El 74% son contratistas y 70% arquitectos, este grupo ha presentado un incremento en el manejo de la innovación BIM. Los contratistas reportan un positivo Return on Investment (ROI), donde el porcentaje de inversión está entre 10% y 25%. Métricas financieras como la reducción de costos, alta rentabilidad y productividad son consideradas las categorías más importantes en medir el ROI en inversiones BIM, seguidas de los procesos de proyectos como los RFI, cambios, alta satisfacción del cliente e interrupción.

## 2.11 BIM en Europa

Aproximadamente el 80% de los contratistas en naciones europeas informan haber obtenido un retorno de inversión (ROI) positivo con la implementación de BIM. Según los resultados obtenidos por McGraw Hill Construction (2014) indica que en el 48% se debe a la mejora de resultado de procesos de proyecto. Dentro de los niveles de expertise Europa se posiciona en Nivel Inicial con 35%, seguido por Nivel Intermedio 30% comparado con otras regiones. Solo el 6% de Europa tienen un Nivel de experto.

Los beneficios de la tecnología BIM han sido reconocidos por varios gobiernos, y muchos de ellos han iniciado los pasos necesarios para facilitar el uso del BIM. Las instituciones gubernamentales de los países nórdicos están interesadas en llevar al sector construcción a un nivel superior de operatividad tecnológica (Eadie et al., 2013).

El sector finlandés de la construcción, como pionero en el uso del BIM, ha exigido que las clases básicas de la industria (IFC), incluyendo el modelado BIM para los proyectos del sector público a través del Senate desde el 2007 (Smith, 2014).

En Noruega, Statsbygg, una empresa responsable de la construcción, gestión y desarrollo de las instalaciones gubernamentales utiliza el BIM en sus proyectos y proceso de construcción (Mulenga & Han, 2010).

Asimismo, la visión de la construcción digital que forma parte del paquete “voluntad de crecimiento”, lanzado por el gobierno danés en 2002, es un proceso en el que todos los participantes en un proyecto de construcción, arquitectos, ingenieros, contratistas y proveedores contribuyen a la cantidad total de datos que representa el proyecto de construcción (Jensen & Jóhannesson, 2013).

El mandato que, desde abril del 2016, exige que todos los proyectos financiados por el gobierno central se realicen con BIM 3D en su totalidad. No es la ley que el equipo de diseño y construcción utilice BIM, sino que el uso del BIM es una condición contractual para trabajar con el mayor cliente del Reino Unido, el Gobierno Central. Sin embargo, al ser un mercado saturado, el sector de la construcción en el Reino Unido se enfrenta a algunos retos como la escasa productividad y rentabilidad, mano de obra poco cualificada y envejecida, rendimientos iguales a pesar de las crecientes oportunidades tecnológicas. Es posible que el Reino Unido sea un buen referente para la adopción del BIM en otros países, dado que la industria de la construcción en el Reino Unido tiende a adoptar rápidamente enfoques tecnológicos, como señala Malleson (2018).

Asimismo, al ser uno de los primeros países líderes en la adopción, el Reino Unido sirve como un buen modelo para examinar la adopción del BIM, así como las dificultades de su aplicación. En Europa, las principales dificultades para la adopción de BIM mediante un cuestionario difundido en todos los países de la UE en 2017 se destacan y se comparan con las barreras descritas por los académicos (Charef, 2019).

Samuelson y Björk (2013) descubrieron que la adopción de las aplicaciones más complejas (por ejemplo, BIM) es lenta según los resultados de un estudio longitudinal basado en encuestas sobre el uso de las tecnologías de la información en el sector sueco de la construcción, a pesar del amplio consenso acerca de que es un método de trabajo eficaz y que tiene la máxima prioridad entre los arquitectos.

Asimismo, exploran el uso actual y las limitaciones percibidas y las fuerzas impulsoras de la implementación de BIM con respecto a los contratistas suecos de tamaño medio. La visualización, que también facilita la coordinación y la comunicación, es la aplicación más

utilizada, mientras que las mayores limitaciones percibidas implicaban a los socios que no utilizan BIM, la falta ausencia de solicitudes los clientes y la falta de demanda interna en la empresa. Las fuerzas motrices más comunes incluían el hecho de que el BIM se percibe como un medio para seguir el desarrollo técnico y que el BIM proporciona ventajas competitivas a la empresa.

Kassem et al. (2013) estudian el nivel de adopción BIM en Europa en base a tres criterios principales: (a) la similitud entre sus mercados de la construcción en términos de tecnologías y terminología aplicables, (b) la disponibilidad de encuestas de adopción de BIM (NBS 2013) y (c) la disponibilidad de publicaciones BIM dignas de mención.

### **Reino Unido - Encuestas sobre la adopción de BIM**

En 2013, NBS (2013) realizó una encuesta en la que participaron 1000 profesionales de todo el Reino Unido. En la siguiente Figura 18, se muestra la encuesta no informó de sus resultados por disciplina, sino que agrupó todos los resultados como uno solo:

### **Figura 18**

*Ratios de adopción BIM en el Reino Unido*



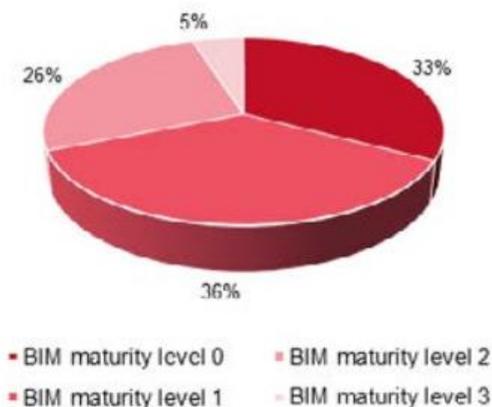
*Nota.* De “National BIM Report 2018 – Reino Unido”, por Malleson, 2018.

Según el Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo del Eubim Taskgroup (2017), se establece que el BIM representa una tendencia global en crecimiento. Varios informes sugieren que una mayor adopción de BIM podría resultar en ahorros que oscilan entre el 15 % y el 25 % en el mercado global de infraestructuras para el año 2025. Además, se considera que es el cambio tecnológico con mayores posibilidades de provocar una transformación significativa en el sector de la construcción. Si la adopción BIM se extendiera más ampliamente en toda Europa, se calcula que podría generar un ahorro del 10 % para el sector de la construcción, lo que equivaldría a 130 000 millones de euros adicionales en un mercado valorado en 1,3 billones euros. No obstante, incluso este impacto podría ser considerarse relativamente limitado en comparación con los posibles beneficios sociales y medioambientales que BIM podría ofrecer en la lucha contra el cambio climático y la mejora de la eficiencia en el uso de recursos.

En el Eubim Taskgroup (2021) realizaron una encuesta distribuida a una lista de contratistas públicos, esta encuesta permitió la medición de los efectos asociados con la implementación de BIM en el sector público (figura 19). Se realizó más de 500 entrevistas de varios países europeos. Casi un 70% de las respuestas indicaron que su organización pertenecía a un nivel de madurez nivel 0 o 1. 26% pertenecía al nivel 2, mientras que el 5% indico estar en nivel 3.

## Figura 19

Resultados de la encuesta del nivel de madurez en Europa



*Nota.* Manual de análisis de costo – beneficio para el uso del BIM Europa. De "Calculating Costs and Benefits for the use of Building Information Modelling in Public Tenders", por Eubim Taskgroup, 2021 (<https://acortar.link/9QIO47>).

### 2.12 Análisis situacional y diagnóstico

Para analizar el estado situacional sobre el uso del BIM en Perú, se tomó en cuenta investigaciones sobre el uso del BIM en las empresas. Siendo esta, una de las variables de análisis en la medición de madurez de las empresas y País.

Ahankoob et al. (2022) clasificaron los usos de BIM para las empresas contratistas en diez actividades distintivas basadas en las opciones extraídas de la literatura de Eastman et al. (2008). La población del estudio se estimó en 478 empresas contratistas basándose en un informe reciente que indica que un tercio de los contratistas de Australia y Nueva Zelanda tienen experiencia en BIM.

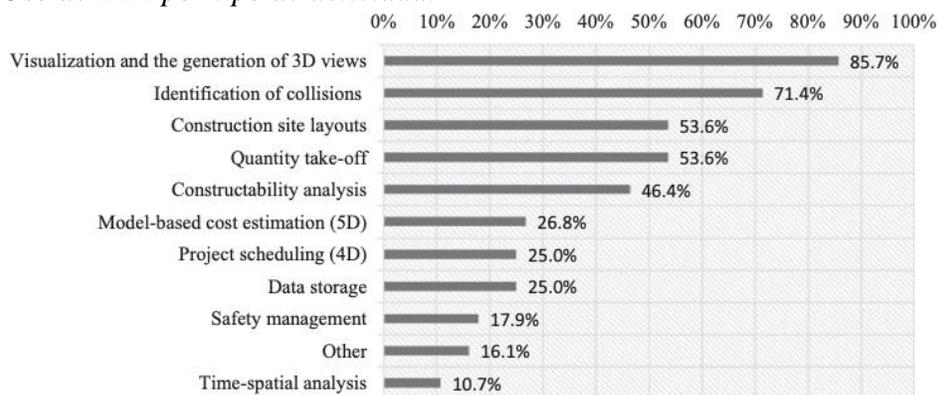
Como se observa en la tabla 15, el 85,7% de la población de la muestra seleccionó "la visualización y la generación de vistas 3D" como el principal uso de BIM en su empresa.

Asimismo, la "identificación de colisiones entre elementos de construcción" fue seleccionada por el 71,4% de los encuestados como el segundo uso principal de BIM, seguido por el "cálculo de cantidades" y los "planos de obra", que contribuyeron con el 53,6% de las respuestas cada uno. Sin embargo, el uso de BIM para el "análisis espacio-temporal" fue clasificado como el caso más bajo por los encuestados.

En la misma investigación, se observa que aproximadamente el 16% de los encuestados seleccionó la respuesta "otros", que comprende: metodología, diseño de valor añadido; gestión de instalaciones y apoyo al mantenimiento; visión del tráfico (simulación del tráfico de pasajeros para sistemas de ascensores); revisión y coordinación interdisciplinar del diseño; presentación de ofertas; herramienta de ventas (cambio inmediato de planos y visualización del cliente); modelado logístico y participación de las partes interesadas.

**Tabla 13**

*Uso de BIM por tipo de actividad.*



*Nota.* El tipo de uso de BIM de acuerdo a las actividades de cada proyecto. De "The role of contractors' building information modelling (BIM) experience in realising the potential values of BIM ", por Ahankoob et al., 2022 (<https://goo.su/SsVf47c>).

Asimismo, los autores encontraron que el análisis cruzado mostró que los contratistas con menos de 5 años de experiencia en BIM lo utilizaban para actividades de construcción

elementales, como la visualización y la coordinación. Se encontró una diferencia notable entre los años de experiencia en BIM y los cinco usos de BIM, incluyendo "Almacenamiento de datos", "Toma de cantidades", "Secuenciación y programación del proyecto (4D)" y "Estimación de costes basada en modelos (5D)". Como se muestra en los contratistas con más de 10 años de experiencia en BIM utilizaron BIM para el almacenamiento de datos, en comparación con el 15,20% de los contratistas con menos de cinco años de experiencia en BIM.

Del mismo modo, los contratistas con más de 10 años de experiencia en BIM (87,50%, N=7) eran más propensos a aplicar BIM para tareas de construcción complejas, como el diseño de la obra, que los contratistas con menos de 5 años de experiencia en BIM. Se observó que los contratistas con más de cinco años de experiencia en BIM eran más propensos a utilizar BIM para el "Despegue de cantidades", la "Secuenciación y programación del proyecto (4 D)" y la "Estimación de costes basada en modelos (5 D)", tal como se ven en la Tabla 14 (Ahankoob et al., 2022).

**Tabla 14**

*Años de experiencia y uso BIM*

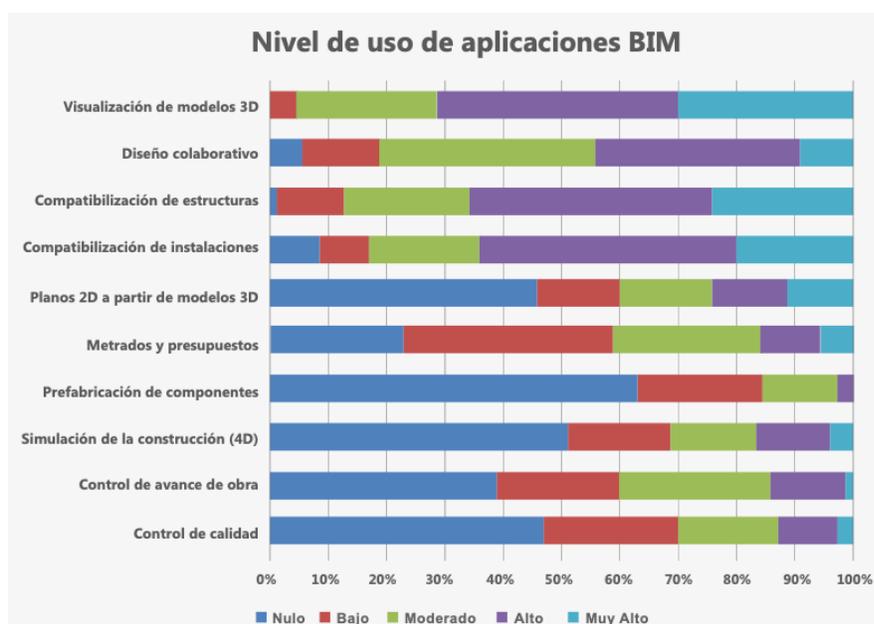
Variables		Data storage		Quantity take-off		Project scheduling (4D)		Model-based cost estimation (5D)		Construction site layouts		
		No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	
Years of BIM experience	Less than 5 years	N	28	5	21	12	28	5	27	6	16	17
		%	84.80	15.20	63.60	36.40	84.80	15.20	81.80	18.20	48.50	51.50
	5–10 years	N	9	5	3	11	8	6	9	5	8	6
		%	64.30	35.70	21.40	78.60	57.10	42.90	64.30	35.70	57.10	42.90
	More than 10 years	N	4	4	2	6	5	3	4	4	1	7
		%	50.00	50.00	25.00	75.00	62.50	37.50	50.00	50.00	12.50	87.50

*Nota.* Años de experiencia BIM. De "The role of contractors' building information modelling (BIM) experience in realising the potential values of BIM ", por Ahankoob et al., 2022 (<https://goo.su/SsVf47c>).

Respecto al nivel de adopción BIM en el Perú, Murguía (2018) publica el uso del BIM en la implementación de desarrollo de construcción urbana en Lima Metropolitana y Callao. El primer estudio encuentra que cerca al 70% de empresas emplean BIM para la compatibilización de estructuras e instalaciones, así como la implementación es casi nula en sistemas de construcción industrializadas como los prefabricados. El autor explica que este se debe a que no se trata de una práctica común en la industria. Por otro lado, el uso del BIM en actividades de costeo o metrados representa casi un 60% en adopción, siendo un punto interesante si se pretende buscar ampliar el trabajo colaborativo. Lo mismo ocurre con las actividades de control de avance de obra, representando el 60% entre nulo y baja adopción, evidenciando que los profesionales de la ingeniería aún no adoptan los usos para procesos constructivos.

**Tabla 15**

*Grado de aplicación BIM con subcontratos en edificación urbana en Lima y Callao - 2017*

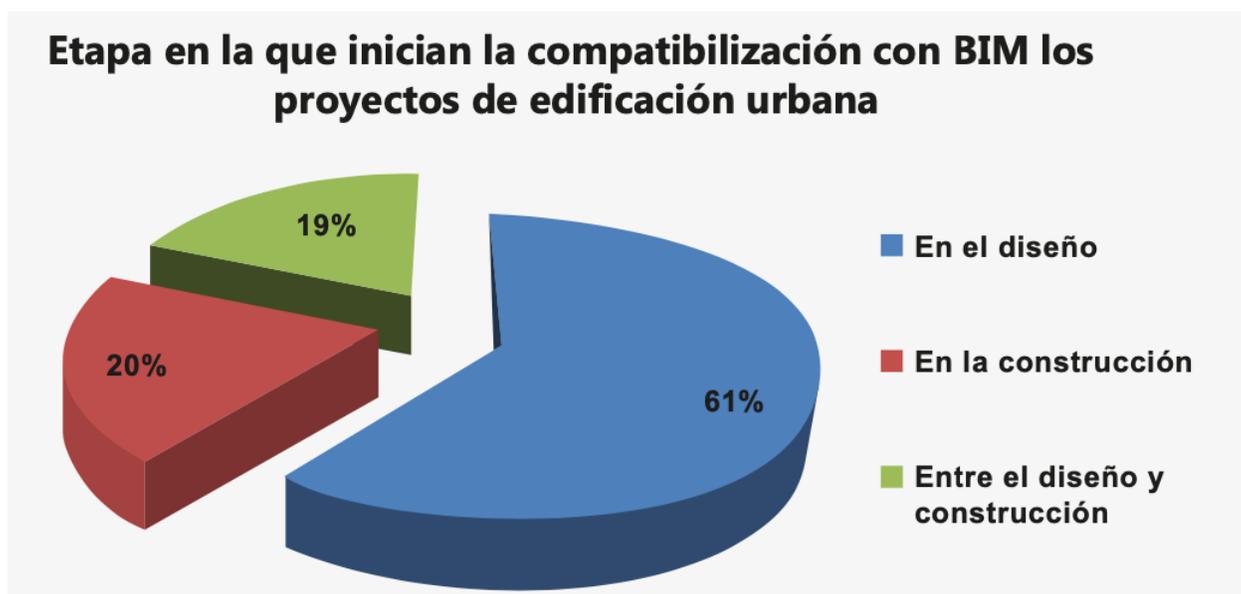


*Nota.* Años de experiencia BIM. De “Primer Estudio de Adopción BIM en sus Proyectos de Edificaciones de Lima y Callao 2017”, por Murguía, 2018.

El autor detalla, además, el proceso en que la principal adopción de BIM en el País, asume una mayor participación, teniéndose un 19% de incidencia en el proceso de diseño, 20% en el de construcción y 61% entre el diseño y construcción, tal como se observa en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Fase de inicio de compatibilización con BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao 2017*



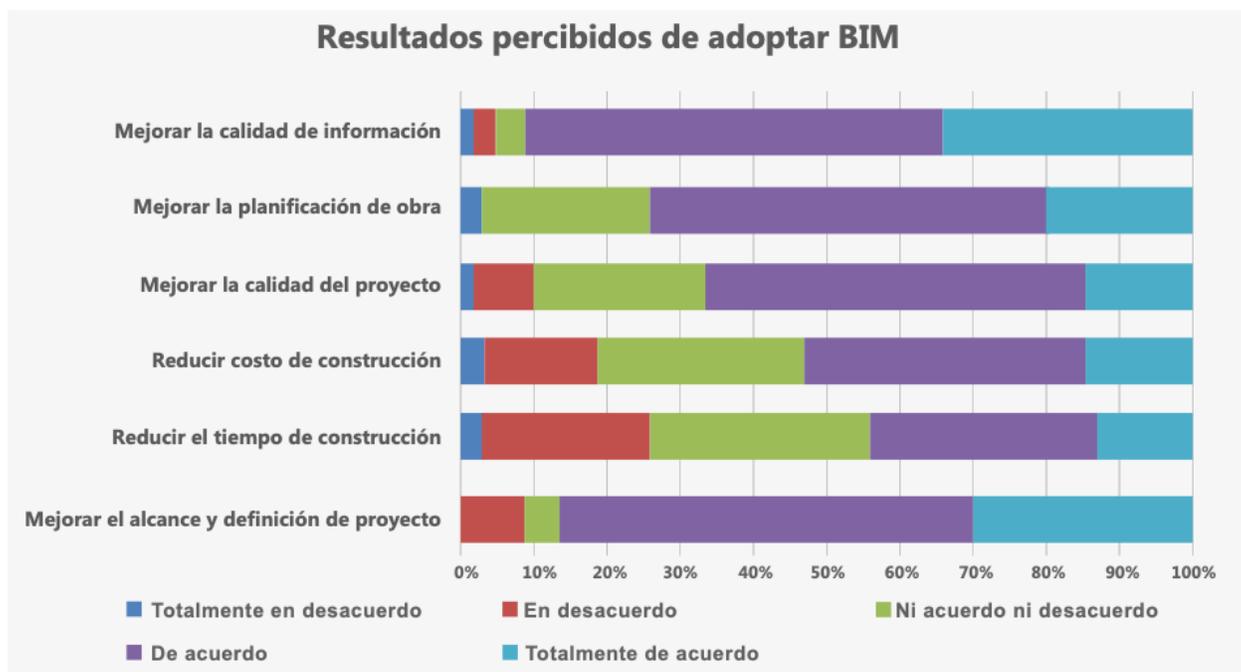
*Nota.* Años de experiencia BIM. De “Primer Estudio de Adopción BIM en sus Proyectos de Edificaciones de Lima y Callao 2017”, por Murguía, 2018.

