



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

PLAN DE ADOPCIÓN BIM EN UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. MAYRA ASTRID ARGUELLO CASTILLO

TUTOR PRINCIPAL
M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS, FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX, SEPTIEMBRE 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Mendoza Sánchez Ernesto René

Secretario: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

Vocal: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

1^{er.} Suplente: M I. Narcia Morales Carlos

2^{d o.} Suplente: M.A. Roldán Morales Laura Minerva

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria CD.MX.

TUTOR DE TESIS:

M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

FIRMA

A Dios.

DEDICATORIAS

- Con respeto y admiración a mi madre la Sra. Teresa Castillo Moreno, por ser para mí un ejemplo de tenacidad, superación y emprendimiento, por su confianza y apoyo incondicional en mi vida y en mi profesión.
- Con cariño a mi sobrino Uriel Ponce, "La vida te pondrá obstáculos, pero los límites te los pones tú".

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme la beca para realizar mis estudios de posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México.
- A mi tutor de tesis el Maestro Marco Tulio Mendoza Rosas por compartir su experiencia y conocimientos profesionales.
- Al Ing. Iván Bolaños Ruiz por su comprensión, apoyo incondicional y consejos como profesionalista y como esposo.
- A mi familia, en especial a mi padre el Sr. Pedro Argüello García y a mis hermanas Thelma, Maribel y Gina que siempre han confiado en mí para sacar adelante este proyecto académico.
- Al Sr. Guillermo Ramírez por sus consejos y experiencia compartidos a lo largo de mi profesión.
- A la empresa BOVIS México, en especial al Arq. Hiram Andrade por compartir su experiencia implementando BIM en Torre Chapultepec.
- Al maestro Francisco Solares por el apoyo y contribución en el caso práctico de esta tesis.
- A todos aquellos que colaboraron directa o indirectamente en la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA	9
OBJETIVOS	10
HIPÓTESIS	10
PROBLEMÁTICA	11
METODOLOGÍA	12
JUSTIFICACIÓN	13
ALCANCE	13
CAPÍTULO 2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	14
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	15
2.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL	17
2.2 ¿QUÉ ES BIM?	22
2.2.1 ORIGEN DEL TÉRMINO	25
2.2.2 DIMENSIONES BIM	27
2.2.3 NIVEL DE DESARROLLO BIM [LOD]	28
2.2.4 SOFTWARE BIM / HERRAMIENTAS	30
2.2.5 NIVEL DE MADUREZ	33
2.2.6 PLAN DE EJECUCIÓN	34
2.2.7 BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE IMPLEMENTAR BIM	37
2.3 BIM EN EL MUNDO	42
2.3.1 BIM EN AMERICA LATINA	45
2.3.2 ESTADO DE BIM EN MÉXICO	46
2.3.3 BIM FORUM MÉXICO	50
2.3.4 ENCUESTA NACIONAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN MÉXICO	50
2.3.5 ESTRATEGIA DEL BIM PARA MÉXICO	52
2.3.6 NORMATIVIDAD	53
2.4 CONCLUSIÓN CAPITULAR	54
CAPÍTULO 3. CASO DE ÉXITO: TORRE CHAPULTEPEC UNO	55
3.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	56
3.2 PLAN DE EJECUCIÓN BIM	57
3.3 PLAN DE COLABORACIÓN – COORDINACIÓN	69