Otro aspecto importante resaltante en el estudio de Murguía (2018), es la percepción del impacto de la implementación BIM. Se puede resaltar que el 34% de encuestados se encuentran totalmente de acuerdo que el BIM permite mejorar la calidad de información, así como un 30% se encuentra totalmente de acuerdo en que el BIM permite mejorar el alcance y definición de los proyectos.

Por otro lado, se observa que existe cerca de un 50% de respuestas que se encuentran en desacuerdo o ni de acuerdo o desacuerdo, que perciben la reducción de costos y tiempos en la construcción.

**Tabla 17**

*Resultados percibidos de adoptar BIM*



*Nota.* Los principales resultados percibidos en adoptar BIM. De “Primer Estudio de Adopción BIM en sus Proyectos de Edificaciones de Lima y Callao 2017”, por Murguía, 2018.

Respecto al nivel de madurez en el país, a la fecha del estudio, no se encontró investigaciones realizadas sobre el tema en el País. Asimismo, para el presente estudio, se tomará en cuenta el método BIM Maturity Indice – BIMMI (Succar, 2010).

## **CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### **3.1 Definición del Perfil de Encuestado**

Las variables de los encuestados para la presente tesis serán por profesión, cargo en el proyecto relacionado, años de experiencia laboral, conocimiento de herramientas BIM y años de experiencia usando BIM. La población de estudio estará determinada por las empresas constructoras grandes que facturan más de 10 Millones de Soles al año.

Las encuestas que se realizarán para la presente tesis van a permitir crear un análisis del proceso de proyectos de edificación de distintas empresas constructoras dentro de Lima, el cual podremos concluir si realmente necesita un cambio y si la metodología BIM ayudará a la mejora del proyecto.

La encuesta estará dirigida a ingenieros y arquitectos que trabajan en proyectos de edificaciones y que dentro de los perfiles de los encuestados desarrollen cargos desde la gerencia de proyectos hasta los residentes de obra, tanto por el lado del contratista como del cliente. Los cuales se le realizará una serie de preguntas relacionadas con la metodología BIM y su implementación dentro de sus proyectos u organización.

### **3.2 Instrumento de recopilación de información**

Se utilizarán cuestionarios estructurados que permitirán responder los objetivos de la investigación. Estos serán realizados en la plataforma digital de Survey Monkey a través de su página web:

[https://es.surveymonkey.com/user/sign-in/?ut\\_source=sem\\_lp&ut\\_source2=sem&ut\\_source3=megamenu](https://es.surveymonkey.com/user/sign-in/?ut_source=sem_lp&ut_source2=sem&ut_source3=megamenu).

**Tabla 18***Ficha técnica de la encuesta*

<b>Ficha técnica de la encuesta</b>	
Nombre del estudio	Nivel de madurez del Building Information Modeling (BIM) en empresas constructoras al año 2019 en Lima – Perú.
Elaborado y aplicado por	Irigoin Quesquén Juan Laos Laura Xavier Antonio Marreros Vargas Katherine
Plataforma utilizada	Suverymonkey (surveymonkey.com)
Grupo objetivo	Profesionales en el campo de diseño y la construcción de proyectos .de edificaciones principalmente
Tamaño de la muestra	Entre 70 a 150 personas
Tipo de muestra	Muestreo aleatorio simple
Lugar y fecha de la muestra	Lima, del 15 de Setiembre al 30 de diciembre del 2020.
Instrumento de recolección de datos	<a href="https://es.surveymonkey.com/r/D8XQNQ2">https://es.surveymonkey.com/r/D8XQNQ2</a>
Encuesta	

*Nota.* Se usó software especializado Survey Monkey.

### 3.3 Aplicación de instrumento de recolección de datos (encuesta)

**Figura 20**

*Datos del encuestado*

Respondidas: 77  
Omitidas: 0

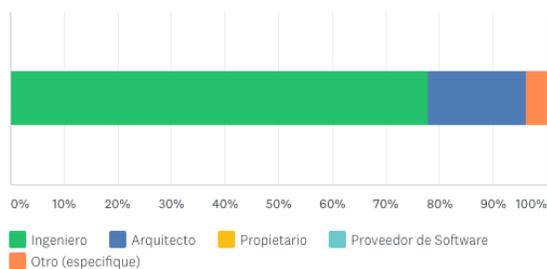
OPCIONES DE RESPUESTA	Respuestas	RESPUESTAS	
Nombres y Apellidos	Respuestas	100,00 %	77
Edad (años)	Respuestas	100,00 %	77
DNI	Respuestas	100,00 %	77
Empresa	Respuestas	100,00 %	77
Cargo	Respuestas	100,00 %	77
Distrito	Respuestas	100,00 %	77
Departamento	Respuestas	100,00 %	77
Profesión	Respuestas	0,00 %	0
Dirección de correo electrónico	Respuestas	100,00 %	77
Número de teléfono	Respuestas	0,00 %	0

*Nota.* Información del encuestado. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 21**

*Profesión u ocupación*

Respondidas: 77  
Omitidas: 0



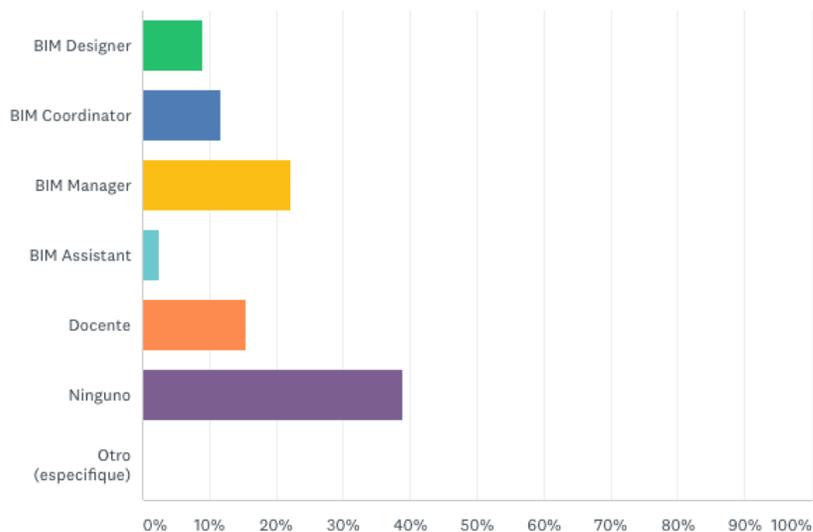
OPCIONES DE RESPUESTA	Respuestas	RESPUESTAS
▼ Ingeniero	77,92 %	60
▼ Arquitecto	18,18 %	14
▼ Propietario	0,00 %	0
▼ Proveedor de Software	0,00 %	0
▼ Otro (especifique)	Respuestas 3,90 %	3
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

*Nota.* La mayoría de encuestados son ingenieros como profesión. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 22**

¿Qué rol desempeña en el proceso BIM?

Respondidas: 77  
Omitidas: 0



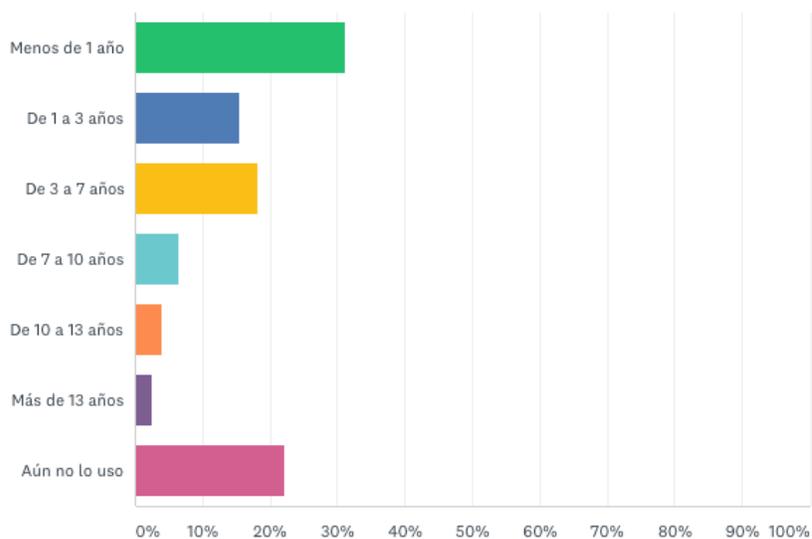
OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ BIM Designer	9,09 % 7
▼ BIM Coordinator	11,69 % 9
▼ BIM Manager	22,08 % 17
▼ BIM Assistant	2,60 % 2
▼ Docente	15,58 % 12
▼ Ninguno	38,96 % 30
▼ Otro (especifique)	Respuestas 0,00 % 0
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

*Nota.* Se muestra el rol del encuestado en el entorno BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 23***¿Hace cuánto tiempo viene usando BIM?*

¿Hace cuánto tiempo viene usando BIM?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
Menos de 1 año	31,17 % 24
De 1 a 3 años	15,58 % 12
De 3 a 7 años	18,18 % 14
De 7 a 10 años	6,49 % 5
De 10 a 13 años	3,90 % 3
Más de 13 años	2,60 % 2
Aún no lo uso	22,08 % 17
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

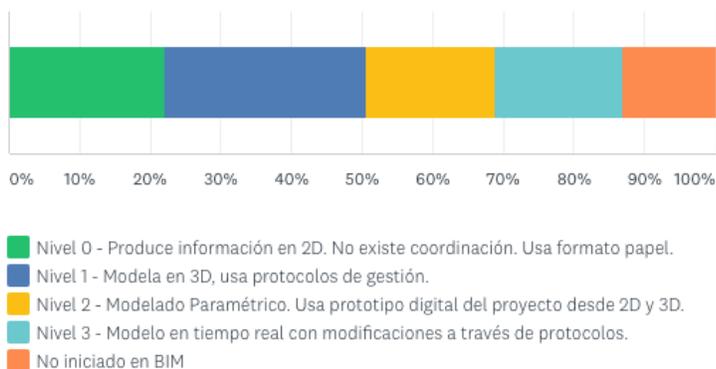
*Nota.* La mayoría de encuestados vienen usando BIM menos de un año. Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 24

¿Qué nivel de uso de BIM considera que se encuentra usted actualmente?

¿Qué nivel de uso de BIM considera que se encuentra usted actualmente?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ Nivel 0 - Produce información en 2D. No existe coordinación. Usa formato papel.	22,08 %	17
▼ Nivel 1 - Modela en 3D, usa protocolos de gestión.	28,57 %	22
▼ Nivel 2 - Modelado Paramétrico. Usa prototipo digital del proyecto desde 2D y 3D.	18,18 %	14
▼ Nivel 3 - Modelo en tiempo real con modificaciones a través de protocolos.	18,18 %	14
▼ No iniciado en BIM	12,99 %	10
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

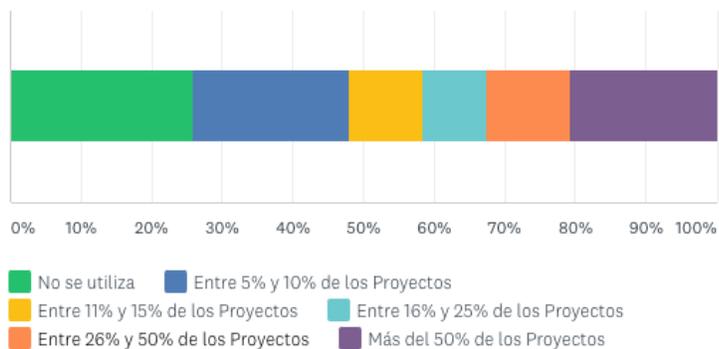
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que se encuentran en el Nivel 1: Modela en 3D y usa protocolos de gestión. Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 25

¿Qué nivel de implementación BIM tiene la empresa donde labora?

¿Qué nivel de implementación de BIM considera que tiene la empresa donde labora?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ No se utiliza	25,97 %	20
▼ Entre 5% y 10% de los Proyectos	22,08 %	17
▼ Entre 11% y 15% de los Proyectos	10,39 %	8
▼ Entre 16% y 25% de los Proyectos	9,09 %	7
▼ Entre 26% y 50% de los Proyectos	11,69 %	9
▼ Más del 50% de los Proyectos	20,78 %	16
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que la empresa que labora no utilizan BIM.

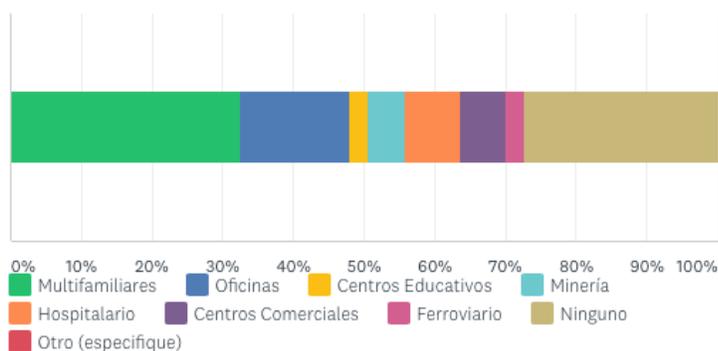
Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 26**

¿Qué tipo de proyectos realiza en BIM?

¿Qué tipo de proyectos realiza en BIM?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ Multifamiliares	32,47 % 25
▼ Oficinas	15,58 % 12
▼ Centros Educativos	2,60 % 2
▼ Minería	5,19 % 4
▼ Hospitalario	7,79 % 6
▼ Centros Comerciales	6,49 % 5
▼ Ferroviario	2,60 % 2
▼ Ninguno	27,27 % 21
▼ Otro (especifique)	Respuestas 0,00 % 0
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

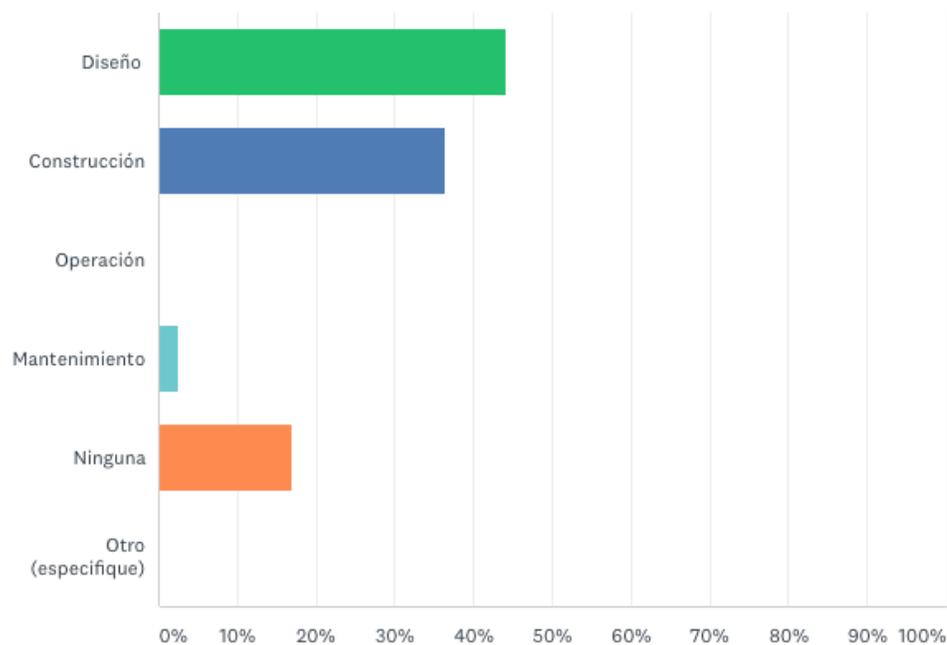
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que los Multifamiliares son los proyectos que más se realizan con BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 27**

¿En qué fase del proyecto ha usado BIM?.

¿En qué fase del proyecto ha usado BIM?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ Diseño	44,16 % 34
▼ Construcción	36,36 % 28
▼ Operación	0,00 % 0
▼ Mantenimiento	2,60 % 2
▼ Ninguna	16,88 % 13
▼ Otro (especifique)	Respuestas 0,00 % 0
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que en la fase de diseño han utilizado BIM.

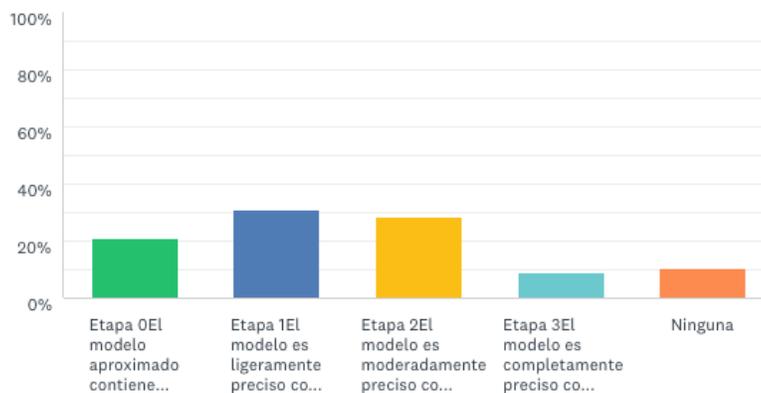
Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 28

¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?

Evaluando el aspecto "Tecnológico", indique ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
Etapa 0 El modelo aproximado contiene datos inexactos pero si contiene datos indicativos. No hay seguridad de datos o ninguna infraestructura de TI que respalde el uso de BIM.	20,78 % 16
Etapa 1 El modelo es ligeramente preciso con sus datos y elementos que cumplen con los requisitos para la implementación de BIM. Soporte de hardware y software sistemas BIM básicos y seguridad de datos se establece dentro del equipo BIM de la organización.	31,17 % 24
Etapa 2 El modelo es moderadamente preciso con sus datos y elementos que cumplen con estándares de la organización. Soporte avanzado de hardware y software de los sistemas BIM y la seguridad de los datos es establecida dentro de la organización.	28,57 % 22
Etapa 3 El modelo es completamente preciso con todos sus datos y elementos reunidos de los estándares de la industria. Ambos, hardware y el software están disponibles para actualización continua, y la seguridad de los datos es establecida dentro de la industria.	9,09 % 7
Ninguna	10,39 % 8
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

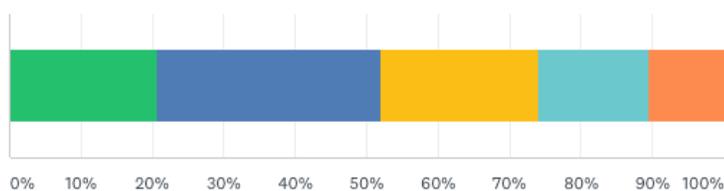
*Nota.* La mayoría de encuestados considera que las empresas donde laboran se encuentran en la etapa 1: modelo es ligeramente preciso con sus datos. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 29**

¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?

Evaluando los "Procesos", indique ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



- Etapa 0 No hay intercambio de datos ni realización de trabajo analítico y sin objetivos
- Etapa 1 La implementación de BIM solo tiene algunos objetivos con gestión limitada de
- Etapa 2 Se pueden intercambiar datos y modelos dentro de organizaciones individuales
- Etapa 3 Los datos y el modelo se pueden intercambiar y se accede libremente a través
- Ninguna

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
Etapa 0 No hay intercambio de datos ni realización de trabajo analítico y sin objetivos claros o soporte de gestión para BIM implementación.	20,78 % 16
Etapa 1 La implementación de BIM solo tiene algunos objetivos con gestión limitada de apoyo. Intercambio de modelos y datos están limitados.	31,17 % 24
Etapa 2 Se pueden intercambiar datos y modelos dentro de organizaciones individuales a través de los servicios web disponibles, siguiendo sus propios estándares. La implementación BIM puede tener objetivos con apoyo gerencial moderado.	22,08 % 17
Etapa 3 Los datos y el modelo se pueden intercambiar y se accede libremente a través de una web segura de servicio, siguiendo los estándares de la industria. La implementación de BIM puede tener objetivos continuamente actualizados con apoyo de la gerencia.	15,58 % 12
Ninguna	10,39 % 8
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

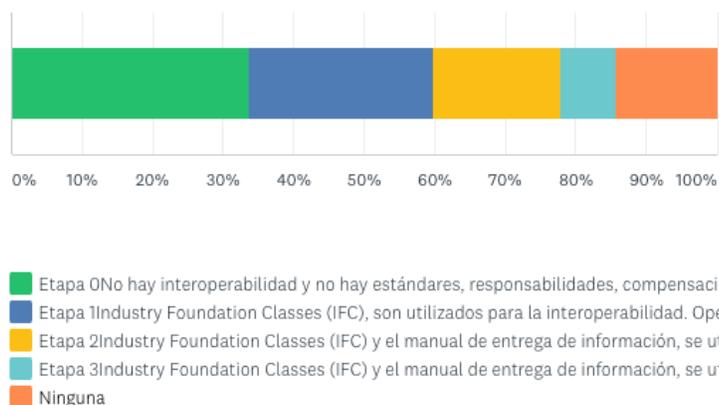
*Nota.* La mayoría de encuestados considera que según procesos las empresas donde laboran se encuentra en Etapa 1 implementación de BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 30**

¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?

Evaluando los "Protocolos", indique ¿En qué etapa de BIM considera que se encuentra la empresa donde labora?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ Etapa 0 No hay interoperabilidad y no hay estándares, responsabilidades, compensación o requisitos relacionados con la implementación BIM.	33,77 % 26
▼ Etapa 1 Industry Foundation Classes (IFC), son utilizados para la interoperabilidad. Operación y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones no están estandarizados. La responsabilidad BIM es especificada para el líder técnico BIM de la organización.	25,97 % 20
▼ Etapa 2 Industry Foundation Classes (IFC) y el manual de entrega de información, se utilizan para la interoperabilidad de la mayor parte de la información. Operacionalización y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones están estandarizados dentro de la organización. La responsabilidad de BIM es especificado para el equipo BIM de la organización.	18,18 % 14
▼ Etapa 3 Industry Foundation Classes (IFC) y el manual de entrega de información, se utilizan para la interoperabilidad de toda la información. Operación y proceso de modelado, compensación y los datos de las instalaciones están estandarizados La industria. La responsabilidad de BIM es especificado para toda la organización.	7,79 % 6
▼ Ninguna	14,29 % 11
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

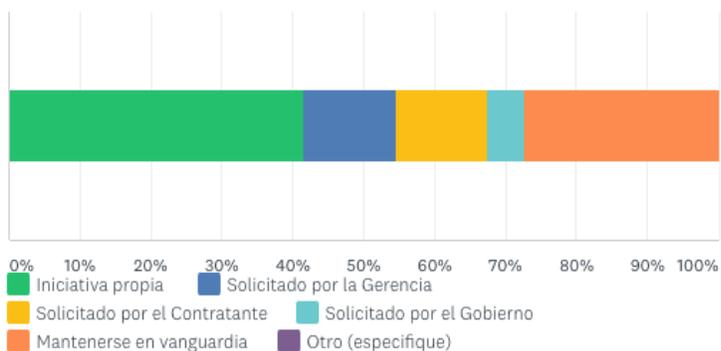
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que las empresas que laboran se encuentran en Etapa 0, donde no hay interoperabilidad y no hay estándares relacionados con la implementación BIM. Encuesta por Survey Monkey.

### Figura 31

¿Cuál considera que ha sido el principal motivo para implementar BIM?

¿Cuál considera que ha sido el principal motivo para implementar BIM?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ Iniciativa propia	41,56 % 32
▼ Solicitado por la Gerencia	12,99 % 10
▼ Solicitado por el Contratante	12,99 % 10
▼ Solicitado por el Gobierno	5,19 % 4
▼ Mantenerse en vanguardia	27,27 % 21
▼ Otro (especifique)	Respuestas 0,00 % 0
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

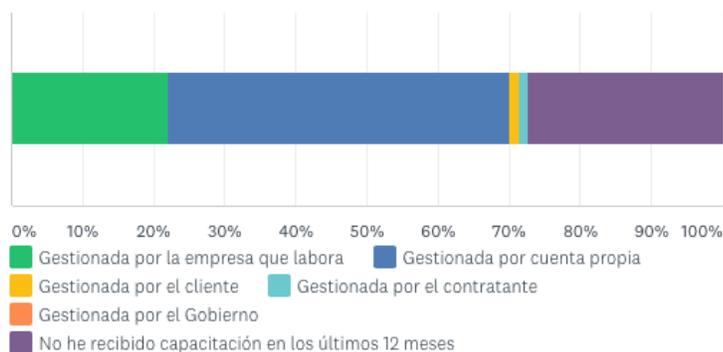
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que el principal motivo para implementar BIM es la iniciativa propia. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 32**

*¿Ha recibido capacitación en BIM en los últimos 12 meses?*

¿Ha recibido capacitación en BIM en los últimos 12 meses?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



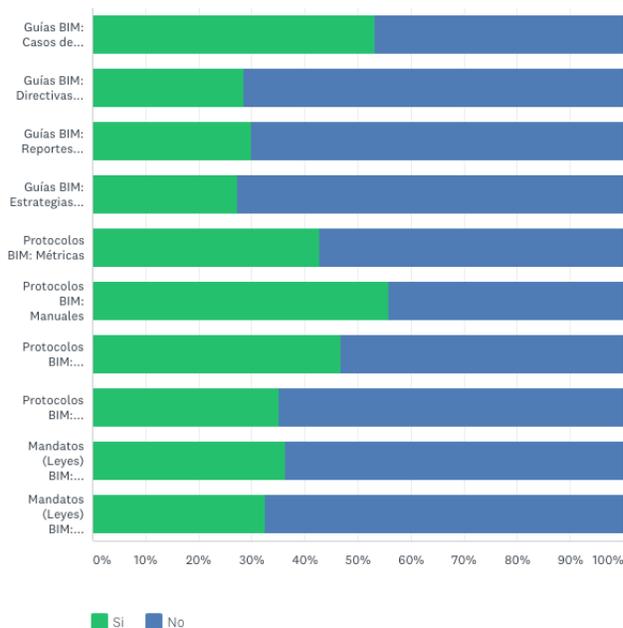
OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ Gestionada por la empresa que labora	22,08 %	17
▼ Gestionada por cuenta propia	48,05 %	37
▼ Gestionada por el cliente	1,30 %	1
▼ Gestionada por el contratante	1,30 %	1
▼ Gestionada por el Gobierno	0,00 %	0
▼ No he recibido capacitación en los últimos 12 meses	27,27 %	21
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

*Nota.* La mayoría de encuestados han recibido capacitación gestionada por cuenta propia en los últimos 12 meses. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 33***Tipos de Publicaciones sobre BIM que den en nuestro País*

Responda si conoce los siguientes tipos de Publicaciones sobre BIM que se den en nuestro País.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



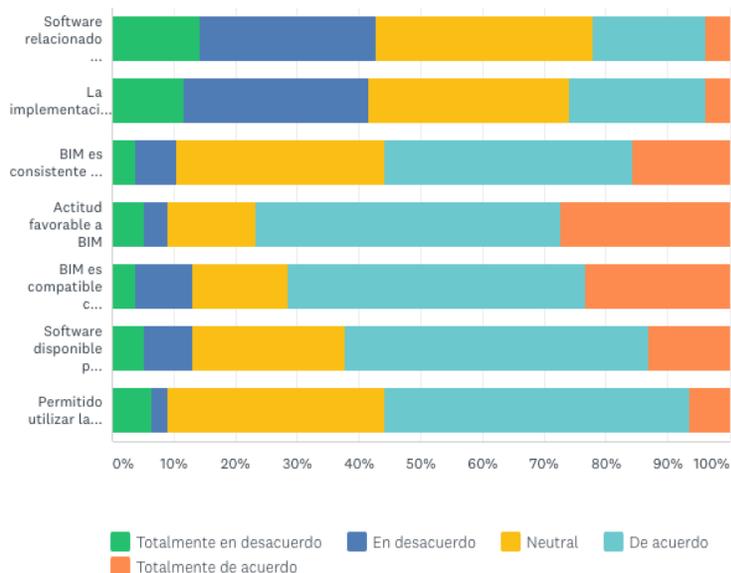
	SI	NO	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO
Guías BIM: Casos de estudio	53,25 % 41	46,75 % 36	77	1,47
Guías BIM: Directivas empresariales	28,57 % 22	71,43 % 55	77	1,71
Guías BIM: Reportes especializados	29,87 % 23	70,13 % 54	77	1,70
Guías BIM: Estrategias empresariales	27,27 % 21	72,73 % 56	77	1,73
Protocolos BIM: Métricas	42,86 % 33	57,14 % 44	77	1,57
Protocolos BIM: Manuales	55,84 % 43	44,16 % 34	77	1,44
Protocolos BIM: Procedimientos	46,75 % 36	53,25 % 41	77	1,53
Protocolos BIM: Especificaciones	35,06 % 27	64,94 % 50	77	1,65
Mandatos (Leyes) BIM: Contratos	36,36 % 28	63,64 % 49	77	1,64
Mandatos (Leyes) BIM: Requerimientos específicos	32,47 % 25	67,53 % 52	77	1,68

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que las principales publicaciones en el Perú son las Guías BIM: Casos de estudios. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 34***Factores Tecnológicos que puedan afectar la decisión de adopción del BIM*

Revise la lista de Factores Tecnológicos que pueden afectar la decisión de adopción del BIM en la empresa que labora y responda.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NEUTRAL	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO
Software relacionado con BIM complejo de usar	14,29 % 11	28,57 % 22	35,06 % 27	18,18 % 14	3,90 % 3	77	2,69
La implementación de BIM es compleja	11,69 % 9	29,87 % 23	32,47 % 25	22,08 % 17	3,90 % 3	77	2,77
BIM es consistente con nuestras creencias y valores	3,90 % 3	6,49 % 5	33,77 % 26	40,26 % 31	15,58 % 12	77	3,57
Actitud favorable a BIM	5,19 % 4	3,90 % 3	14,29 % 11	49,35 % 38	27,27 % 21	77	3,90
BIM es compatible con las prácticas existentes	3,90 % 3	9,09 % 7	15,58 % 12	48,05 % 37	23,38 % 18	77	3,78
Software disponible para probar y ejecutar BIM	5,19 % 4	7,79 % 6	24,68 % 19	49,35 % 38	12,99 % 10	77	3,57
Permitido utilizar la funcionalidad del software de prueba	6,49 % 5	2,60 % 2	35,06 % 27	49,35 % 38	6,49 % 5	77	3,47

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que la actitud favorable a BIM, puede afectar la decisión de adopción BIM. Encuesta por Survey Monkey.

Figura 35

## Factores Organizacionales que afectan la decisión de adopción del BIM

Revise la lista de Factores Organizacionales que pueden afectar la decisión de adopción del BIM en la empresa que labora y responda.

Respondidas: 77 Omitidas: 0

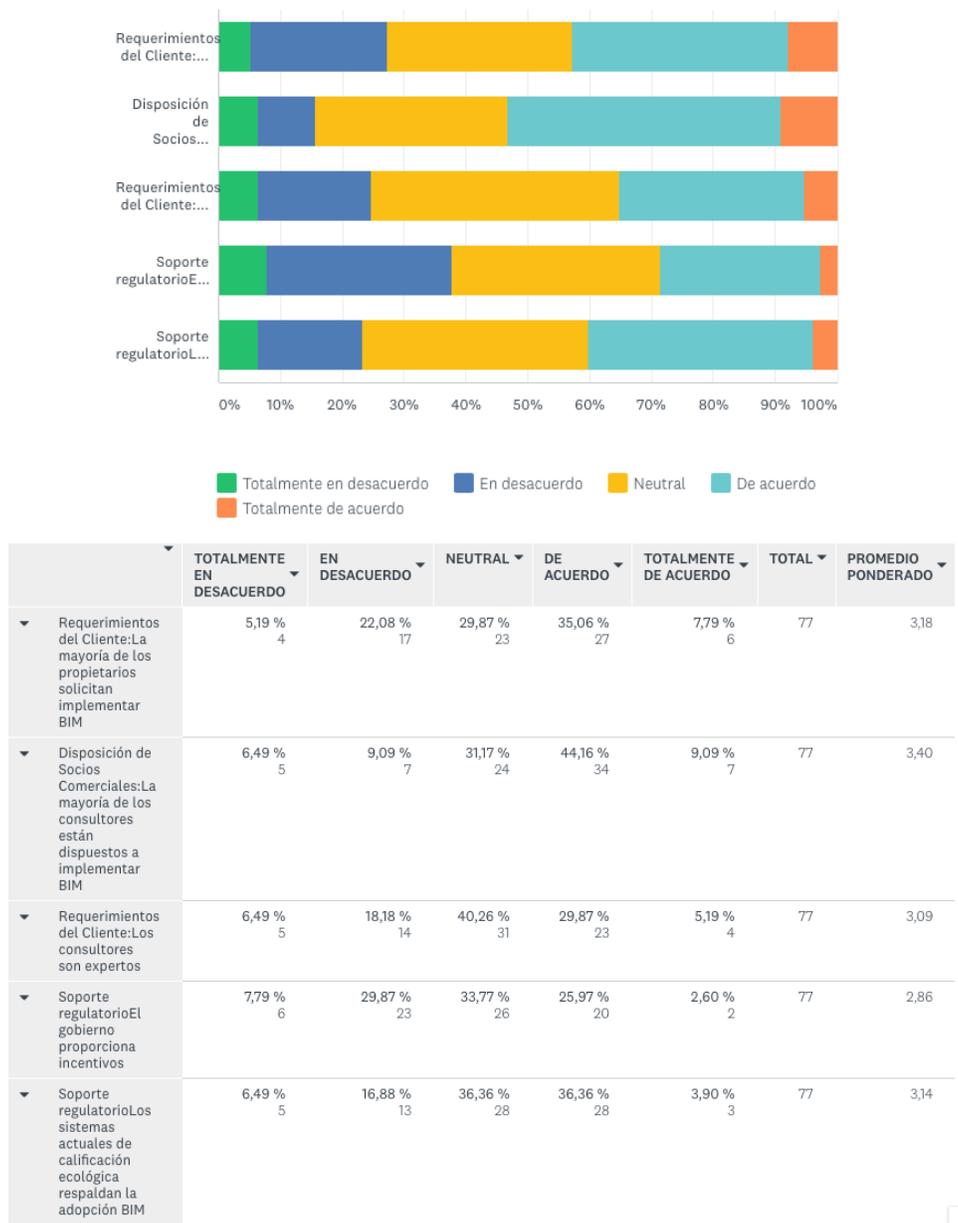


*Nota.* La mayoría de encuestados consideran el soporte de la alta gerencia son factores organizacionales que afectan la decisión de adopción BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 36****Factores ambientales que puedan afectar la decisión de adopción del BIM**

Revise la lista de Factores ambientales que pueden afectar la decisión de adopción del BIM en la empresa que labora y responda.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que la disposición de socios comerciales son factores ambientales que afectan la decisión de adopción BIM. Encuesta por Survey Monkey.

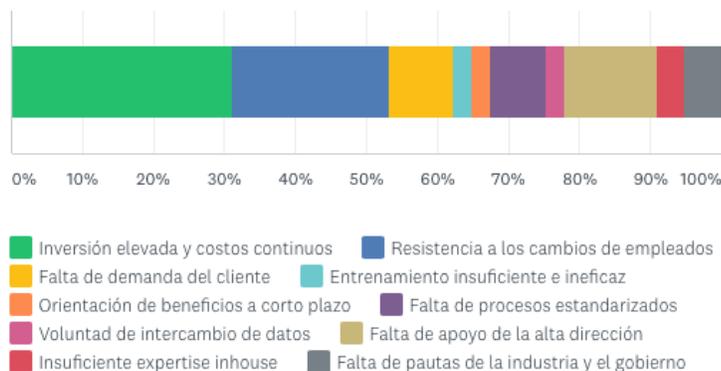
### Figura 37

¿Cuál considera que representa la principal restricción en la implementación del BIM

en las empresas?

¿Cuál considera que representa la principal restricción en la implementación del BIM en las empresas?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
▼ Inversión elevada y costos continuos	31,17 % 24
▼ Resistencia a los cambios de empleados	22,08 % 17
▼ Falta de demanda del cliente	9,09 % 7
▼ Entrenamiento insuficiente e ineficaz	2,60 % 2
▼ Orientación de beneficios a corto plazo	2,60 % 2
▼ Falta de procesos estandarizados	7,79 % 6
▼ Voluntad de intercambio de datos	2,60 % 2
▼ Falta de apoyo de la alta dirección	12,99 % 10
▼ Insuficiente expertise inhouse	3,90 % 3
▼ Falta de pautas de la industria y el gobierno	5,19 % 4
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

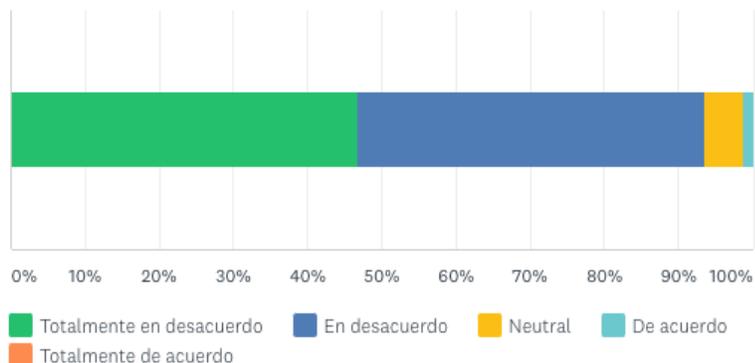
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que la inversión elevada y costos continuos representa la principal restricción de implementación BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 38**

¿Considera que BIM es igual a un modelo 3D de CAD?

¿Considera que BIM es igual a un modelo 3D de CAD?.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



ESTADÍSTICAS DEL TEST			
Porcentaje de aciertos 0 %	Puntuación promedio 1,6/5,0 (32 %)	Desviación estándar 0,65	Dificultad 1/2
OPCIONES DE RESPUESTA	Puntuación	RESPUESTAS	
▼ Totalmente en desacuerdo	1/5	46,75 %	36
▼ En desacuerdo	2/5	46,75 %	36
▼ Neutral	3/5	5,19 %	4
▼ De acuerdo	4/5	1,30 %	1
▼ ✓ Totalmente de acuerdo	5/5	0,00 %	0
<b>TOTAL</b>			<b>77</b>

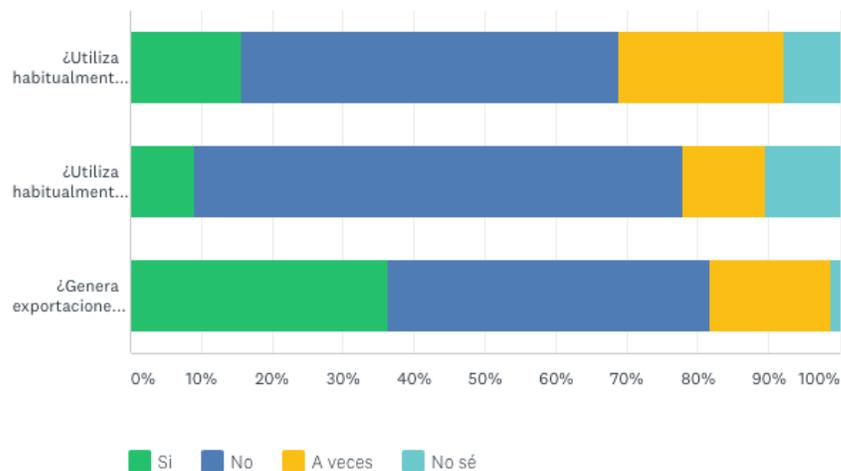
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que BIM no es igual a un modelo 3D de CAD. Encuesta por Survey Monkey.

### Figura 39

#### Formato de intercambio que se utilizan

Responda las siguientes preguntas:

Respondidas: 77 Omitidas: 0



	SI	NO	A VECES	NO SÉ	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO
¿Utiliza habitualmente el formato de intercambio IFC?	15,58 % 12	53,25 % 41	23,38 % 18	7,79 % 6	77	2,23
¿Utiliza habitualmente el formato de intercambio BFC?	9,09 % 7	68,83 % 53	11,69 % 9	10,39 % 8	77	2,23
¿Genera exportaciones de datos del Modelo BIM, tipo txt, excel, calc, odt, base de datos?	36,36 % 28	45,45 % 35	16,88 % 13	1,30 % 1	77	1,83

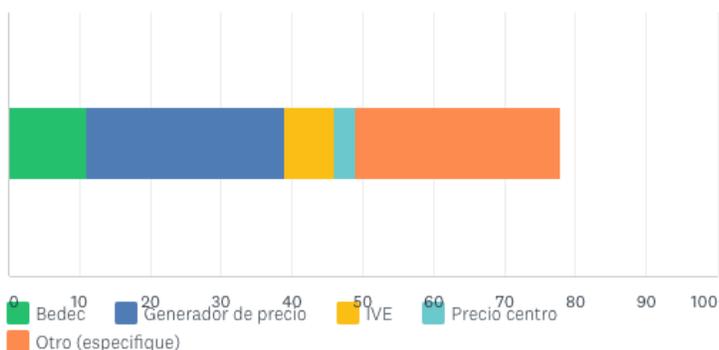
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que los formatos son los tipos txt, Excel, calc, odt y base de datos. Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 40

¿En caso de usar base de datos, indicar cuáles?