3.4	COMENTARIOS Y EXPERIENCIAS DEL EQUIPO BIM	73
3.5	CONCLUSIÓN CAPITULAR	77
CAPÍTULO 4. TRABAJO DE CAMPO: BIM EN MÉXICO		78
4.1	ENCUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN	79
4.1.1	APLICACIÓN DE LAS ENCUESTAS	79
4.1.1.1	FICHA TECNICA DE LA ENCUESTA "IMPLEMENTACIÓN BIM"	79
4.1.1.2	FICHA TECNICA DE LA ENCUESTA "BIM EN MÉXICO"	96
4.2	CONCLUSIÓN CAPITULAR	111
CAPÍTULO 5. PLAN DE ADOPCIÓN BIM		112
5.3	GENERALIDADES	113
5.4	PANORAMA GENERAL DE LA EMPRESA	115
5.4.1	IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES	118
5.4.2	ENCUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN	118
5.4.2.1	ESTADISTICAS	122
5.4.3	ANALISIS FODA	133
5.5	DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	134
5.5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: PERIFÉRICO SUR	134
5.6	DIAGNOSTICO Y PLAN DE ADOPCIÓN	137
5.6.1	IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS	138
5.6.2	CRITERIOS DE ADOPCIÓN	138
5.6.3	USOS BIM	140
5.6.4	NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	142
5.6.5	ROLES ORGANIZATIVOS Y DOTACIÓN DE PERSONAL	143
5.6.5.1	NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EXISTENTE	144
5.6.5.2	ESTANDARIZACIÓN DEL MANEJO DE LA INFORMACIÓN	144
5.7	CONCLUSIÓN CAPITULAR	145
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES		146
BIBLIOGRAFÍA		149

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i> Capítulos del Proyecto de Investigación / Ilustración: propia.....	8
<i>Ilustración 2</i> Partes de la Metodología / Ilustración: propia.....	12
<i>Ilustración 3</i> La construcción y la tecnología/ Fuente: internet.....	15
<i>Ilustración 4</i> Proceso de ejecución de un proyecto de edificación / Fuente: PMBOK 5ta edición/ Ilustración: propia.....	18
<i>Ilustración 5</i> Método tradicional de diseño / Ilustración: propia.....	19
<i>Ilustración 6</i> Proceso BIM / Ilustración: propia.....	22
<i>Ilustración 7</i> Algunos actores que intervienen en BIM / Ilustración: propia.....	22
<i>Ilustración 8</i> Formas de definir BIM / ilustración: internet.....	24
<i>Ilustración 9</i> Línea del tiempo: Origen de BIM / Ilustración: propia.....	26
<i>Ilustración 10</i> Dimensiones BIM / Ilustración: propia.....	27
<i>Ilustración 11</i> Interoperabilidad / Ilustración: www.buildingsmart.org	32
<i>Ilustración 12</i> Nivel de Madurez BIM.....	33
<i>Ilustración 13</i> Planes de ejecución de universidades/ Ilustración: internet.....	35
<i>Ilustración 14</i> Categorías de un BEP / Ilustración: propia.....	37
<i>Ilustración 15</i> Tabla periódica de BIM/ Fuente: NBS.....	43
<i>Ilustración 16</i> Beneficios para los Ingenieros / Fuente: SmartMarket Report 2012 / Ilustración: propia.....	44
<i>Ilustración 17</i> BIM en América Latina / Fuente: EDITECA 2018 / Ilustración: Propia.....	45
<i>Ilustración 18</i> Foniles NAICM / Ilustración: internet.....	47
<i>Ilustración 19</i> Modelo BIM en Revit, Central de Servicios La Raza / Ilustración: internet.....	47
<i>Ilustración 20</i> Catalogo Unificado de Conceptos, Estandarización / Ilustración: internet.....	48
<i>Ilustración 21</i> Flujo de vinculación del modelo al proceso de producción / Ilustración: propia.....	49
<i>Ilustración 22</i> BIM fórum México / Ilustración: http://bimforummexico.mx/	50
<i>Ilustración 23</i> Ubicación de Torre Chapultepec Uno / Fuente: google maps.....	56
<i>Ilustración 24</i> Supervisión de obra revisando en el modelo BIM / Fuente: Bovis.....	73
<i>Ilustración 25</i> Prefabricación / Fuente: Bovis.....	73
<i>Ilustración 26</i> Junta de Coordinación BIM / Fuente: Bovis.....	74
<i>Ilustración 27</i> Modelos BIM / Fuente: Bovis.....	74
<i>Ilustración 28</i> Extracción de cantidades / Fuente: Bovis.....	75
<i>Ilustración 29</i> Extracción de cantidades en Navisworks / Fuente: Bovis.....	75
<i>Ilustración 30</i> Extracción de cantidades en Revit / Fuente: Bovis.....	76
<i>Ilustración 31</i> Primera fase / Ilustración: propia.....	114
<i>Ilustración 32</i> Segunda fase / Ilustración: propia.....	114
<i>Ilustración 33</i> Ubicación del Proyecto / Fuente: Google Earth.....	134
<i>Ilustración 34</i> Planta esquemática del proyecto.....	136
<i>Ilustración 35</i> Criterios de Adopción / Fuente: Bilal Succar 2008 / Ilustración: propia.....	139

CONTENIDO DE TABLAS

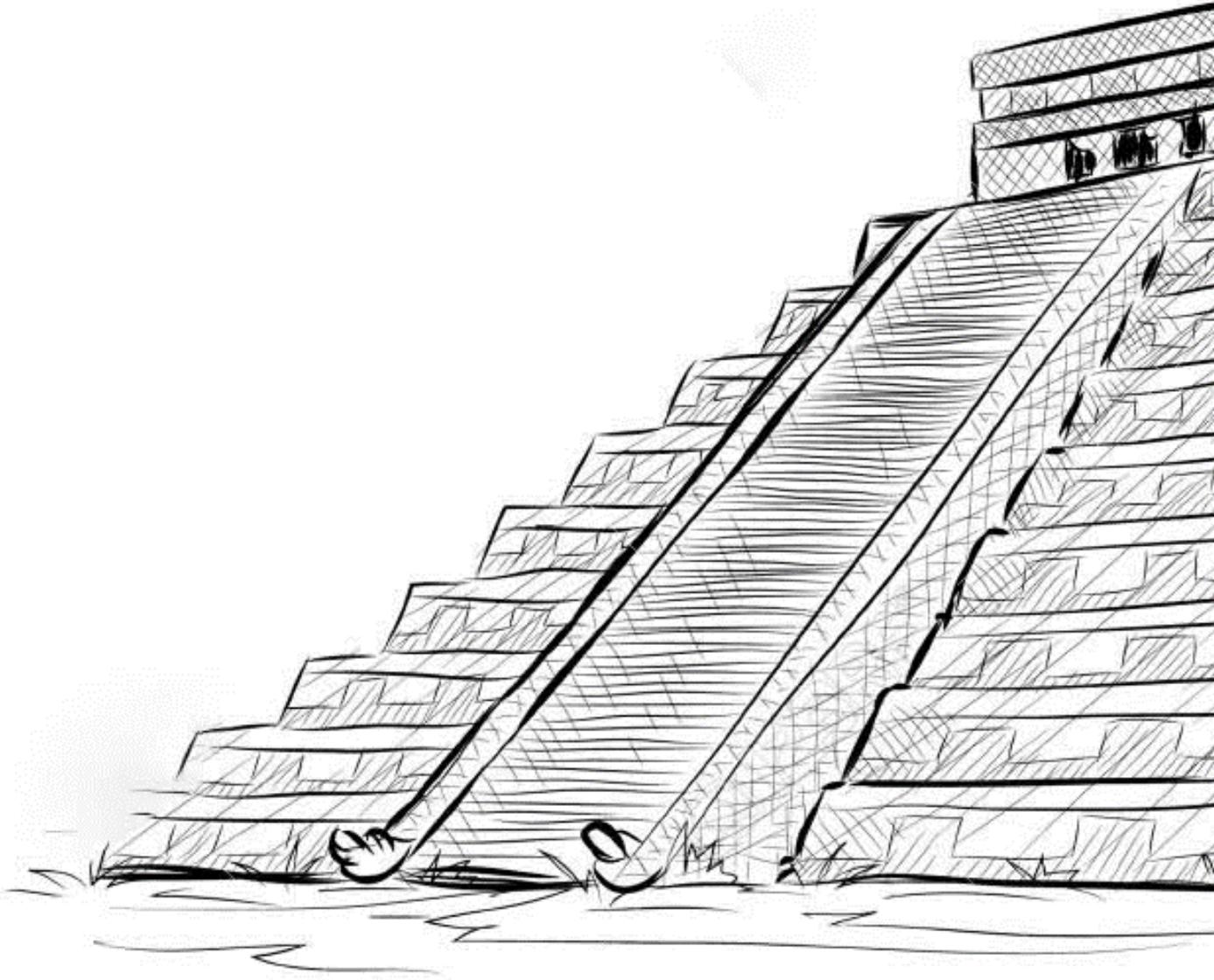
Tabla 1 Niveles de desarrollo [LOD].....	30
Tabla 2 Software BIM/ Herramientas.....	31
Tabla 3 Tabla Periódica de BIM / Ilustración: propia	43
Tabla 4 Proyectos BIM en México.....	46
Tabla 5 Objetivos BIM (A/I – Arquitectos e Ingenieros; GC – Gerente de Construcción; C – Contratista; TBD – Por Terminar).....	58
Tabla 6 – Entregas de modelo y Uso de software (A/I – Arquitectos e Ingenieros; GC – Gerente de Construcción; C – Contratista; TBD – Por Terminar)	61
Tabla 7 Lista de Preguntas encuesta "Implementación BIM".....	81
Tabla 8 Complicaciones en la Implementación de BIM	88
Tabla 9 Respuestas abiertas de los encuestados pregunta 10	91
Tabla 10 Respuestas abiertas de los encuestados pregunta 13	93
Tabla 11 Lista de Preguntas encuesta "BIM en México"	98
Tabla 12 Matriz FODA de ARG	133
Tabla 13 Áreas del Proyecto Periférico Sur.....	135
Tabla 14 Objetivos y usos potenciales de BIM	138
Tabla 15 Usos BIM	141