¿En caso de usar base de datos, indicar cuáles?

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ Bedec	14,29 %	11
▼ Generador de precio	36,36 %	28
▼ IVE	9,09 %	7
▼ Precio centro	3,90 %	3
▼ Otro (especifique)	Respuestas 37,66 %	29
<b>Total de encuestados: 77</b>		

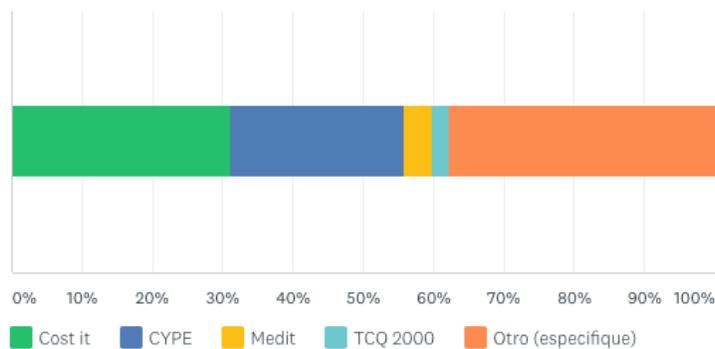
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que Precio Centro es la base de dato menos conocidas en el entorno BIM. Encuesta por Survey Monkey.

**Figura 41**

¿En caso de usar base de datos, qué programa de intercambio utiliza?

¿En caso de usar base de datos, qué programa de intercambio utiliza?

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ Cost it	31,17 %	24
▼ CYPE	24,68 %	19
▼ Medit	3,90 %	3
▼ TCQ 2000	2,60 %	2
▼ Otro (especifique)	<a href="#">Respuestas</a> 37,66 %	29
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

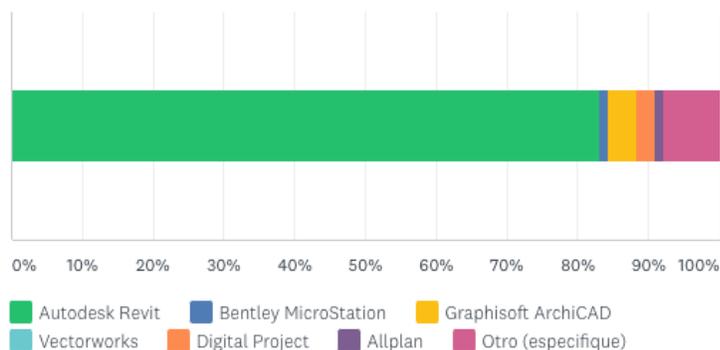
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que Cost it es el programa de intercambio más usado en el entorno BIM. Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 42

*Seleccione que software usa para trabajar BIM en su empresa*

Seleccione que software usa para trabajar BIM en su empresa.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
Autodesk Revit	83,12 % 64
Bentley MicroStation	1,30 % 1
Graphisoft ArchiCAD	3,90 % 3
Vectorworks	0,00 % 0
Digital Project	2,60 % 2
Allplan	1,30 % 1
Otro (especifique)	7,79 % 6
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

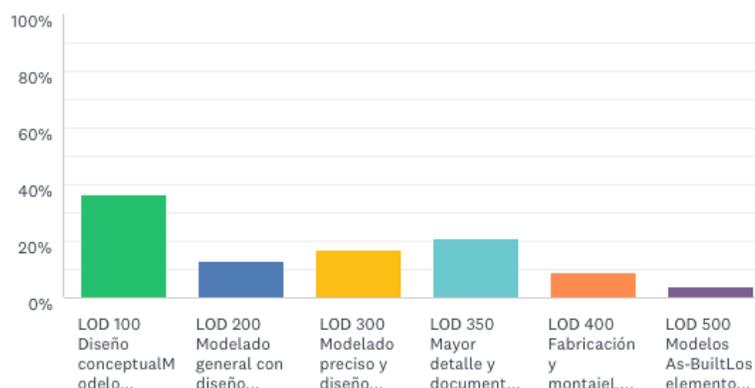
*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que Autodesk Revit es uno de los softwares más usados en el entorno BIM. Encuesta por Survey Monkey.

### Figura 43

¿Qué nivel de desarrollo LOD están dotados los modelos que se trabaja en la empresa donde labora?

¿Qué nivel de desarrollo LOD (Level Of Development) están dotados los modelos que se trabaja en la empresa donde labora?

Respondidas: 77 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	PUNTAJACIÓN	RESPUESTAS
LOD 100 Diseño conceptualModelo conceptual donde se definen parámetros como área, altura, volumen, ubicación y orientación.	1/6	36,36 % 28
LOD 200 Modelado general con diseño esquemáticoModelo general donde los elementos se modelan con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación. Los elementos no geométricos se pueden incrustar con elementos de modelo en LOD 200	2/6	12,99 % 10
LOD 300 Modelado preciso y diseño detalladoModelado preciso y dibujos de taller donde los elementos se definen con ensamblajes específicos, cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación precisa. Los elementos no geométricos se pueden incrustar con elementos de modelo en LOD 300.	3/6	16,88 % 13
LOD 350 Mayor detalle y documentación de construcciónIncluye más detalles y elementos que representan la interfaz de elementos de construcción con varios sistemas de construcción y otros elementos con gráficos claros y definiciones escritas.	4/6	20,78 % 16
LOD 400 Fabricación y montajeLos elementos del modelo se modelan como conjuntos específicos, con fabricación completa, montaje e información detallada, además de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación precisos. Los elementos no geométricos se pueden incrustar con elementos de modelo en LOD 400.	5/6	9,09 % 7
LOD 500 Modelos As-BuiltLos elementos se modelan como conjuntos construidos para operaciones y mantenimiento. Además de ser reales y precisos en tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación, los elementos no geométricos se pueden incrustar con elementos del modelo en LOD 500.	6/6	3,90 % 3
<b>TOTAL</b>		<b>77</b>

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que los modelos que trabaja su empresa

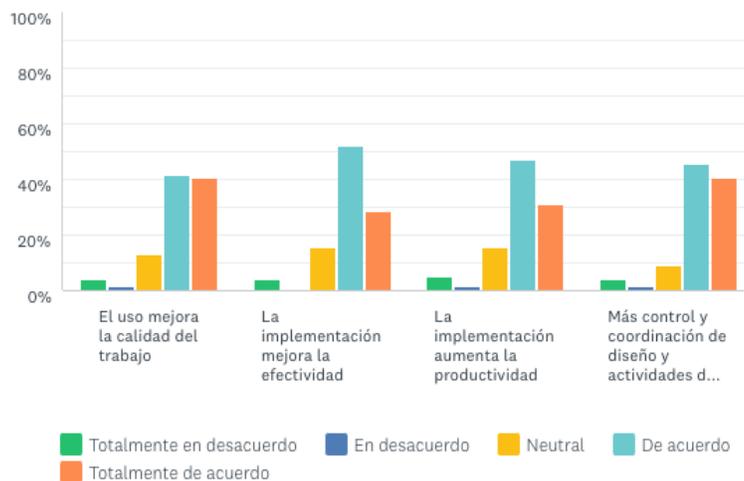
tienen un nivel de desarrollo LOD 100. Encuesta por Survey Monkey.

## Figura 44

*Impacto del BIM en la performance de la empresa donde labora.*

Responda sobre el impacto del BIM en la performance de la empresa donde labora.

Respondidas: 77 Omitidas: 0



	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NEUTRAL	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO
El uso mejora la calidad del trabajo	3,90 % 3	1,30 % 1	12,99 % 10	41,56 % 32	40,26 % 31	77	4,13
La implementación mejora la efectividad	3,90 % 3	0,00 % 0	15,58 % 12	51,95 % 40	28,57 % 22	77	4,01
La implementación aumenta la productividad	5,19 % 4	1,30 % 1	15,58 % 12	46,75 % 36	31,17 % 24	77	3,97
Más control y coordinación de diseño y actividades de construcción	3,90 % 3	1,30 % 1	9,09 % 7	45,45 % 35	40,26 % 31	77	4,17

*Nota.* La mayoría de encuestados consideran que el uso mejora la calidad del trabajo, el control y coordinación de diseño y actividades de construcción, tienen impacto del BIM en la performance de la empresa. Encuesta por Survey Monkey.

## **CAPÍTULO IV. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 Nivel de madurez**

#### **4.1.1 Aspectos tecnológicos**

Se observa que el 40% de los profesionales que utilizan BIM perciben que las empresas donde laboran se encuentran en el nivel 1 de madurez. Es decir, el modelo es ligeramente preciso con su datos y elementos que cumplen con los requisitos para la implementación de BIM. Indican además que el soporte de hardware y software sistemas BIM son básicos y la seguridad de datos es establecida dentro del equipo BIM de la organización.

#### **4.1.2 Procesos**

Se encontró que el 45% de los profesionales encuestados perciben que las empresas donde laboran se encuentran en el nivel 1, esto significa que reconocen que la implementación de BIM solo presenta algunos objetivos con gestión limitada de apoyo de las gerencias. Asimismo, el intercambio de modelos y datos están permanentemente limitados.

#### **4.1.3 Protocolos**

El estudio identifica que el 35% de los profesionales encuestados mencionan que no existe interoperabilidad, estándares, responsabilidades, compensaciones o requisitos relacionados con la implementación BIM.

Por otro lado, otro 30% de profesionales reconoce que existe interoperabilidad a través de IFC (Industry Foundation Classes), tanto para el proceso de operación y modelado. Sin embargo, las especialidades no están estandarizadas y el liderazgo del BIM es asumido por el equipo BIM de la organización.

#### **4.1.4 Publicaciones**

Guías BIM; respecto a este punto, un 52,50% reconoce la existencia de casos de estudio realizado en la industria. Solo un 67.50% no tiene conocimiento alguno de directivas y reportes empresariales, así como un 75% también desconoce la existencia de estrategias empresariales.

Protocolos BIM; se pudo identificar que solo un 37.50% conoce sobre métricas aplicadas a BIM, un 55% conoce publicaciones de manuales BIM, un 45% reconoce la existencia de procedimientos y 67.50% desconoce la existencia de especificaciones.

Mandatos (Leyes); por otro lado, un 30% de profesionales indicaron conocer requerimientos específicos e información sobre contratos alineados al uso del BIM en la industria.

#### **4.2 Competencias profesionales**

La necesidad de transformación a partir de la educación a nivel de pregrado se debe de considerar en todas las universidades a nivel de la industria de ingeniería, arquitectura y construcción. Sin embargo, tanto las universidades públicas y privadas no existe una formación completa de enseñanza BIM. Para algunos centros de formación solo usan herramientas de diseño 3D para proyectos, en cambio para otros es una estrategia integral de gestión de proyectos de construcción orientada para generar mayor calidad de obras y productividad.

#### **4.2.1 Escenario BIM en Universidades de Lima - Perú**

Se consideró centros de estudios a nivel de pregrado en el sector privado: UPC, URP, PUCP, ULIMA, donde dada la imposibilidad de contar con un criterio común y el nivel es bastante generalizado de desconocimiento conceptual de BIM.

Las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura imparten una formación BIM si al menos existe un curso específico donde se enseña el uso de herramientas de software por ejemplo REVIT. Los estudiantes universitarios de ahora son los que continuaran el mañana y, por tal motivo es fundamental que en su preparación desde nivel de pregrado incluyan temas de vanguardia.

#### **4.2.2 El BIM en la malla curricular**

Las asignaturas de la Carrera de Ingeniería Civil y Arquitectura deben estar relacionadas para que los estudiantes puedan encontrar relación entre sus contenidos.

Uno de los principales temas en la planificación curricular actual es la carga académica de cursos relacionados a metodologías BIM, además de incrementar las oportunidades de los estudiantes para la producción científica, con el propósito de integrar sus conocimientos y simular soluciones apropiadas para problemas de ingeniería y construcción que se presentan en la vida profesional. Algunos de los problemas de construcción que surgen en las carreras, están directamente relacionado con la falta de razonamiento abstracto y la poca capacidad de solución de problemas en tres dimensiones que ellos exhiben. Por ello, es necesario realizar una integración de cursos que vinculen componentes de trabajo colaborativo usando herramientas tecnológicas y software orientados al modelamiento. Un ejemplo de esto último se observa al revisar mallas curriculares donde se continúa usando el AUTOCAD.

**Tabla 19**

*Características de la malla profesional a nivel de pregrado en Universidades Privadas en Lima.*

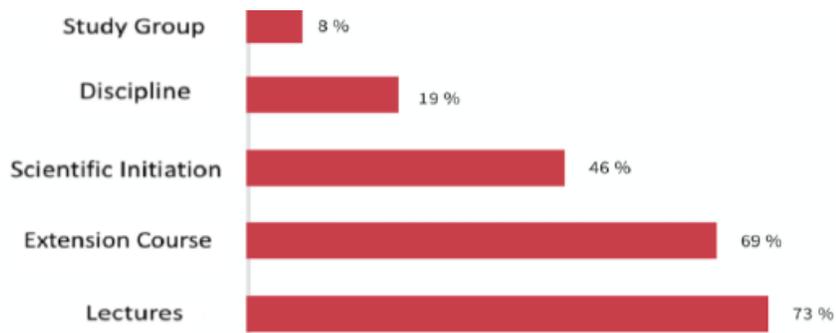
Universidad	Carrera Profesional	Ciclo		Tipo		Software BIM				Software Visualización	Gestión BIM
		1 er - 5 to	6 to - 10 mo	Obligatorio	Curso Electivo	Arquitectura	Estructura	Sanitarias	Eléctricas		
<b>U. Ricardo Palma (URP)</b>	Ingeniería Civil				X	X	X	X		X	X
	Arquitectura	X		X		X				X	
<b>U. Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)</b>	Ingeniería Civil		X	X		X	X			X	X
	Arquitectura	X			X	X				X	
<b>U. de Lima (ULIMA)</b>	Ingeniería Civil	X	X	X	X	X	X	X		X	X
	Arquitectura	X		X		X				X	
<b>PUCP</b>	Ingeniería Civil				X	X	X	X		X	X
	Arquitectura				X	X	X	X		X	X
<b>U. Nacional de Ingeniería</b>	Ingeniería Civil	No aplica en malla curricular									
	Arquitectura	No aplica en malla curricular									

*Nota.* Elaboración propia

Esta deficiencia en la implementación y formación en manejo de herramientas, escasez de guías, manuales de implementación en la metodología BIM y la falta de la capacitación de los profesionales, va a conllevar un proceso de implementación de manera improvisada e ineficaz. Hoy en día, los profesionales egresados presentan la necesidad de comprender el uso de la metodología BIM, debido principalmente porque las facultades de ingeniería civil y arquitectura de las universidades más importantes no incluyen en su malla curricular los cursos suficientes que refuercen la formación acerca de la metodología BIM, tal como podemos ver en la tabla 19.

**Figura 45**

*Tipos de contacto BIM en las carreras de grado de Arquitectura y Urbanismo y Civil*



*Nota.* Carreras de Arquitectura - Urbanismo y Civil de acuerdo a los tipos de disciplina BIM.

De “BIM maturity model for higher education institutions”, por Boes et al., 2021.

El contacto BIM a lo largo de la carrera está presente en el 88% de los cursos, en los que los coordinadores afirmaron que este contacto se da en al menos un momento a lo largo de la carrera. Entre los tipos de contacto, el más frecuente es conferencias (73%), seguido de cursos de extensión (Boes et al., 2021).

**Tabla 20**

*Disciplinas en introducción BIM*

Disciplines	Courses
Computer aided drawing/Graphic Representation/Applied Drawing/ Graphic Expression	13
Architectural Project	8
Building Construction/Building Techniques/Building Industry	4
Management/Building execution planning	3
Urban Project	2
Plumbing and drainage Systems	2
Electrical Wiring	1
Concrete Structure	1

*Nota.* Cursos y disciplina BIM. De “BIM maturity model fo higher educacion institutions”, por Boes et al., 2021 (<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>)

Se observa también que BIM está presente en las disciplinas de manera introductoria, la gran

mayoría de ellas no involucran el desarrollo de modelos u otros usos BIM. Este hallazgo juega un papel importante en la comprensión del actual nivel de BIM en los cursos de Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería Civil en Instituciones Educativas del estado de Ceará. Eso muestra que, si bien existen iniciativas BIM en los cursos de pregrado, la mayoría aún se encuentra en un nivel introductorio. Este análisis es corroborado por la Tabla 20, que muestra que el 61% de las disciplinas en las que se trabaja BIM empleados son en disciplinas de Diseño Asistido por Computador, Representación Gráfica, Dibujo Aplicado y Expresión Gráfica, es decir, en las disciplinas del dibujo, y no del proyecto. Este hecho muestra una infrutilización de BIM.

**Tabla 21**

*Software BIM usado en Arquitectura e Ingeniería Civil en cursos de postgrado Brasil*

Softwares	Total	Architecture and Urbanism	Civil Engineering
Revit Architecture	77%	7	13
ArchiCAD	46%	5	7
TQS	30%	3	5
Navisworks	15%	-	4
Revit Structural	15%	-	4
Autodesk Green Building Studio	15%	1	3
Bentley Architecture	11%	1	2
Autodesk Ecotect Analysis	7%	-	2
Vectorworks Architect	3%	1	-
Synchro	3%	-	1
Tekla Structures	3%	1	-
Does not know	15%	1	3

*Nota.* Software BIM usado por carreras. De “BIM maturity model fo higher education institutions”, por Boes et al., 2021 (<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>).

El software más usado en los cursos de postgrado es el Revit Arquitectura con un 77%, seguido de ArchiCAD con 46%. La elección de cierto tipo de software por instituciones educativas depende las demandas del mercado, conocimiento en la facultad entre otros.

### 4.2.3 Desafíos BIM a nivel de pregrado

**Tabla 22**

*Comparación de los desafíos en la adopción BIM*

Barrier for BIM adoption	Undergraduate courses that have not adopted BIM	Undergraduate courses that have adopted BIM
Lack of faculty staff training	64%	90%
Lack of faculty staff interest	-	52%
Lack of technological resources	9%	43%
Resistance to a new methodology/technology	9%	43%
BIM is not viewed as a curriculum priority	45%	33%
Lack of incentive by the higher positions inside the HEI	36%	24%
Lack of student interest	-	14%
Lack of market incentive and/or demand	-	10%
Lack of interest by the HEI	-	5%
Initial Investment	9%	-
Inexistence of requirement/obligation	9%	-
Students have contact with BIM externally	9%	-

*Nota.* Comparación de desafíos en pregrado en los cursos de Arquitectura-Urbanismo e Ingeniería Civil. De “BIM maturity model fo higher education institutions”, por Boes et al., 2021 (<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>).

Al analizar las barreras que enfrentan para implementar BIM, es claro que son compartidas entre los cursos que ya lo han implementado, y que no lo han implementado (como se muestra en la Tabla 19). La principal barrera está relacionada con la falta de formación de los docentes, seguida directamente por el desinterés del docente.

Los docentes desempeñan un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, lo que requiere un dominio completo sobre el tema. La falta de formación de los docentes conduce a la inexistencia del tema BIM en el aula, ya que el docente no tiene los conocimientos suficientes para abordar el tema. La implementación de los programas de formación o incentivos para docentes se convierte en una interesante alternativa para solucionar este problema. Sin embargo, es posible encontrar resistencias en los docentes en la búsqueda de conocimientos en nuevas tecnologías y metodologías.

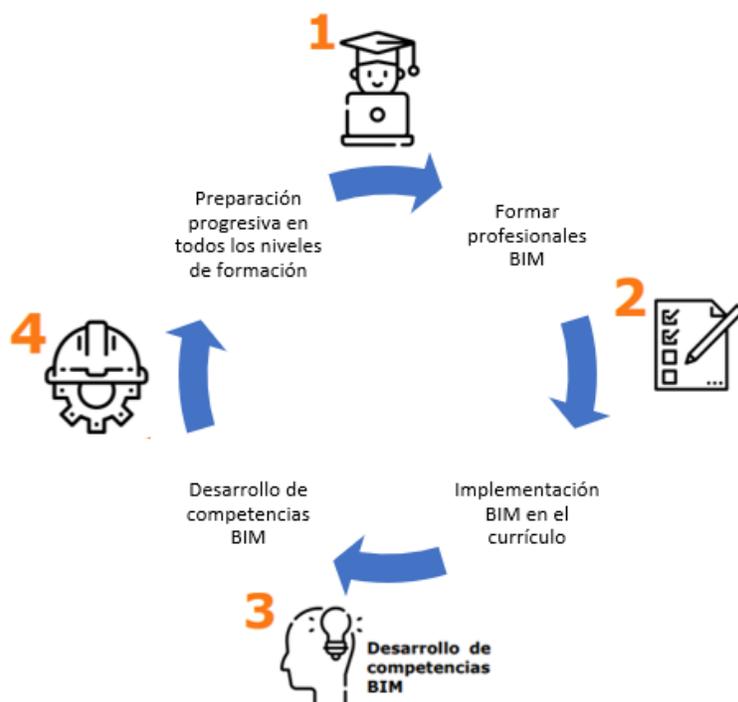
Se destacan algunas barreras en el proceso de adopción de BIM en las universidades, tales como: nueva metodología de docencia; carencia de material, libros y otras fuentes específicas; dificultad para encontrar maestros BIM reconocidos; costos de la plataforma; la necesaria multidisciplinariedad, desarrollo de planes curriculares, y falta de reglas y requisitos para la implementación del currículo (Boes et al., 2021).

La metodología BIM no solo es un desafío complejo, sino que también implica un profundo cambio “Cultural”. Es esencial establecer centros académicos para la formación BIM desde nivel de pregrado. Algunos desafíos que enfrenta el nivel de pregrado en centros de estudios son los siguientes:

- Falta de soporte académico
- Tiempo y costos en la implementación
- BIM no es requisitos en acreditaciones
- Desmotivación de los docentes
- Costos de herramientas
- Resistencia al cambio
- Falta de docentes capacitados con BIM

**Figura 46**

Ideas claves para el proceso BIM



*Nota.* De “La academia y la carrera profesional vinculada a BIM en el Perú”, por Almeida, 2021 (<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/13490>).

### 4.3 Restricciones en la implementación

Mediante la plataforma digital Survey Monkey se realizó la recopilación de información y a continuación se analiza los factores que afectan a la restricción en la implementación:

#### 4.3.1 Factores tecnológicos

En la Figura 34, Factores Tecnológicos que puedan afectar la decisión de adopción del BIM existen factores que afectan la decisión de adopción del BIM en las empresas donde laboran. Los siguientes factores tecnológicos están descritos a continuación:

- Complejidad con uso de Software; al respecto el 28,57% de profesionales encuestados se encuentran en desacuerdo con la afirmación sobre la restricción de la implementación BIM de acuerdo con la complejidad del Software, mientras que un 35,06% muestra una posición neutral. Teniéndose solo el 18,18% de acuerdo y 3,90% totalmente de acuerdo.
- Complejidad de Implementación BIM; en cuanto a la percepción de la complejidad en la implementación, se obtiene un 29,87% de encuestados en desacuerdo, es decir que no consideran que la implementación BIM genere una restricción, mientras que un 32,47% muestra una posición neutral y el 22,08% se encuentra de acuerdo.
- Relación entre BIM y creencias personales; respecto a este punto, se obtuvo un valor 40,26% de profesionales del sector de acuerdo con la relación del uso del BIM con el uso de sus creencias y valores, mientras que un 15,58% se encontró totalmente de acuerdo.
- Actitud favorable al BIM; se encontró que el 49,35% de la muestra respondió estar acuerdo en reconocer que la actitud favorable a la implementación de BIM puede afectar la decisión de una adecuada implementación, mientras que el 27,27% se encuentra totalmente de acuerdo con tal afirmación.
- Compatibilidad BIM con prácticas actuales; de igual manera el 48,05% de los encuestados se encuentra de acuerdo en considerar que se requiere tener una compatibilidad de las prácticas existentes de la empresa respecto al uso del BIM, mientras que el 23,38% menciona estar totalmente de acuerdo en considerar que debe existir un alineamiento directo.
- Disponibilidad de Software; Se resalta también que el 49,35% de los encuestados se encuentran de acuerdo en considerar que la disponibilidad del software significa una

restricción en la adopción del BIM en las empresas. Mientras que el 12,99% considerará estar totalmente de acuerdo con tal afirmación.

- En relación a la disponibilidad de software de prueba, se destaca que el 49,35% de los encuestados opina que la disponibilidad de software de prueba es un factor que influiría en la implementación de BIM, mientras que el 35,06% mantiene una postura neutral al respecto.

#### 4.3.2 Factores Organizacionales

En la Figura 35, Factores Organizacionales que puedan afectar la decisión de adopción del BIM existen factores que afectan la decisión de adopción del BIM en las empresas donde laboran. Los siguientes factores organizacionales están descritos a continuación:

- Soporte de la alta Gerencia; se encontró que un 45,45% se encuentra de acuerdo con la afirmación que el soporte de la alta gerencia podría afectar la decisión de implementación de BIM en las empresas y un 48,05% se encuentra de acuerdo con resaltar que la comunicación efectiva sobre el soporte en la implementación podría también afectar.
- Costo percibido; respecto a este punto se observa que el 33,77% de las respuestas identifican los altos costos asociados con la capacitación del personal y los largos plazos de implementación de la metodología como factores significativos para la falta de adopción de BIM en las empresas. Asimismo, un 6,49% de los encuestados están completamente de acuerdo con esta afirmación.
- Se observa que el 49,35% de los profesionales del sector están de acuerdo en que el conocimiento del personal sobre las funcionalidades de BIM es uno de los factores más importantes para la implementación de BIM en las empresas, mientras que un 7,79% están totalmente de acuerdo con esta afirmación.

Por otro lado, el 53,25% de los encuestados opina que la falta de personal experto disponible en el mercado limita la implementación, mientras que un 50,65% indica que no se dispone de profesionales adecuadamente capacitados.

#### **4.3.3 Factores ambientales**

En la Figura 36, factores ambientales que puedan afectar la decisión de adopción del BIM existen factores que afectan la decisión de adopción del BIM en las empresas donde laboran.

Los siguientes factores ambientales están descritos a continuación:

- Requerimientos del cliente; respecto a los factores ambientales relacionados a la presión ejercida por los propietarios para implementar BIM en sus empresas, se tiene al 35,06% de acuerdo y el 7,79% totalmente de acuerdo.
- Disposición de socios comerciales; en cuanto a los principales socios, representados por los consultores BIM, la percepción se encuentra representada por el 44,16% de acuerdo en la disposición a implementar BIM y un 9,09% responde que considera que se encuentra totalmente de acuerdo.
- Consultores expertos; respecto a la expertise de los consultores, el 40,26% de los profesionales encuestados consideran que la expertise es un factor relevante para la adopción del BIM en las empresas.
- Soporte regulatorio; por otro lado, ante la pregunta sobre el papel del gobierno y los incentivos para el uso del BIM, el 25,97% está de acuerdo en que el estado afecta las decisiones de implementar el BIM, mientras que el 29,87% considera que el papel es irrelevante.

- Factores ecológicos; respecto a este punto, el 36,36% de los encuestados consideran que las regulaciones desde el punto de vista ambiental, afecta la decisión de adoptar BIM, mientras que un 3,90% se encuentra totalmente de acuerdo con tal información.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA DE VALOR**

Se ha reunido un conjunto de acciones que permitirán a las empresas adoptar de una manera más efectiva la implementación de BIM. Esto a su vez, influenciará en la madurez que se tendrá en la industria y País. Es importante considerar además que actualmente los clientes y prospectos tienen mayor conocimiento y experiencia en herramientas sofisticadas, dando algunas veces por sentada la implementación técnica de BIM, lo que se acompaña a un requerimiento también sofisticado alineado al uso del BIM y no necesariamente a un mayor pago. Ante tal, es importante considerar que además de una implementación técnica del BIM, se requiere destacar los atributos básicos del BIM en las empresas.

### **5.1 Nivel de madurez actual**

Como se ha podido revisar a lo largo del estudio, se puede además precisar que históricamente el Reino Unido ha sido considerado el pionero en la implementación de la tecnología BIM, tal es así que su estándar nacional BS1192:2007 ha servido de base para la actual ISO 19650 (Plan Radar, 2021).

En las siguientes líneas, se presenta un mayor detalle del nivel de madurez BIM en diversos países. Esto con la finalidad de contrastar con nuestra realidad los diversos componentes que se usan en las mediciones de acuerdo con el modelo de madurez BIMMI propuesto por Kasem y Succar en el año 2015.

Los investigadores Prabhakaran et al., (2021) señalan que el Reino Unido muestra un nivel de madurez mayor que Qatar casi en todos los componentes de análisis de madurez BIM, menos en el de infraestructura tecnológica.

Plan Radar (2021), señala que el BIM del Reino Unido, mediante las estadísticas de NBS´ 10th Reporte Nacional BIM en el 2020, compara de forma más precisa 7 países de este continente en los que se resaltan datos importantes entre los que podemos mencionar principalmente la obligatoriedad del uso del BIM. El Reino Unido, exige uso del BIM para proyectos del gobierno desde el año 2016, teniendo además un 73% de empresas de construcción que usan BIM; Alemania exige uso del BIM desde el año 2017, para proyectos por encima de 100 millones de euros, teniéndose además un 70% de empresas de construcción que usan la metodología; Polonia, cuyo inicio obligatorio se dará desde el año 2030, y principalmente aplicable al presupuesto del estado, tienen un 43% de empresas que emplean BIM en los proyectos de construcción; Francia, habiendo iniciado el año 2022 de manera obligatorio, tiene actualmente entre un 50% al 60% de empresas que usan BIM; Croacia, aún no resulta obligatorio el uso del BIM, cuenta con un 4% de contratistas y 25% de diseñadores que usan BIM en sus proyectos; asimismo, Austria, habiendo dado plazos entre los años 2018 – 2020, y específicamente para control de costos en proyectos públicos, cuenta con un 20% de empresas que usan BIM; y finalmente, Rusia habiendo iniciado el año 2022 de forma obligatoria para todos los proyectos del estado, presenta un 12% de empresas constructoras que usan BIM, tal como podemos observar en la figura 46.

Figura 47

## Niveles de Madurez en Países con implantación BIM

Componentes	Niveles de Madurez					Descripción
	a	b	c	d	e	
Objetivos, etapas e hitos	Ad-hoc o baja madurez CROACIA <sup>2</sup>	Delimitado o medio - baja madurez QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	Administrado o madurez media ALEMANIA <sup>2</sup>	Integrado o media - alta madurez REINO UNIDO <sup>1</sup>	Optimizada o alta madurez	Objetivos políticos que definen metas progresivas para la implantación de BIM en el mercado/país.
Campeones y conductores	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> ALEMANIA <sup>2</sup>			Personas u organizaciones clave que promueven el valor de BIM en el mercado/país
Marco regulatorio	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> , ALEMANIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup>			Los sistemas normativos, reglamentarios y jurídicos que apoyan la realización de proyectos BIM en un mercado o país.
Publicaciones destacadas	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> ALEMANIA <sup>2</sup>			Disponibilidad de documentos BIM pertinentes sobre la aplicación
Aprendizaje y Educación	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> ALEMANIA <sup>2</sup>			Disponibilidad de oportunidades de formación y desarrollo de competencias en BIM en el mundo académico y en el mercado en general.
Mediciones y Comparativas	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> , ALEMANIA <sup>2</sup>			Métricas y escalas para evaluar las capacidades BIM a nivel de mercado/país
Estandarizaciones de partes y entregables	CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>	REINO UNIDO <sup>1</sup> ALEMANIA <sup>2</sup>			Disponibilidad de componentes BIM normalizados y uso en el mercado
Infraestructura tecnológica	REINO UNIDO <sup>1</sup> , CROACIA <sup>2</sup>	QATAR <sup>1</sup> , ALEMANIA <sup>2</sup> , FRANCIA <sup>2</sup> , AUSTRIA <sup>2</sup> , RUSIA <sup>2</sup> , POLONIA <sup>2</sup>				Sistemas de hardware y software para facilitar el intercambio de información en el mercado.

*Nota.* Adaptado de BIM adoption in Europe: 7 countries compared. De “An investigation into macro BIM maturity and its impacts: a comparison of Qatar and the United Kingdom”, por Prabhakaran, 2021 (<https://acortar.link/i9RdZv>).

## 5.2 Pasos para implementación BIM

Joseph (2012), señala los 8 pasos para el éxito de un programa BIM en las empresas. A continuación, se muestra los pasos propuestos:

1. Reconocer los aspectos comerciales y de marketing de la implantación BIM en la organización.
2. Establecer una visión BIM que esté estrechamente vinculada a la filosofía y los objetivos de la empresa y que esté plenamente integrada en la cultura de la organización.
3. Identificar a un campeón BIM dentro de la organización para que lidere el esfuerzo.
4. Definir claramente sus capacidades BIM para los clientes.
5. Incorporar el BIM al contenido de marketing de la empresa. Empezar por crear un portafolio BIM.
6. Forme al personal de cara al cliente en las tendencias, el lenguaje y la cultura del BIM.
7. Personalizar las respuestas a las solicitudes de propuestas y adaptarlas a las necesidades del cliente relacionadas con BIM.
8. Para preparar un enfoque personalizado, hay que empezar por estudiar el alcance del BIM.

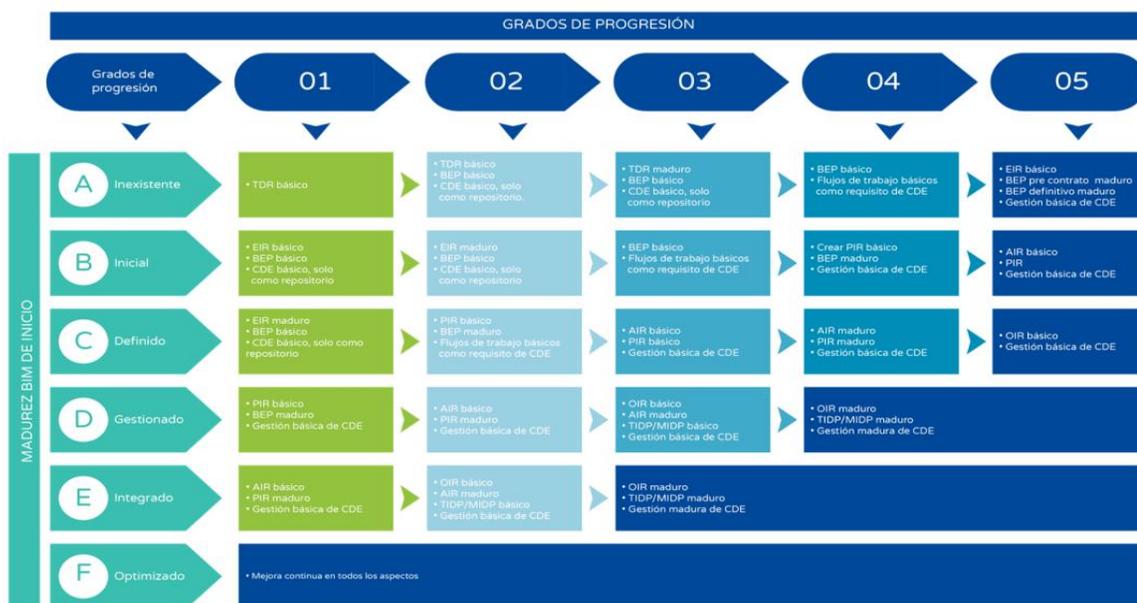
La Guía Nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021) menciona que, la ruta de implementación progresiva debe ser gradual y de acuerdo con lo recomendado por NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021 después de evaluar el nivel de madurez de la empresa en cuanto a la Gestión de la Información BIM. Los de alcance, del 1 al 5, pueden cambiar dependiendo la realidad, contexto, recursos y estrategia BIM de la organización. En

consecuencia, se pueden tomar los siguientes pasos para implementar gradualmente BIM a nivel organizacional:

- Identificar el nivel de madurez BIM de la entidad según la figura 47.
- Posicionarse en el nivel de madurez BIM en el que se encuentra.
- Revisar de forma horizontal los puntos pendientes por aplicar, referidos a la Gestión de la Información BIM. Revisar los recursos con los que cuenta la entidad para la adopción progresiva BIM.
- Elaborar un plan de acción.
- Realizar seguimiento al plan de acción y recoger las lecciones aprendidas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, p. 164).

**Figura 48**

*Implementación progresiva propuesta de acuerdo al nivel de madurez*



*Nota.* De “Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrollados con BIM.”, por Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 (<https://acortar.link/DSTXIq>).

## 5.2 Costos de implementación

La adopción de BIM incrementa la cantidad y variedad de las herramientas utilizadas. Las empresas utilizan distintas herramientas digitales, que no solo incluyen softwares de modelación, y hardware. La mayor variedad y complejidad de herramientas conlleva un aumento significativo de costos ya que no solo requiere mayor cantidad de licencias, sino también inversión en hardware y adquisición de talentos específicos.

Al respecto, Hong (2019) precisa que el costo neto en BIM es la diferencia entre los costos de implementación, el cual incluye costos de entrenamiento, costos de instalación y mantenimiento y costos de adaptación. Mientras que, los beneficios de implementación incluyen costos de productividad y mejoras intangibles. Proponen la fórmula general siguiente:

$$\text{Costo neto} = \text{Costos de implementación} - \text{Beneficios de Implementación}$$

Para los autores resulta importante la categorización de los costos y beneficios asociados con la implementación BIM. Esta categorización es realizada para diferentes propósitos, incluyendo el análisis costo beneficio y los impactos de la implementación BIM.

En términos de mejoras en la productividad, se espera que la implementación de BIM conduzca a una reducción del tiempo y de los costos monetarios asociados con la construcción, así como a una mayor productividad y reducción de las interferencias durante la construcción. Se estima que estos beneficios en la productividad podrían representar un ahorro monetario del 3% al 5% del costo total del proyecto. Sin embargo, es importante destacar que la pérdida de datos en los proyectos es un desafío significativo para la evaluación de los análisis de costo-beneficio.

Algunas de las variables manifestadas en el estudio de Hong (2019) por arquitectos y constructores relacionados al impacto de los costos por BIM, fueron:

- La adopción de BIM disminuye los costos totales del proyecto.
- La adopción de BIM reduce la duración del proyecto.
- BIM mejora la gestión de la información del proyecto.
- BIM mejora la comprensión del alcance del proyecto por parte de los interesados.
- El uso de BIM reduce los conflictos en el proyecto.
- La adopción de BIM se ve fuertemente influenciada por la búsqueda de una ventaja competitiva sobre otros competidores.
- La decisión de adoptar BIM está fuertemente influenciada por la necesidad de agilizar el proceso de gestión de la organización.
- BIM mejora la colaboración entre los participantes en el proyecto.
- No se invierte en conocimientos/formación adicional, o se invierte poco, para implantar BIM en la organización.
- Los costes y los gastos electrónicos necesarios para vincular la información de otras fuentes son insignificantes.
- Los costes y los esfuerzos necesarios para crear, anotar y perfeccionar la documentación del proyecto a través de BIM son insignificantes.
- La organización proporcionará / proporciona la formación adecuada al personal antes de implementar BIM.
- Los costes y los gastos necesarios para actualizar el hardware de funcionamiento de BIM son insignificantes.
- La implantación de BIM requiere unos gastos de inversión elevados.

- La organización dispone / disponía de orientación profesional para la selección de herramientas BIM.
- Los costes y los gastos electrónicos necesarios para mantener los modelos BIM son insignificantes.
- Los costes y los recursos electrónicos necesarios para mantener los archivos centrales BIM son insignificantes.
- La implantación de BIM está asociada al aumento del coste del proyecto, debido a los cambios en el flujo de trabajo.
- El uso de BIM da lugar a problemas de comunicación del proyecto con otros participantes en el mismo.
- El uso de BIM provoca retrasos en el calendario del proyecto debido a la falta de experiencia en el uso de BIM.
- El uso de BIM reduce temporalmente la eficiencia laboral debido a la resistencia al cambio de las personas.

En cuanto a las mejoras intangibles, Hong et al. (2020), sugieren que el éxito definitivo de la implementación BIM es mejorar la colaboración de los participantes del proyecto, principalmente la coordinación entre la parte mecánica, eléctrica y otros sistemas especializados. Adicionalmente, la asociación de las mejoras intangibles también incluye la simplificación del flujo de la información externa con otros participantes del proyecto.

Mientras que los costos de entrenamiento se relacionan con la experiencia técnica de los participantes, teniéndose además que entrenar staff técnico llevándolos de un nivel básico a uno intermedio o avanzado requiere de mayor inversión en usuarios BIM en el corto plazo, así

como estudios en adopción de tecnología mencionan que la complejidad tecnológica impacta en el ratio de adopción de tecnología.

Otro de los puntos importantes mencionados en el estudio fue la relación de los costos con el nivel de implantación BIM en los proyectos.

Según la tabla 20, la implantación de BIM en el LOD 200 es la opción que menos mejoras aporta a la productividad (-0,35) y a las mejoras intangibles (-0,24). En términos de Costes de Formación, Costes de Instalación y Mantenimiento y Costes de Adaptación, el LOD 400 parece ser el más caro de implementar (0,00 & 0,00 & 0,03). Asimismo, en términos de costes netos, el LOD 400 (0,15) resulta ser la opción más cara, mientras que el LOD 200 y el LOD 300 son los menos costosos.