CONTENIDO DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Effort Curve o Macleamy curve, Patrick Macleamy, 2004 / Ilustración: propia.....	38
Gráfica 2 Construcción Tradicional.....	39
Gráfica 3 Construcción Tradicional, control de costos y cambios de diseño	40
Gráfica 4 Comparación de sistemas de un ciclo de una estructura / Ilustración: propia / fuente: EASTMAN, C. 2011.....	41
Gráfica 5 Conocimiento de Modelos Digitales Fuente: internet	51
Gráfica 6 Rango de edad de personas encuestadas / Fuente: propia	82
Gráfica 7 Lugar de Trabajo de los Encuestados / Fuente: propia	83
Gráfica 8 Giro de las Empresas de los Encuestados / Fuente: propia.....	83
Gráfica 9 Tamaño de la Empresa / Fuente: propia.....	84
Gráfica 10 Puestos de los Encuestados / Fuente: propia.....	84
Gráfica 11 Proyectos BIM realizados por la Empresa / Fuente: propia	85
Gráfica 12 Experiencia en proyectos BIM / Fuente: propia	85
Gráfica 13 Motivos de Uso BIM / Fuente: propia	86
Gráfica 14 Beneficios de implementar BIM / Fuente: propia	91
Gráfica 15 Desventaja con el uso de BIM vs Metodología tradicional / Fuente: propia	92
Gráfica 16 Rapidez de la Adopción BIM / Fuente: propia.....	94
Gráfica 17 Usuarios BIM / Fuente: propia	94
Gráfica 18 Dimensiones BIM / Fuente: propia.....	95
Gráfica 19 Nivel de desarrollo BIM / Fuente: propia	95
Gráfica 20 Edad de los Encuestados / Fuente: propia	99
Gráfica 21 Grado Académico / Fuente: propia	99
Gráfica 22 Profesión de los Encuestados / Fuente: propia	100