### Tabla 23

#### *Costo de implementación BIM de diferente LOD*

Costs for implementing BIM at different LOD – Case 2.

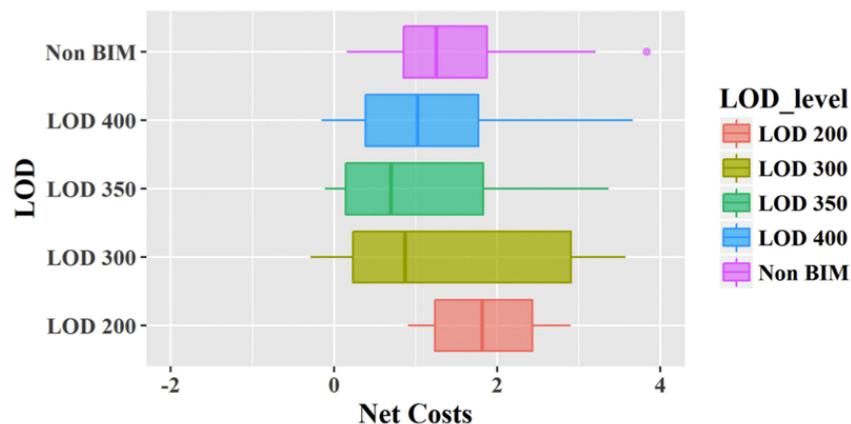
	Productivity improvements	Intangible improvements	Training costs	Installation and maintenance costs	Adaptation costs	Net costs
Non-BIM	-0.26	-0.04	0.02	-0.48	0.02	-0.13
LOD 200	-0.35	-0.24	0.01	-0.78	0.00	-0.18
LOD 300	-0.12	-0.10	0.01	-0.40	0.00	-0.18
LOD 350	-0.44	0.00	0.02	-0.47	0.00	0.00
LOD 400	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.03	0.15

*Nota.* De “A neural network approach to predicting the net costs associated with BIM adoption”, por Hong et al, 2020 (<https://doi:10.1016/j.autcon.2020.103306>).

La Figura 45 presenta los costes netos previstos por las organizaciones australianas para la implantación de BIM en diferentes LOD. En comparación con otros contratistas australianos, las expectativas de costes netos para la implantación de BIM en diferentes LOD son inferiores al nivel medio de la industria.

**Figura 49**

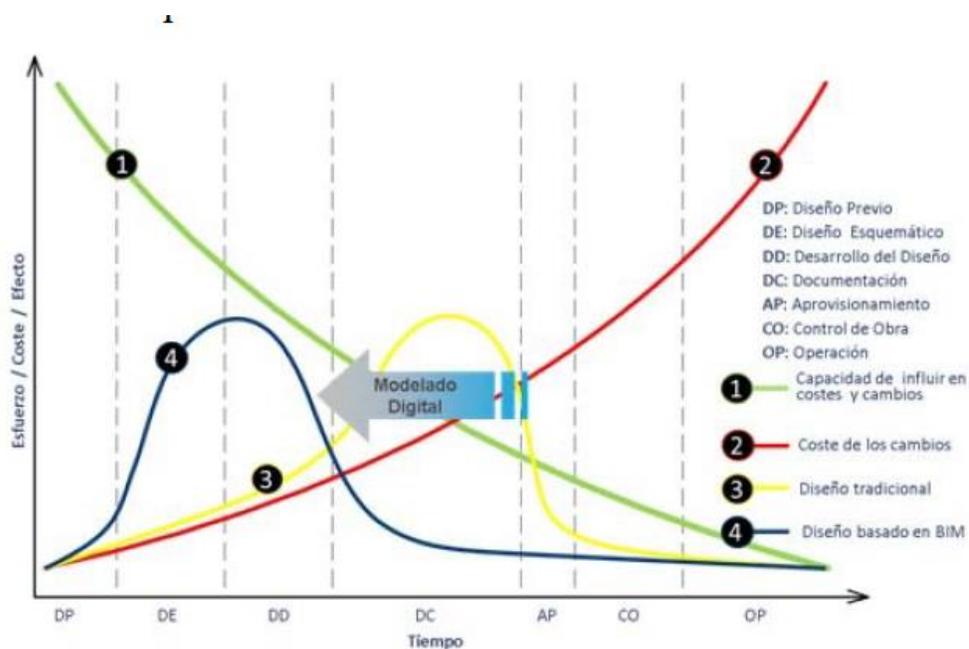
Costos netos para la implantación de BIM en diferentes LOD



Nota. De “A neural network approach to predicting the net costs associated with BIM adoption”, por Hong et al, 2020 (<https://doi:10.1016/j.autcon.2020.103306>).

**Figura 50**

Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY)



Nota. De “Introducción a la Metodología BIM”, por González et al., 2014.

([https://www.researchgate.net/publication/284159764\\_Introduccion\\_A\\_La\\_Metodologia\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/284159764_Introduccion_A_La_Metodologia_BIM)).

El propósito principal de la metodología BIM es prevenir la pérdida de valor de la información durante todo el ciclo de vida del proyecto, en contraste con los métodos tradicionales que requieren un esfuerzo adicional para generar información en diversas etapas del proyecto. En la figura 49 por Gonzáles et al. (2014), muestra la curva de MacLeamy y los efectos de aplicar la metodología BIM en el valor de la información.

- La línea verde, representa la capacidad de influir en los costos y cambios de un proyecto. Es decir, si tengo un cambio al en la etapa de DP (Diseño previo), el costo es alto. Sin embargo, si es la etapa de OP (Operación), el costo es menor.
- La línea roja son los costos de los cambios donde la tendencia es ascendente y representa el costo de arreglar alguno cambio de acuerdo a la etapa del proyecto.
- La línea amarilla representa el diseño tradicional, mediante las herramientas (planos, softwares), se toman las decisiones.
- La línea azul representa el diseño basado en BIM donde se genera un modelo para la toma de decisiones.

Con el fin de calcular los beneficios de implementar BIM en nuestro país, se llevó a cabo una simulación de un proyecto de diseño. Se consultó a expertos en BIM sobre el presupuesto y sus variables, incluyendo opciones de hardware, software y capacitación.

#### **a) Costo de equipos y softwares**

##### **Sistema de Software requeridos**

En el mercado existe una gran variedad de softwares diseñados para modelar utilizando metodologías BIM, el cual cada uno están específicamente especializado para distintas áreas. El criterio de selección del software se estimaron las opciones más conocidas y

utilizadas en la industria. A continuación, en Tabla 24 presentamos una matriz en la cual se identifican el uso del software según especialidad.

**Tabla 24**

*Softwares según especialidad*

Especialidad	Software	
	Autodesk	Revit
<b>Modelado Arquitectura</b>	Nemetscheck Group	Allplan
	Autodesk	Autodesk Fusion 360
	Autodesk	Autodesk Advance Steel
<b>Modelado y Calculo estructura</b>	Autodesk	Autodesk Advance Concrete
	Trimble	TEKLA Structures
	Autodesk	Revit MEP
<b>Modelado y Calculo MEP</b>	Cype	Cype MEP
<b>Operación y Mantenimiento</b>	Autodesk	Autodesk Building Ops
	Lumion	Lumion
<b>Foto realismo</b>	Autodesk	Fuzor
<b>Gestión de proyectos</b>	Autodesk	Autodesk BIM 360 Team

*Nota.* Listado de softwares según especialidad. Elaboración propia

En los proyectos se puede usar cualquier software BIM, dependiendo de los objetivos que se desee alcanzar, para el supuesto se tomó como referencia los siguientes softwares:

**Tabla 25***Costos de softwares según especialidad*

<b>Especialidad</b>	<b>Software</b>	<b>Costo de Software anual</b>
Modelado de Arquitectura	Autodesk Revit	\$2,545
	Autodesk AutoCAD	\$2,342
Modelado y Calculo de Estructuras	Autodesk TEKLA Structures	\$18,300
Modelado y cálculo de Instalaciones MEP	Autodesk Revit MEP	Incl.en Revit
Operación y mantenimiento	Autodesk Autodesk Building Ops	\$945
Foto realismo	Lumion Lumion PRO	\$3,338
	Autodesk Fuzor	\$1,045
Gestión de proyectos	Autodesk Autodesk BIM 360 Team	\$120 por usuario
Trabajo colaborativo	Autodesk BIM Collaborate PRO	\$945
<b>Costo Software anual</b>		\$29,580
<b>Costo Software mensual</b>		\$ 2, 465

*Nota.* Listado de softwares y costos anuales según especialidad. Elaboración propia

El costo para la implementación de software BIM según diferentes tipos de especialidades por un tiempo de 4 meses es de \$9,860.

### **Sistema de Hardware requeridos**

Al momento de evaluar la implementación se debe considerar equipos adecuados y suficientes para tener un trabajo fluido. Se debe considerar los requerimientos recomendados y de alto rendimiento para que se permita correr la versión del software elegido, los cuales influyen fuertemente en el costo final del equipo.

Por otro lado, es necesario contar con una red que permita que el trabajo colaborativo sea efectivo y permitan un trabajo fluido. Es recomendable contar con un asesor especialista en informática para que el soporte técnico del software se logre efectiva y eficiente.

Por lo general, los modelos creados en Autodesk Revit contienen y administran una gran cantidad de datos BIM. Es esencial verificar que el sistema cumpla con los requisitos del software para garantizar un desempeño óptimo.

A continuación, en Tabla 26 Autodesk nos da una guía que clasifica los requisitos del sistema y recomendaciones según las distintas tareas que se desarrollaran: mínimo (configuración básica), valor (precio y rendimiento equilibrados), rendimiento (modelos complejos de gran tamaño).

**Tabla 26***Requisitos del hardware según tipo de uso*

	<b>Mínimo: configuración básica</b>	<b>Valor: precio y rendimiento equilibrados</b>	<b>Rendimiento: modelos complejos</b>
	Microsoft® Windows® 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional o Home Premium	Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional o Home Premium	Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional o Home Premium
	Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro, o Windows 8.1	Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro o Windows 8.1	Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro o Windows 8.1
<b>Sistema operativo</b>	Actualización de aniversario de Microsoft Windows 10 de 64 bits (versión 1607 o superior): Enterprise o Pro	Actualización de aniversario de Microsoft Windows 10 de 64 bits (versión 1607 o superior): Enterprise o Pro	Actualización de aniversario de Microsoft Windows 10 de 64 bits (versión 1607 o superior): Enterprise o Pro
	Microsoft Windows 11 Procesador Intel® Pentium®, Xeon® o i-Series de uno o varios núcleos, o AMD® equivalente, con tecnología SSE2. Se recomienda adquirir un procesador con la máxima velocidad posible.	Microsoft Windows 11 Procesador Intel Xeon o i-Series de varios núcleos, o AMD equivalente, con tecnología SSE2. Se recomienda adquirir un procesador con la máxima velocidad posible.	Microsoft Windows 11 Procesador Intel Xeon o i-Series de varios núcleos, o AMD equivalente, con tecnología SSE2. Se recomienda adquirir un procesador con la máxima velocidad posible.
<b>Tipo de CPU</b>	Los productos de la línea Revit de Autodesk utilizan múltiples núcleos para varias tareas y llegan a utilizar 16 núcleos durante las operaciones de renderización fotorrealista	Los productos de la línea Revit de Autodesk utilizan múltiples núcleos para varias tareas y llegan a utilizar 16 núcleos durante las operaciones de renderización fotorrealista.	Los productos de la línea Revit de Autodesk utilizan múltiples núcleos para varias tareas y llegan a utilizar 16 núcleos durante las operaciones de renderización fotorrealista.

	4 GB de RAM	8 GB de RAM	16 GB de RAM
<b>Memoria</b>	<p>• Por lo general, una sesión estándar de edición es adecuada para trabajar con un solo modelo de hasta aproximadamente 100 MB en el disco. Esta estimación se basa en pruebas internas e informes de clientes. Es importante tener en cuenta que cada modelo puede tener un impacto único en los recursos del equipo y las características de rendimiento.</p> <p>Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.</p>	<p>• Por lo general, una sesión estándar de edición es adecuada para trabajar con un solo modelo de hasta aproximadamente 300 MB en el disco. Esta estimación se fundamenta en pruebas internas y comentarios de clientes. Es importante tener en cuenta que cada modelo puede afectar los recursos del equipo y las características de rendimiento de manera diferente.</p> <p>Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.</p>	<p>• Por lo general, una sesión estándar de edición es suficiente para trabajar con un solo modelo de hasta aproximadamente 700 MB en el disco. Esta estimación se deriva de pruebas internas e informes de clientes. Es importante recordar que cada modelo puede afectar los recursos del equipo y las características de rendimiento de manera única.</p> <p>Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.</p>
<b>Resoluciones de video</b>	Mínimo: 1280 x 1024 con color verdadero	Mínimo: 1680 x 1050 con color verdadero	Mínimo: 1920 x 1200 con color verdadero
<b>Adaptador de video</b>	Máximo: Pantalla de ultra alta definición (4K)	Máximo: Pantalla de ultra alta definición (4K)	Máximo: Pantalla de ultra alta definición (4K)
	Gráficos básicos: Adaptador de pantalla compatible color de 24 bits		
	Gráficos avanzados: Tarjeta gráfica compatible con DirectX® 11 y Shader Model 3	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 y Shader Model 5	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 y Shader Model 5
<b>Espacio en disco</b>	35 GB de espacio libre en disco	35 GB de espacio libre en disco	35 GB de espacio libre en disco
<b>Soporte</b>	Descarga o instalación desde DVD9 o llave USB	Descarga o instalación desde DVD9 o llave USB	Descarga o instalación desde DVD9 o llave USB
<b>Dispositivo señalador</b>	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®
<b>Explorador</b>	Microsoft® Internet Explorer® 7.0 (o posterior)	Microsoft® Internet Explorer® 7.0 (o posterior)	Microsoft® Internet Explorer® 7.0 (o posterior)
<b>Conectividad</b>	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

*Nota.* Software utilizado Autodesk Revit y tipos de Hardware de acuerdo a modelos básicos y complejos. Autodesk.

En la siguiente Tabla 27 se evaluó el costo de las computadoras según el tipo de uso:

**Tabla 27**

*Costo de hardware según tipo de uso*

<b>Costo</b>	<b>Mínimo: configuración básica</b>	<b>Valor: precio y rendimiento equilibrados</b>	<b>Rendimiento: modelos complejos de gran tamaño</b>
	Marca: Intel Core	Marca: Intel Core	Marca: Intel Core
	Procesador: Intel Core i7	Procesador: Intel Core i7	Procesador: Intel Core i7
	Disco duro: 250 GB	Disco duro: 250 GB	Disco duro: 1 TB
	RAM: 4 GB	RAM: 8 GB	RAM: 16 GB
<b>Costo S/.</b>	S/. 2,975	S/. 4,755	S/. 6,340
<b>Costo \$</b>	\$ 768.51	\$ 1,228.33	\$ 1,637.77
<b>Total</b>		\$ 4,913.32	

*Nota.* Los costos de hardware incrementan según tipo de modelos básicos y complejos.

Elaboración propia

Se seleccionó el costo medio por la compra de 4 computadora con un precio de \$4,913.32 donde el precio y rendimiento se consideran equilibrados, suficientes para poder gestionar un modelo BIM.

#### **b) Costo de mano de obra**

El criterio para elegir el costo de mano de obra para implementar BIM fue de elegir a los profesionales capacitados con ciertos requisitos que puedan ser capaces de diseñar un proyecto BIM con años de experiencia. Para el supuesto se consideró un jefe de proyecto y 3 modeladores para un área del proyecto a diseñar de 10,000 a 40,000 m<sup>2</sup>.

### Los requisitos mínimos para el profesional responsable del proyecto

Arquitecto o Ingeniero Civil quien será el jefe del equipo Modelador y Coordinador de especialidades, cluyen preferiblemente más de 5 años de experiencia y al menos 200,000 m<sup>2</sup> de experiencia certificada en el uso de plataformas BIM. Se espera que el profesional haya trabajado en al menos 3 proyectos distintos, preferiblemente relacionados con el proyecto solicitado.

### Equipo modelador y coordinador

Dependiendo de la envergadura del proyecto debe ajustarse según la magnitud del proyecto, y se sugiere considerar las cantidades de profesionales indicadas en la Tabla 28. Cada modelador debe tener una experiencia mínima de 50,000 m<sup>2</sup> certificados en el uso de la plataforma BIM.

**Tabla 28**

*Cantidad de profesionales según área de proyecto*

Área del proyecto (m <sup>2</sup> )	Cantidad de Profesionales	Costo de jefe de proyecto	Costo de Modelador
Hasta 5,000 m <sup>2</sup>	Jefe de proyecto + 1 modelador	\$3,905.34	\$2,603.56
5,000 a 10,000	Jefe de proyecto + 2 modelador	\$3,905.34	\$5,207.12
10,000 a 40,000	Jefe de proyecto + 3 modelador	\$3,905.34	\$7,810.68
40,000 a 80,000	Jefe de proyecto + 4 modelador	\$3,905.34	\$10,414.24
Sobre 80,000	Solicitar a un equipo considerando las proporciones anteriores	-	-
<b>Total, por mes</b>		<b>\$11,716.02</b>	

*Nota.* Cantidad de profesionales necesarios según áreas de proyectos. Elaboración propia

**c) Tiempo de formación**

Los plazos están estrechamente vinculados a dos aspectos importantes: el nivel de detalle de los elementos a modelar y la comunicación necesaria entre el especialista BIM y las demás especialidades. Por esta razón, ningún proyecto debería tener un plazo inferior a 2 meses.

**Tabla 29**

*Cantidad de profesionales según área del proyecto*

Área del proyecto	Tiempo (meses)
Hasta 5,000 m <sup>2</sup>	2 meses
5,000 a 10,000 m <sup>2</sup>	3 meses
10,000 a 40,000 m <sup>2</sup>	4 meses
40,000 a 80,000 m <sup>2</sup>	5 meses
Sobre 80,000 m <sup>2</sup>	Solicitar a un equipo considerando las proporciones anteriores

*Nota.* Tiempo necesario según áreas de proyectos. Elaboración propia

**d) Productividad perdida durante la formación (porcentaje) =50%**

**e) Aumento de la productividad tras la formación (porcentaje)= 25%**

Para determinar la rentabilidad de la coordinación BIM, se emplea el Retorno sobre la Inversión (ROI) como indicador. A continuación, se calculará el ROI utilizando la metodología propuesta por Autodesk:

$$\frac{\left( \$11,716.02 - \left( \frac{\$11,716.02}{1 + 25\%} \right) \right) * (12 - 4)}{\$34,493.32 + (\$11,716.02 * 4 * 50\%)} = 32\%$$

El costo de implementación se detalla en la Tabla 30 e incluye los gastos asociados al software, hardware y mano de obra. Se estima que la vida útil de los equipos es de 4 años, y la licencia de Autodesk Revit es vitalicia, aunque debe ser renovada anualmente.

**Tabla 30**

*Resumen de costo de implementación BIM mensual*

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor total	Año de inversión
Software	Programas	8	\$ 2, 465	2019
Hardware	Equipo	4	\$1.228.33	2019
Mano de obra	Personas	4	\$11,716.02	2019
Total costo de implementación por mes			\$15,409.35	

*Nota.* Costo de implementación mensual evaluando software, hardware, mano de obra para la implementación BIM. Elaboración propia

### 5.3 Retorno sobre la inversión

La introducción del Modelado de Información de Edificios (BIM) está llevando al sector de la construcción a reconocer que la tecnología tiene el potencial de transformar de manera radical el proceso de diseño y construcción de edificios. Es por lo que resulta importante que se haga un análisis de la rentabilidad de la inversión (Joseph, 2012).

Calcular el Retorno de la Inversión (ROI) de una inversión tecnológica, especialmente en lo relacionado con el BIM, requiere que los involucrados lleguen a un consenso sobre por qué se está gastando el dinero y cuáles son los resultados esperados. El análisis ROI es una de las múltiples formas de evaluar una inversión, ya que compara las ganancias previstas de una inversión con el costo de la misma.

$$\text{Beneficios/Coste} = \text{ROI}$$

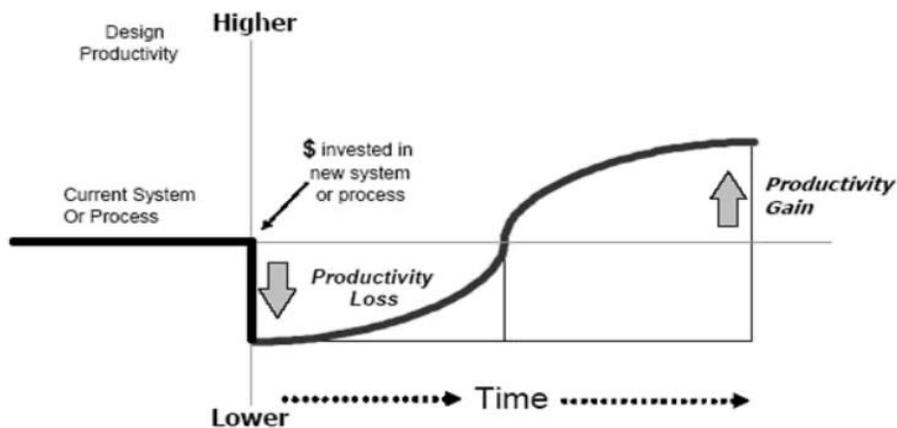
Efectivamente, el ROI se emplea para evaluar diversos tipos de inversiones corporativas, que van desde proyectos de investigación y desarrollo hasta programas de formación o adquisiciones de activos fijos. A medida que la inversión sea más compleja, también lo será la fórmula para calcular el ROI.

### 5.3.1 El retorno de la inversión en BIM

Para calcular el ROI de un sistema de diseño, es crucial considerar los cambios en la productividad de los usuarios durante la implementación. La Figura 52 ilustra el proceso posterior a la adopción de un nuevo sistema. Se observa un descenso inicial en la productividad a medida que los usuarios se familiarizan con el nuevo sistema. Con el tiempo, la productividad se recupera y eventualmente supera el nivel alcanzado con el sistema original, estabilizándose en un punto más alto a medida que la nueva tecnología se consolida y las personas se adaptan a la implementación.

**Figura 51**

*Productividad de diseño durante la integración del sistema BIM*



*Nota.* Implementación de un nuevo sistema BIM, donde se produce un descenso inmediato de la productividad y con el tiempo la productividad vuelve a subir y se estabiliza. De “8 steps to

a successful BIM marketing program. *Building Design + Construction*, 47-49 “, por Joseph, 2012 (<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.010>).

A continuación, se presenta una fórmula estándar para calcular el Retorno de la Inversión (ROI) durante el primer año. Esta fórmula utiliza solo algunas variables clave que están relacionadas con el costo del sistema, la capacitación y el ahorro general en costos de productividad del sistema.

$$\frac{(B - (\frac{B}{1+E})) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)} = \text{ROI Primer Año}$$

Donde:

A= costo de software y hardware (dólares)

B=costo mensual de la mano de obra (dólares)

C= tiempo de formación (meses)

D= productividad perdida durante la formación (porcentaje)

E= aumento de la productividad tras la formación (porcentaje)

El numerador representa la parte de "ganancias" de la ecuación y esas ganancias provienen de un incremento de la productividad del personal. El incremento de la productividad media mensual se representa en el paréntesis de la izquierda ((B - (B / 1 + E)). El paréntesis de la derecha (12 - C) es el número de meses de un año (12) menos los meses de formación (C). Si el usuario necesita tres meses para ser tan productivo con el nuevo sistema como con el antiguo, le quedan nueve meses en el año para beneficiarse de las ganancias de productividad.

En el denominador, que es la parte del "costo" de la ecuación, incluye el costo del sistema (A) y el costo de la productividad perdida, en términos de costo laboral, mientras el usuario aprende a utilizar el sistema. Este segundo término es el producto del costo mensual de la mano de obra (B) multiplicado por los meses de tiempo de formación (C) multiplicado por la productividad perdida en la formación (D), por tanto, B x C x D. Precisar, además, que el "tiempo de formación" se refiere al tiempo que tarda un usuario en alcanzar el mismo nivel de productividad experimentado en el sistema original, no a la duración de un curso de formación en el uso de la tecnología.

En una encuesta realizada por Autodesk, sobre una muestra aproximada de 100 usuarios se obtuvieron los siguientes resultados:

A= costo de software y hardware, \$6000

B= costo mensual de la mano de obra, \$4200

C= tiempo de formación, 3 meses

D= productividad perdida durante la formación, 50%

E= aumento de la productividad tras la formación, 25%

Con los datos indicados se reemplaza la fórmula y procesa en una hoja de cálculo teniéndose el siguiente resultado:

$$\frac{(B - (\frac{B}{1+E})) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)} = 61.46\%$$

El ROI obtenido de aproximadamente el 62% sería un dato importante para tomar la decisión de la inversión. Asimismo, es importante precisar que el factor menos importante en el cálculo del retorno de la inversión resulta ser el costo del sistema, un hecho interesante que hay que considerar cuando se trate de una compra de tecnología. Duplicar el costo del sistema BIM en el conjunto original de cifras (de 6.000 a 12.000 dólares) sólo reduce el ROI en un 20% (del 61.46% al 41.31%) o si se triplica este bajaría a 31.11% (30%).

Finalmente, en el estudio realizado se tuvieron algunos datos resaltantes como los indicados por la firma de arquitectos Donald Powers Architects [www.donaldpowersarchitects.com](http://www.donaldpowersarchitects.com) el uso de Revit en proyectos como el de diseño residencial de alta gama ha dado lugar a un aumento de la productividad del 30%. El director, Donald Powers precisó además que, “con unos 20 proyectos completados en Revit, la empresa ha visto un aumento de la productividad del 30 por ciento en el diseño y la documentación, y un descenso del 50 por ciento en las solicitudes de información durante la construcción”.

### **5.3.2 Factores del ROI**

Desde la llegada de la tecnología BIM, las empresas que la han adoptado intentaron determinar el impacto cuantitativo y cualitativo de los cambios tecnológicos y de software. Un sólido historial a largo plazo de confiabilidad del ROI es un factor para evaluar antes de realizar inversiones significativas de capital y mano de obra. No obstante, algunas empresas optan por calcular el índice de rentabilidad para evaluar los beneficios económicos, mientras que otras encuentran que este cálculo es demasiado complejo o laborioso. Muchas compañías reconocen que la complejidad y singularidad de cada proyecto dificultan una evaluación económica rigurosa.

A pesar de sus aspectos positivos, el análisis del Retorno de la Inversión (ROI) a menudo no logra capturar factores intangibles que son cruciales para una empresa o proyecto, como el ahorro de costos. Además, los recursos necesarios, tanto materiales como humanos, para medir y supervisar el ROI suelen ser costosos en términos de tiempo y dinero. No existe un método estandarizado para calcular el ROI de BIM y muchas empresas tampoco han adoptado directrices de medición uniformes, aunque hay un interés creciente y una confianza en el potencial del ROI para guiar decisiones de inversión en BIM (McGraw Hill Construction, 2014).

Autodesk en el 2013 decidió realizar una investigación de clientes en distintas fases de la adopción BIM a través de dos empresas independientes: King Brown Partners Inc y Scan Consulting. Durante la fase de estudio se realizaron 28 entrevistas telefónicas a profesionales de los sectores de diseño, construcción, desarrollo y operaciones inmobiliarias en Estados Unidos.

## Figura 52

*Estudio de percepción del ROI. Clientes King Brown Partners y Scan Consulting*



*Nota.* Perfiles de encuestados del estudio de percepción del ROI. De “Midiendo el valor de BIM Alcanzar un ROI estratégico”, por Autodesk BIM, 2013.

### **Cálculo de la inversión**

El estudio de percepción de la rentabilización de Autodesk BIM por parte de los clientes indica que las empresas conocen los costos asociados con la adopción BIM. Durante el periodo de adopción BIM se producen inversiones en distintos momentos conformen aumentan la complejidad de las empresas y el uso del proyecto. La duración de las inversiones es variable.

Hay 3 tipos de inversiones BIM:

#### **a) Desembolsos iniciales**

La mayoría de los encuestados considera que la inversión en tecnología es un factor significativo de costos, sobre todo en las etapas iniciales, pero también es fundamental para mantenerse competitivo y eficiente en la industria. Las empresas encuestadas reconocen que el desarrollo profesional, que incluye aprender a utilizar productos BIM y recibir formación en nuevas metodologías de trabajo, también debe ser considerado en sus evaluaciones de inversión.

#### **b) Costos para adaptar BIM a un proyecto**

Debido al creciente uso de BIM en los proyectos, el 32% de los encuestados mencionó la necesidad de realizar inversiones adicionales en recursos humanos para adaptar BIM a los procesos de la empresa, como la contratación de un responsable BIM y más soporte informático.

#### **c) Inversiones a largo plazo**

También se incluyen en el cálculo las inversiones estratégicas a largo plazo de la empresa, como el desarrollo o la personalización de normas. Sin embargo, cuantificar estos costos puede resultar difícil. Además, a las empresas les resulta complicado medir

costos como los derivados de las interrupciones en el flujo de trabajo y las deficiencias durante la adopción e implementación inicial. Para calcular la inversión total, es importante considerar el esfuerzo necesario para cambiar los procesos internos. Esto implica integrar datos e información en modelos al principio del proceso de diseño y desarrollo, e incluir el modelado en una etapa temprana del proyecto. Los encuestados presentaron el ROI de BIM de manera diferente según su función en el proyecto. La perspectiva varía dependiendo de si se aplica BIM al diseño o la construcción. En la Tabla 31 siguiente se resumen las diversas respuestas de investigación de Autodesk sobre el ROI en 2013

**Tabla 31**

*Como influyen los participantes en la evaluación de BIM*

	Diseño	Construcción	Propietarios
<b>Adopción de BIM</b>	Generalizada.	Incipiente y cada vez más apreciada.	Muchos especifican BIM, pero pocos lo utilizan activamente o lo conocen bien.
<b>Ventajas claves</b>	Mejor colaboración con los implicados en el proyecto. Menos repeticiones de trabajo y órdenes de modificación.	Minimiza/elimina muchos cambios. Mejora la gestión de construcción. Excelente para calcular cantidades y materiales.	Puede reducir el plazo de ejecución de todo el proyecto. Aumenta la eficacia de gestión, explotación y renovación.
<b>Costes asociados</b>	Se tarda más en completar el modelo. Los diseñadores pueden emplear más tiempo en explorar las alternativas de diseño.	Hay que cambiar los procesos de negocio e invertir en la tecnología adecuada para sacarle todo el partido.	Incertidumbre actual, aparte de la inversión en software.
<b>Interés en el ROI</b>	No especialmente útil si se liga a la decisión de usar o no BIM. Conviene conocer los costes ocultos y las posibles oportunidades de ingresos.	Sin relevancia directa, porque la decisión sobre BIM no suele ser suya.	Les interesa y necesitan aprender a sacar el máximo beneficio de los activos diseñados con BIM.
<b>Opinión sobre BIM</b>	Ha llegado para quedarse. Complica el trabajo, pero representa justo lo que hay que hacer.	Un avance bien acogido que convendría aplicar a todos los proyectos.	Importante potencial y requisito normalizado que se impone cada vez más a los participantes en los proyectos.

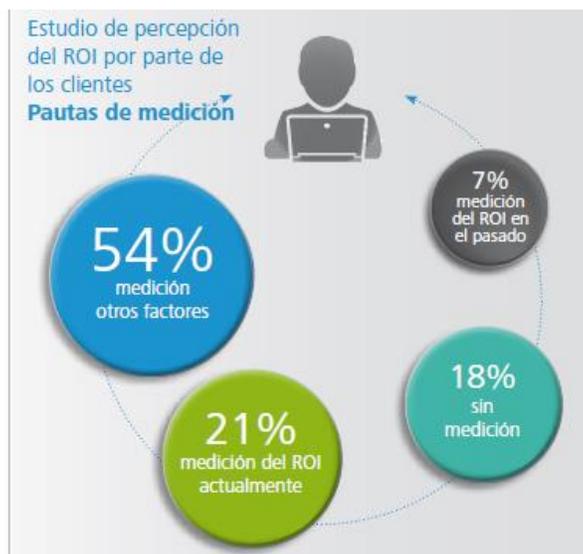
*Nota.* De “*Midiendo el valor de BIM: Alcanzar un ROI estratégico*”, por Autodesk BIM,

2013.

Los propietarios y diseñadores les interesa el ROI como un medio de mayor percepción de oportunidades.

### Figura 53

#### *Pautas de medición del ROI*



*Nota.* De “Midiendo el valor de BIM: Alcanzar un ROI estratégico”, por Autodesk BIM, 2013.

Muchos clientes con una sólida experiencia en BIM informan que llevan a cabo prácticas para medir su experiencia y evaluar la competitividad de su empresa. En regiones donde las políticas gubernamentales fomentan la adopción de BIM, como en el Reino Unido, suelen aplicarse definiciones formales de experiencia y madurez para promover la precisión y el progreso continuo. Diversas métricas están disponibles para cuantificar el rendimiento a medida que las empresas alcanzan mayores niveles de madurez.

Los encuestados con mayores niveles de madurez en BIM suelen considerar más difícil medir el ROI. Así mismo, un 7% de las empresas más experimentadas que aplicaron enfoques rigurosos del ROI evolucionaron cambiando por completo a los procesos basados en modelos, hasta tal punto que la medición de BIM ya no les parece esencial para la toma de decisiones.

Un responsable de BIM en construcción explicó la fase de madurez en BIM: “Estuvimos años calculando meticulosamente el ROI de cada proyecto mientras aún seguíamos intentando justificar el uso de BIM. Tras analizar más de 100 proyectos, nos dimos cuenta de que la rentabilidad que estábamos obteniendo era entre cinco y tres veces el importe de la inversión que realizábamos en un proyecto. Acabamos constatando sencillamente que hay rentabilización. Ahora hemos asumido que BIM posee un valor intrínseco”, (BIM Industry Working Group, 2011)

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

#### 6.1.1 *Respecto al nivel de madurez*

Adicionalmente al método de Succar (2010), cuyos resultados de encuestas indica que nos encontramos en el nivel 1, también podemos resaltar el modelo propuesto por Kassem et al. (2015), en el que se consideran 3 métricas de medición en el índice de madurez. Métrica 1: la disponibilidad de publicaciones BIM destacadas (noteworthy BIM publications - NBP); Métrica 2: la distribución de NBP a través de etiquetas y grupos de BIM Knowledge Content (BKC); y Métrica 3: la relevancia de cada NBP en los mercados. Obteniéndose respuestas que infieren una adopción BIM en niveles de madurez 0 o 1. Es decir, uso casi generalizado del CAD 2D con baja colaboración y uso de 3D con colaboración parcial respectivamente. A continuación, se describen las métricas usadas:

- Métrica 1 – Disponibilidad de NBP's.

Las publicaciones BIM dignas de mención (NBP) son documentos de la industria disponibles públicamente que incorporan pautas, protocolos y requisitos que se centran en los flujos de trabajo y los entregables de BIM. Estas publicaciones son el producto de varios organismos gubernamentales, asociaciones de la industria, comunidades de práctica e instituciones de investigación, con la intención de facilitar la adopción de BIM y aprovechar el potencial de valor agregado de BIM. La “disponibilidad” de publicaciones BIM destacadas son un indicador de la madurez BIM de un país, un concepto derivado de otras disciplinas.

- Métrica 2 - Distribución: Esta métrica informa la madurez de BIM en términos de distribución de contenido de conocimiento de BIM (BKC) en publicaciones de BIM destacadas. BKC es una taxonomía especializada con varias clasificaciones. La clasificación principal identifica tres grupos de contenido de conocimiento (guías, protocolos y mandatos) que se subdividen en dieciocho etiquetas de contenido de conocimiento (por ejemplo, informe, manual y contrato).
- Métrica 3 - Relevancia: Usando otra clasificación desarrollada como parte de la taxonomía de contenido de conocimiento BIM, los NBP se pueden evaluar según su nivel de relevancia en comparación con otros NBP en todos los mercados. Usando esta métrica, un NBP, se puede medir usando una Relevancia de cero a cinco. En el caso del estudio tuvimos:

R0 - Redundante: el NBP incluye información desactualizada que ya no es utilizable.

R1 - Relevante: el NBP es relevante, actual y contiene información procesable

Guías: documentos que tienen carácter descriptivo y facultativo. Las guías aclaran objetivos, informan sobre encuestas/logros o simplifican temas complejos. Las guías no proporcionan los pasos detallados a seguir para alcanzar una meta o completar una actividad. No se encontraron guías publicadas.

Protocolos: documentos que tienen carácter prescriptivo y facultativo. Los protocolos proporcionan pasos o condiciones detallados para alcanzar una meta o entregar un resultado medible. Si bien los documentos dentro de este grupo son prescriptivos, es opcional seguirlos a menos que se dicten dentro de un Mandato. No se encontraron protocolos publicados en algún tipo de repositorio.

Mandatos: documentos que son prescriptivos y dictados por una autoridad. Los mandatos identifican lo que debe entregarse y, en algunos casos, cómo, cuándo y

quién debe hacerlo. El plan de competitividad es el lineamiento del gobierno más destacable.

La Guía Nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021) sugiere que al inicio del proceso de adopción de BIM, diversas entidades y empresas públicas realicen una evaluación o diagnóstico para determinar su nivel de madurez en la gestión de la información BIM. Según lo establecido en la NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021, se describen los niveles de madurez propuestos para el proceso de implementación progresiva. Se han identificado seis niveles de madurez en la gestión de información BIM:

- a) **Inexistente:** La empresa carece de experiencia en la aplicación de BIM en sus proyectos de inversión. Aunque algunos miembros del personal pueden tener nociones sobre BIM, esta metodología no se utiliza en la práctica dentro de la empresa.
- b) **Inicial:** La empresa tiene su primer acercamiento a la gestión de la información BIM, pero solo se ha aplicado en ciertas etapas de algunas inversiones.

El uso de la gestión de la información BIM se inició con la inclusión de los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) con un nivel básico, así también se hace uso de un Plan de Ejecución BIM (BEP) a nivel básico. No obstante, aún no se ha definido claramente qué información se solicitará ni cómo a través de BIM para alcanzar los objetivos establecidos.

- c) **Definido:**

La empresa ha implementado inversiones para incorporar la gestión de información BIM, siguiendo las normas NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021. La adopción de la metodología es obligatoria en ciertas inversiones específicas. El

proceso de adopción de BIM comienza con la elaboración de los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) a un nivel básico y la utilización de un Plan de Ejecución BIM (BEP) también a un nivel básico para controlar cada prestación contratada relacionada con la inversión. En cuanto al Entorno de Datos Comunes (CDE), se vincula a una inversión específica y no a toda la organización, utilizándose únicamente como un repositorio de información sin un enfoque colaborativo definido. Además, aún no se han establecido los flujos de trabajo para el uso del CDE.

d) **Gestionado:** La empresa utiliza la gestión de información BIM para desarrollar todas las inversiones y la aplicación de la metodología es obligatoria para todas las inversiones.

e) **Integrado:**

La organización demuestra una sólida experiencia en la implementación de la Gestión de la Información BIM, evidenciada por su uso uniforme y estandarizado en todos los niveles de la entidad. El proceso de inversión comienza con el desarrollo de los Requisitos de Información Organizacional (OIR) y los Requisitos de Información de Activos (AIR) a un nivel básico. Posteriormente, se establecen los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) también a un nivel básico, los cuales avanzan gradualmente hasta alcanzar un nivel maduro de Requisitos de Intercambio de Información (EIR). Esto implica que los licitadores deben presentar un Plan de Ejecución BIM (BEP) maduro como parte de su propuesta técnica, y el licitador seleccionado debe actualizar el BEP para garantizar un control adecuado del servicio. Además, en este nivel se incluye el desarrollo básico del Programa de Desarrollo de Información de una Tarea (TIDP) y el Programa General de Desarrollo de la

Información (MIDP). En lo que respecta al Entorno de Datos Comunes (CDE), se gestiona a un nivel básico mediante una combinación de enfoques de flujo de trabajo y tecnología.

- f) **Optimizado:** La empresa cuenta con un alto nivel de madurez en la implementación de la gestión de información BIM según NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021. Una de sus principales características es la búsqueda constante de mejora. La entidad tiene definida la visión y objetivos del uso de BIM, que se ven reflejados en la definición de Requisitos de Información Organizacional (OIR) muy maduro y Requisitos de Información del activo (AIR) maduro, posteriormente se elaboran los Requisitos de Información del Proyecto (PIR) maduro, que luego escalan detalladamente a través de los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) maduros. Los postores responden mediante un Plan de Ejecución BIM (BEP) a nivel maduro y el ganador presenta la actualización del BEP para el control de la prestación. Además, en este nivel se incluye el desarrollo a nivel maduro del Programa de Desarrollo de Información de una Tarea (TIDP) y el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP). El Entorno de Datos Comunes (CDE) se gestiona a un nivel maduro, convirtiéndolo en una fuente única de información que contiene todo tipo de contenedores de información, programados para trabajar y retroalimentarse (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

El estudio descubrió que la madurez BIM en organizaciones relacionadas con la construcción difieren entre sí, principalmente entre pequeñas, medianas y grandes empresas, esto debido a la disponibilidad de tecnología y a los diferentes desarrollos de sus procesos, protocolos e interoperatividad BIM. Lo antes mencionado, sesga la tendencia hacia un

desarrollo equilibrado de las tecnologías, procesos y protocolos BIM en la industria de la construcción y en el País. Es por eso que, con los resultados obtenidos, se contribuye a la identificación de puntos críticos en el desarrollo BIM, así como una adecuada medición de su madurez.