Gráfica 23 Giro de la empresa / Fuente: propia	100
Gráfica 24 Conocimiento de BIM, Filtro 01 / Fuente: propia	101
Gráfica 25 Conocimiento de BIM, Filtro 02 / Fuente: propia	102
Gráfica 26 Conocimiento de BIM, filtro: sin conocimiento BIM / Fuente: propia	103
Gráfica 27 Experiencia laboral de los encuestados	103
Gráfica 28 Factores que atribuyen a los sobre costos y retrasos.....	104
Gráfica 29 Experiencia BIM Filtro 03 / Fuente: propia	104
Gráfica 30 Conocimiento de BIM / Fuente: propia	105
Gráfica 31 Utilización de BIM / Fuente: propia	106
Gráfica 32 Experiencia BIM / Fuente: propia.....	106
Gráfica 33 Proyectos BIM / Fuente: propia	107
Gráfica 34 Estudios adicionales / Fuente: propia	107
Gráfica 35 Estudios BIM / Fuente: propia.....	108
Gráfica 36 Oportunidad Laboral / Fuente: propia	108
Gráfica 37 Porcentaje de Implementación BIM / Fuente: propia	109
Gráfica 38 Dimensiones BIM / Fuente: propia.....	109
Gráfica 39 LOD / Fuente: propia.....	110
Gráfica 40 Rango de edades ARG / Fuente: propia	122
Gráfica 41 Grado académico ARG / Fuente: propia	122
Gráfica 42 Profesión de los encuestados ARG / Fuente: propia	123
Gráfica 43 Puesto desempeñado ARG / Fuente: Propia	123
Gráfica 44 Antigüedad de los profesionistas ARG / Fuente: propia	124
Gráfica 45 Experiencia en proyectos ARG / Fuente: propia	124
Gráfica 46 Conocimiento de software ARG / Fuente: propia.....	125
Gráfica 47 Experiencia software ARG / Fuente: propia	125
Gráfica 48 Certificación profesionistas ARG / Fuente: propia	126
Gráfica 49 Sobrecostos ARG / Fuente: propia	126
Gráfica 50 Porcentaje de retrasos de proyectos ARG / Fuente: propia	127
Gráfica 51 Factores de sobrecostos y retrasos ARG / Fuente: propia.....	127
Gráfica 52 Metodología de administración de Proyectos en ARG / Fuente: propia	128
Gráfica 53 Filtro 01 conocimiento de BIM en ARG / Fuente: propia.....	128
Gráfica 54 Conocimientos de BIM parte 2 ARG / Fuente: propia	129
Gráfica 55 Motivación profesionistas ARG / Fuente: propia	129
Gráfica 56 Filtro 02 ¿Donde conoció BIM? / Fuente: propia	130
Gráfica 57 Conocimientos de BIM ARG / Fuente: propia.....	130
Gráfica 58 Creencias sobre BIM en los proyectos ARG / Fuente: propia	131
Gráfica 59 Mejora en ejecución de los proyectos ARG / Fuente: propia	131
Gráfica 60 ¿Por qué deberían mejorar los proyectos en ARG? / Fuente: propia	132
Gráfica 61 Motivación profesionistas parte 2 / Fuente: propia.....	132

INTRODUCCIÓN



El ambiente en el que se desenvuelve nuestro gremio está en constante cambio, tradicionalmente los constructores siempre están a la vanguardia en innovación, desde las pirámides más antiguas hasta los rascacielos del siglo XXI, sin embargo, durante los últimos años la industria de la construcción se ha quedado atrás teniendo una productividad mucho menor comparada con la de otros sectores.

La necesidad de desarrollar más infraestructura y construirla con más eficiencia sigue siendo imperiosa, no obstante, los métodos convencionales de diseño, administración y ejecución utilizados por las empresas constructoras parecen ser ineficientes e inadecuados para hacer frente a estos retos.

De acuerdo con el estudio "Tendencias en proyectos de construcción en México" realizado por PwC¹, solo 1 de cada 3 proyectos tienden a finalizar en tiempo y costo; el diseño y coordinación de los proyectos es pieza clave del éxito o fracaso de estos mismos, el uso de metodologías de vanguardia como BIM, IPD, y LEAN son pieza clave en la Gerencia de Proyectos y forman parte de la solución, a pesar de esto, entre otros factores, la difusión de estos métodos en México no ha sido la suficiente para promover la adopción en las empresas mexicanas que al día de hoy siguen resistiéndose, sin duda otro factor que ocupa un lugar preponderante en esto: es el cambio de paradigma que significa en dueños, constructores, ingenieros, arquitectos y todos aquellos que están inmersos dentro de este sector y que han construido durante décadas de una manera tradicional.

Particularmente BIM dentro del ámbito de la construcción ha alcanzado gran importancia por ser una herramienta metodológica y que trae consigo varios conceptos de la Industria 4.0 o Revolución Industrial a la que México aspira a desarrollar desde hace algunos años atrás.