Es así como podemos concluir que las empresas constructoras pequeñas o Mypes, se encuentran entre el nivel 0 y 1 de madurez respectivamente, lo que implica una alerta importante sobre las acciones requeridas para atender las necesidades del mercado y los requerimientos del gobierno es su Plan Nacional de Competitividad y Productividad aprobado el 28 de Julio del 2019, mediante Decreto Supremo N° 237-2019-EF (2019), modificado por el Decreto Supremo 108-2021-EF, así como la Resolución Directorial N°0002-2021-EF (2021), por lo que se aprueba el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú.

Esto mencionado representa una necesidad de alta prioridad, ya que una de las métricas más importantes en la medición de madurez BIM en los países y/o organizaciones, es la capacidad que tienen las empresas para trabajar en entornos colaborativos, ya que no se trata de una simple adquisición de software o directivas internas en las empresas, su implementación, adecuación y uso va más allá.

Por otro lado, se encontró que existen diversas métricas para medir el performance de los individuos, organizaciones y proyectos, no habiendo una definición e intención de usar alguna en la evolución del nivel de madurez en el País, considerando que se trata de un objetivo estratégico en el plan nacional de infraestructura.

### ***6.1.2 Respecto a las competencias profesionales***

Se encontró que el 30% de la muestra representativa no reúne los conocimientos necesarios en la herramienta BIM, tanto a nivel formativo, como metodológico;

desconociendo los conceptos, usos, aplicación y ventajas que proporciona su implementación en las actividades de arquitectura, diseño, construcción y operación. El resto menciona conocer conceptos u herramientas a un nivel básico.

La academia, empresa y gobierno no convergen en objetivos comunes. Actualmente hay escasos planteamientos curriculares que consideran el dominio de software de modelamiento. Tal como se observa en la muestra tomada de universidades públicas y privadas. Las universidades públicas no incluyen el uso de herramientas tecnológicas de modelamiento en sus asignaturas obligatorias. Mientras que, las universidades privadas hacen el intento de alinear el uso de software de modelamiento como REVIT, en alguno de sus cursos obligatorios y/o electivos, siendo esto insuficiente para el manejo de una metodología de trabajo como es el BIM. Si bien, los planes de la industria de la construcción consideran en un corto plazo, la adopción de metodologías BIM, teniendo como elemento impulsor el plan BIM Perú, aprobado en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad (Decreto Supremo N°237-2019-EF, 2019) con hitos para el 2025 y 2030 para la adopción obligatoria de la metodología BIM en los tres niveles de gobierno.

El aprovechamiento del BIM, depende de cambios de paradigmas relacionados al proceso de diseño colaborativos y construcción de forma integrada y colaborativa. Asimismo, la solución para reducir esta brecha muy amplia en nuestro país, podría llegar no necesariamente desde la formación profesional a nivel universitario, sino que resultaría de mayor impacto el impulso en nueva carreras profesionales de nivel técnico, que busquen desarrollar competencias y habilidades profesionales específicas en función de mallas curriculares orientadas a cubrir una necesidad de manejo de herramientas tecnológicas de modelamiento para proyectos de arquitectura, diseño, construcción y operación.

### ***6.1.3 Respetto a las restricciones en la implementación***

Resalta la baja relevancia que se le da a la complejidad del software y a la implementación del BIM en las empresas, sin embargo, existe un mayor reconocimiento que la dependencia estará considerablemente relacionadas a la actitud de las personas, sus creencias y valores, así como la compatibilidad de las prácticas de la empresa con las personales. Otro aspecto importante es la percepción favorable hacia la disponibilidad del software con la finalidad de probar y ejecutar BIM.

En cuanto a los motivos organizacionales, encontramos que el 66% de los encuestados resaltan el rol de lo que la alta gerencia representa, siendo un factor muy importante al momento de tomar la decisión de adopción del BIM. En promedio el 40% de los profesionales consideran que su soporte en la implementación y comunicación permitiría afectar la implementación en las empresas.

Por otro lado, también llama la atención la percepción del 65% de los profesionales, los cuales consideran los altos costos que se podría incurrir en la instalación y funcionamiento. Respecto a los costos de formación, un 45% lo considera como una restricción al momento de adoptar el BIM.

Otra de las restricciones que podrían darse sería debido a la existencia de personal entrenado, disponible y especialistas en el uso e implementación de BIM, el cual aún resulta insuficiente.

### ***6.1.4 Respetto al nivel de desarrollo LOD (Level of Development).***

Se encontró que el 36,36% de los profesionales encuestados indicaron usar modelos conceptuales del proyecto con definiciones de parámetros como área, altura, volumen, ubicación y orientación. Siendo este, el nivel básico del BIM. Esta situación podría estar

relaciona a la baja formación de profesionales en el uso de herramientas tecnológicas relacionadas al modelamiento de edificaciones.

Asimismo, resulta interesante conocer que el 20,78 de profesionales emplean modelamiento en niveles de desarrollo mayores con detalles en documentación y sistemas de construcción.

Respecto al nivel más alto en el uso de niveles de desarrollo LOD 500, se concluye que es mínima la cantidad de profesionales que requieren de elementos de diseño con mayor precisión y detalle en formas, tamaños y ubicaciones, representando un 3,9% en los datos recolectados, dando así claramente una idea de que las posibilidades para explotar con mayor éxito el uso del BIM en montaje, operación y/o mantenimiento de edificaciones, fábricas u otros sistemas que pretendan ser más eficientes, serán las próximas especialidades a desarrollarse.

En los últimos años se ha venido utilizando la definición de LOD en el Perú, sin embargo, a partir de la publicación en el año 2021 de la Norma Técnica Peruana y los estándares Nacionales BIM de uso obligatorio deben de considerarse. El nivel de información gráfica se define por el nivel de detalle (LOD) y el nivel de información no gráfica se define por el nivel de información (LOI). Tanto LOD como LOI son igualmente importantes y definen el nivel deseado de información (LOIN).

$$\text{LOIN} = \text{LOD} + \text{LOI}.$$

Por otro lado, el uso de altos o bajos niveles de desarrollo, no necesariamente determinan el nivel de madurez de la industria, ya que la adopción de estándares de trabajo con altos niveles de desarrollo resulta aplicable a cualquier tipo de proyecto, sin embargo, no en todos ellos tendrían los beneficios esperados.

### **6.1.5 Respecto al retorno sobre la inversión – ROI**

Existe un considerable interés en utilizar el ROI para evaluar progresos específicos relacionados con BIM una vez que las empresas han alcanzado el primer nivel de madurez. Es importante destacar que el 21% de las empresas evaluaban el ROI de manera directa, mientras que el 7% indicó que habían dejado de calcular el ROI de BIM después de haber evolucionado a un nivel superior de madurez, lo que respalda la idea de que la tecnología se vuelve invisible una vez que se vuelve omnipresente. El resto de las empresas considera otros factores, como la capacidad para completar proyectos con equipos o calendarios más ajustados.

El ROI puede ser una herramienta estratégica para las empresas al momento de promover cambios en los procesos o demostrar el valor potencial de un nuevo método.

## **6.2 Recomendaciones**

### **6.2.1 Respecto al nivel de madurez**

Promover a mediano plazo, la adopción de lineamientos que potencien el desarrollo de cada una de las métricas propuestas en la medición del modelo de madurez BIMMI, según Kassem et al. (2013), adoptando como alternativa los estándares propuestos en la norma ISO 19650, la cual propone solo 3 niveles de madurez.

Fomentar el intercambio de información en la industria a través de repositorios especializados, lo que permitiría sistematizar la información relacionada respecto al trabajo colaborativo, permitiendo encontrar y visibilizar la información con fines de estudio y estandarizaciones.

Promover el desarrollo de entornos comunes de datos, con la finalidad de contar con información estandarizada, accesible y pertinente.

Promover el desarrollo y difusión de investigaciones que permitan documentar experiencias y sirvan como insumo para el desarrollo y perfeccionamiento del nivel técnico especializado.

### ***6.2.2 Respetto a las competencias profesionales***

Alinear las políticas estructurales del plan de competitividad y productividad con los planes de formación en instituciones acreditadas en la formación y otorgamiento de credenciales BIM, ya sea a un nivel técnico como Universitario.

Incluir en las políticas educativas de formación a nivel técnico y universitario, la exigencia de créditos mínimos en el desarrollo de competencias de nivel 1 y 2 en el uso de herramientas de modelamiento, principalmente BIM en carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura.

### ***6.2.3 Respetto a las restricciones en la implementación***

Las empresas deberán considerar planes de comunicación y refuerzo de cultura organizacional alineada a los beneficios de la implementación y la convicción en su éxito.

Se recomienda la creación de mayor demanda de tecnología relacionada con BIM y promover proyectos exitosos sobre la adopción, poniendo los documentos a disposición de toda la industria con fines de aprendizaje.

En cuanto a la implementación de BIM en instituciones de educación superior, se sugiere incluir módulos de cursos sobre tecnologías relacionadas con BIM introducido para estudiantes de pregrado y posgrado.

Vincular empresa públicas y estado con la finalidad de crear fondos de investigación y desarrollo de centros de excelencia BIM, de tal manera que se generaran bancos de conocimiento a las industrias. De tal manera se fomentarían soluciones que puedan llevarse a patentes, mayor conciencia en la formación y educación alineada al BIM.

#### **6.2.4 Respecto al nivel de desarrollo LOD (Level of Development).**

Solicitar a los stakeholders de la industria, colegios profesionales, universidades, institutos y empresas, trabajar de forma coordinada de tal manera de llevar a los profesionales hacia un nivel de expertise mayor al existente actualmente.

Incluir estandarizaciones en el uso de paquete de entregables que respondan a un monitoreo integral, siendo la exigencia mínima el LOD 300 como se realiza en Países con EE. UU. y España.

Añadir nuevos requisitos LOD 300 o LOD 500 a proyectos de infraestructura de prioridad nacional como hospitales, colegios, infraestructura deportiva, comisarías y bomberos. Con la finalidad de optimizar y anticipar situaciones de riesgo y caída de niveles de servicios.

Es fundamental distinguir entre el Nivel de Detalle (LOD) y el Nivel de Información (LOI) para comprender su progreso, ya que no siempre deben avanzar de manera equivalente. Según los requisitos específicos de información de cada proyecto, puede ser necesario tener un LOI más alto que el LOD, o viceversa.

### **6.2.5 *Respecto al retorno sobre la inversión – ROI***

Implantar una metodología interna para medir los proyectos en curso con objeto de crear la plataforma adecuada para que avancen el ROI y el nivel de madurez en BIM.

Cuando se calcula el Retorno de la Inversión (ROI) considerando la generación de ingresos, generalmente se basa en estimaciones, lo que puede afectar la precisión del análisis. Un ROI más completo sobre la adopción de BIM podría incluir beneficios derivados del aumento en la facturación, la mejora de la calidad de los proyectos, la retención de clientes, la mejora en las presentaciones y la comunicación con los clientes, la integración con aplicaciones de análisis externas, entre otros aspectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGC The Construction Association. (2019, agosto). *Level of Development Specification for Building Information Models*. Recuperado el 7 de noviembre del 2023, de [www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod)
- Ahankoob, A., Manley, K., & Abbasnejad, B. (2022). The role of contractors' building information modelling (BIM) experience in realising the potential values of BIM. *International Journal of Construction Management*, 22(4), 588-599. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1639126>
- Ahuja, R., Sawhney, A., Jain, M., Arif, M., & Rakshit, S. (2020). Factors influencing BIM adoption in emerging markets – the case of India. *International Journal of Construction Management*, 20(1), 65-76. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1462445>
- Aish, R. (1986). Building modelling the key to integrated construction CAD. *International Symposium on Use of Computers for environmental engineering relatd to buildings*.
- Almeida, A. (2021). *La academia y la carrera profesional vinculada a BIM en el Perú* [Diapositivas de PowerPoint]. Repositorio de la Universidad de Lima. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/13490/>
- Andersen, M. T., & Findsen, A. L. (2019). Exploring the benefits of structured information with the use of virtual design and construction principles in a BIM life-cycle approach. *Architectural Engineering and Design Management*, 15(2), 83-100. <https://doi.org/10.1080/17452007.2018.1546165>
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*.
- Autodesk (2013). *Midiendo el valor de BIM Alcanzar un ROI estratégico*.
- BIM Industry Working Group (2011). A report for the Government Construction Client Group. *Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper*. <https://www.cdcb.cam.ac.uk/system/files/documents/BISBIMstrategyReport.pdf>
- Björk, B. C., & Laakso, M. (2010). CAD standardisation in the construction industry - A process view. *Automation in Construction*, 19(4), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.010>
- Boes, J., & Barros Neto, J., & Xavier de Lima, M. (2021). BIM maturity model for higher education institutions. *Ambiente Construido*. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>
- Cárdenas Pantoja, Marcos. (2022). *Bim in Perú*. <https://www.bimacademy.global/insights/digital-technologies/bim-in-peru/>
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Charef, R. (2019). *A BIM-based framework to integrate a sustainable end-of-life into the asset lifecycle towards the circular economy* [Doctoral Thesis, Coventry University].

[https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/31919581/Rabia\\_Charef\\_PhD\\_Appendix.pdf](https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/31919581/Rabia_Charef_PhD_Appendix.pdf)

- Chen, Y., Dib, H., & Cox, R. F. (2014). A measurement model of building information modelling maturity. *Construction Innovation*, 14(2), 186-209. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2012-0060>
- Corbato, F. J., Merwin-Daggett, M., & Daley, R. C. (2001). *An experimental time - sharing system* (Vol. 21). Spartan Books.
- Decreto Supremo N° 108-2021-EF (2021). *Modifican el Decreto Supremo N° 289- 2019-EF, Aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública*. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Decreto Supremo N° 289-2019-EF (2019). *Aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública*. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Decreto Supremo N° 345-2018-EF (2018). *Política Nacional de competitividad y productividad*. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers*. [www.wiley.com/go/permissions](http://www.wiley.com/go/permissions).
- Elmualim, A., & Gilder, J. (2014). BIM: Innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3-4), 183-199. <https://doi.org/10.1080/17452007.2013.821399>
- Eubim Taskgroup. (2017). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*. <http://www.eubim.eu/>
- Eubim Taskgroup. (2021). *Calculating Costs and Benefits for the use of Building Information Modelling in Public Tenders*. <https://doi.org/10.2826/048648>
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. En *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 75, pp. 1046-1053). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>
- González, R., Gámez, F., & Severino, M. (2014). Introducción a la Metodología BIM. *The Spanish Journal of BIM*. [https://www.researchgate.net/publication/284159764\\_Introduccion\\_A\\_La\\_Metodologia\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/284159764_Introduccion_A_La_Metodologia_BIM)
- Gould, L. (2010). What is BIM... and should we care? *Construction Research and Innovation*, 1(2), 26-31. <https://doi.org/10.1080/20450249.2010.11873768>

- Hamma-adama, M., & Kouider, T. (2019). Comparative Analysis of BIM Adoption Efforts by Developed Countries as Precedent for New Adopter Countries. *Journal of Applied Science and Technology*, 1-15. <https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v36i230224>
- Hong Y. (2019). Forecasting the net costs to organizations of building information modelling (BIM) implementation at different levels of development (LOD). *Journal of Information Technology*. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.033>
- Hong, Y., Hammad, A. W. A., Akbarnezhad, A., & Arashpour, M. (2020). A neural network approach to predicting the net costs associated with BIM adoption. *Automation in Construction*, 119, 103306. <https://doi:10.1016/j.autcon.2020.103306>
- Izadi Moud, H., & Abbasnejad, B. (2013). BIM and Basic challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3, 287-294. <https://www.researchgate.net/publication/264898637>
- Jensen, P. A., & Jóhannesson, E. I. (2013). Building information modelling in Denmark and Iceland. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(1), 99-110. <https://doi.org/10.1108/09699981311288709>
- Joseph, J. (2012). 8 steps to a successful BIM marketing program. *Building Design + Construction*, 47-49. <https://cdn.coverstand.com/13846/114018/114018.3.pdf>
- Jung, Y., & Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.010>
- Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., Song, M. (2016). The VDC Scorecard: Formulation and Validation. *Stanford University*
- Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N. (2013). A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries. *30th International Conference on the Applications of IT in the AEC Industry*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2308.5766>
- Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N. (2015). Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy. En *Building Information Modeling* (3.<sup>a</sup> ed., Vol. 2, pp. 329-371). <http://www.inpro-project.eu/main.asp>
- Kensek M., Noble, D. (2014). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. John Wiley & Sons, Inc.
- Liang, C., Lu, W., Rowlinson, S., & Zhang, X. (2016). Development of a Multifunctional BIM Maturity Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(11). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001186](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001186)
- Lu, W., Chen, K., Zetkolic, A., & Liang, C. (2021a). Measuring building information modeling maturity: a Hong Kong case study. *International Journal of Construction Management*, 21(3), 299-311. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1532385>

- Lu, W., Chen, K., Zetkolic, A., & Liang, C. (2021b). Measuring building information modeling maturity: a Hong Kong case study. *International Journal of Construction Management*, 21(3), 299-311. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1532385>
- Malleson, A. (2018). *National BIM Report 2018 - Reino Unido*.
- McCuen, T. L., Suermann, P. C., & Krogulecki, M. J. (2012). Evaluating Award-Winning BIM Projects Using the National Building Information Model Standard Capability Maturity Model. *Journal of Management in Engineering*, 28(2), 224-230. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000062](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000062)
- McGraw Hill Construction. (2014). *SmartMarket Report*. [www.construction.com](http://www.construction.com)
- Política Nacional de Competitividad y Productividad, Decreto Supremo N° 345-2018-EF 1 (2018). [www.minam.gob](http://www.minam.gob).
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Nacional BIM, Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM*. <https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>
- Mulenga, K., & Han, Z. (2010). *Building Information Modelling Optimizing BIM adoption and mindset change Emphasize on a construction company* [Master Thesis]. Chalmers University Of Technology.
- Murguía, D. (2018). *Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017*.
- Palomino, J (2015). *Metodología de la investigación / investigación científica*. San Marcos.
- Plan Radar (2021). *BIM adoption in Europe: 7 countries compared*. <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>.
- Prabhakaran, A., Mahamadu, A. M., Mahdjoubi, L., Andric, J., Manu, P., & Mzyece, D. (2021). An investigation into macro BIM maturity and its impacts: a comparison of Qatar and the United Kingdom. *Architectural Engineering and Design Management*, 17(5-6), 496-515. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1923454>
- Presidencia de la República. (2019a). *Disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión Pública* (N.º 289-2019-EF; pp. 2-3). Diario Oficial El Peruano. [www.gob.pe/](http://www.gob.pe/)
- Presidencia de la República. (2019b). Plan Nacional de Competitividad y Productividad. En *DS.237-2019-EF* (pp. 1-52). Diario Oficial El Peruano. [www.gob.pe/](http://www.gob.pe/)
- Presidencia de la República. (2021). *Modifican el Decreto Supremo N°289-2019-EF, aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión Pública* (N.º 108-2021-EF; pp. 14). Diario Oficial El Peruano. [www.gob.pe/](http://www.gob.pe/)
- Pryke, S.D, Pearson, S. (2006). Project Governance: case studies on financial incentives. *Building Research and Information*, 34(6), 534-545.
- Resolución Directorial N°048-2018-INACAL/DN (2018). *Aprueban y dejan sin efecto Normas Técnicas Peruanas sobre cementos, cales, concreto y otras*. Instituto Nacional de Calidad,
- Sahil, A. (2016). *Adoption of Building Information Modeling in Developing Countries: [Degree Of Master Thesis, Colorado State University]*

<https://api.mountainscholar.org/server/api/core/bitstreams/6358a3bd-0070-4356-8c73-278168a46494/content>

- Samuelson, O., & Björk, B. C. (2013). Adoption processes for EDM, EDI and BIM technologies in the construction industry. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(SUPPL.1). <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801888>
- Sebastian, R., & van Berlo, L. (2010). Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the Netherlands. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(SPECIAL ISSUE), 254-263. <https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>
- Smith, P. (2014). BIM implementation - Global strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- Succar, B. (2008). Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Succar, B. (2010). Building Information Modelling Maturity Matrix. *Handbook of research on building information modelling and construction informatics. concepts and technologies*.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Tiong, R. L. K., Nath, T., & Attarzadeh, M. (2015). Identifying key factors for building information modelling adoption in Singapore. *Proceedings of the ICE - Management, Procurement and Law*, 168(5), 220-231. <https://doi.org/10.1680/mpal.15.00030>
- Weisberg, D. (2008). *The engineering design revolution - The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering* (Englewood, Ed.; 3rd Edition).