La presente investigación busca realizar un plan de adopción para una implementación BIM en una empresa mexicana, es importante mencionar que aunque para algunos países el término BIM ya es un concepto común y del cual se habla y se trabaja con naturalidad, para México es un término que resulta aún nuevo tanto para empresarios como para estudiantes y profesionistas, es por esta razón que gran parte de esta investigación describe este método desde su origen hasta el estado en el que se encuentra en México.

Como parte del contenido de este proyecto de investigación el lector podrá encontrar en el **Capítulo 1** el marco de referencia con el cual parte la presente tesis, en el **Capítulo 2** se realizó una investigación teórica con una extensa revisión bibliográfica de documentos referentes al tema de investigación y el estado del arte en el que se encuentra, en el **Capítulo 3** se presenta un caso de éxito realizado con esta metodología, en el **Capítulo 4** con el fin de saber el nivel de conocimiento y en su caso el nivel de implementación que hay en México se presentan una serie de encuestas realizadas a empresas y profesionistas en el sector de la construcción, en el **Capítulo 5** el lector podrá encontrar el caso práctico

¹ Price Waterhouse Coopers México, firma profesional que se dedica a resolver problemas de negocios de empresas locales, nacionales e internacionales.

de esta tesis, realizado para una empresa mexicana denominada ARG y finalmente, el último capítulo corresponde a las conclusiones **Capítulo 6**.

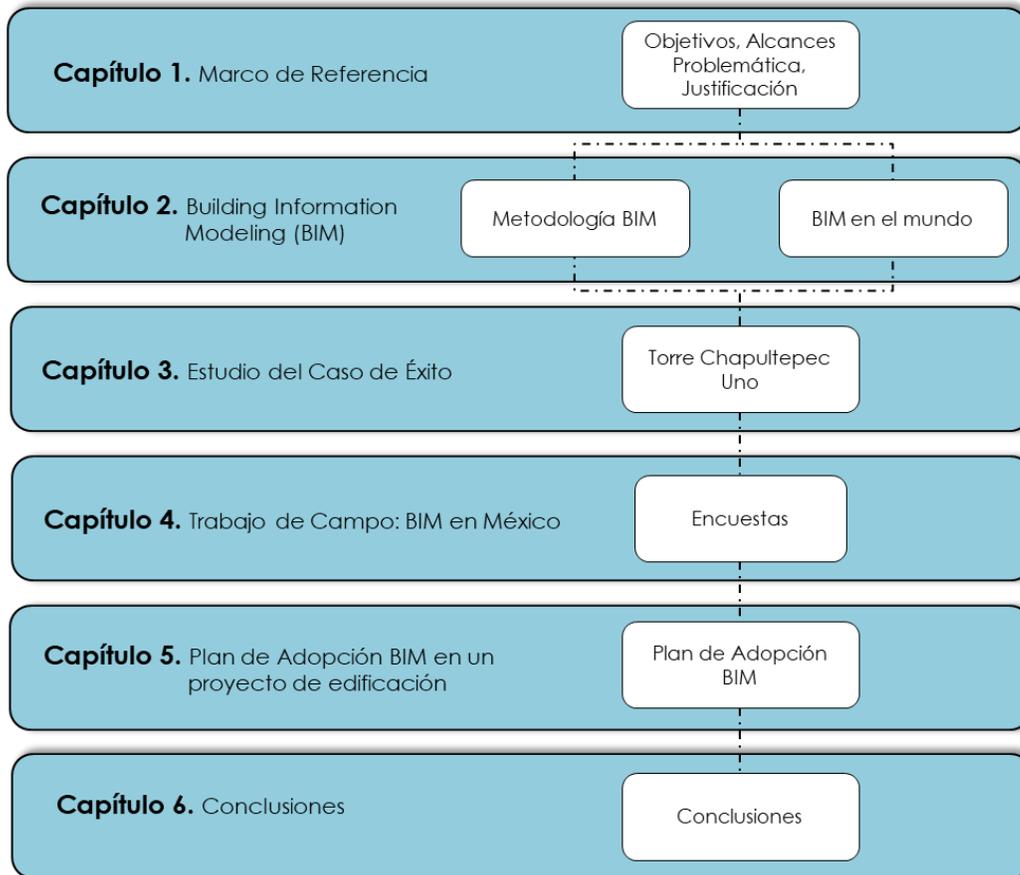
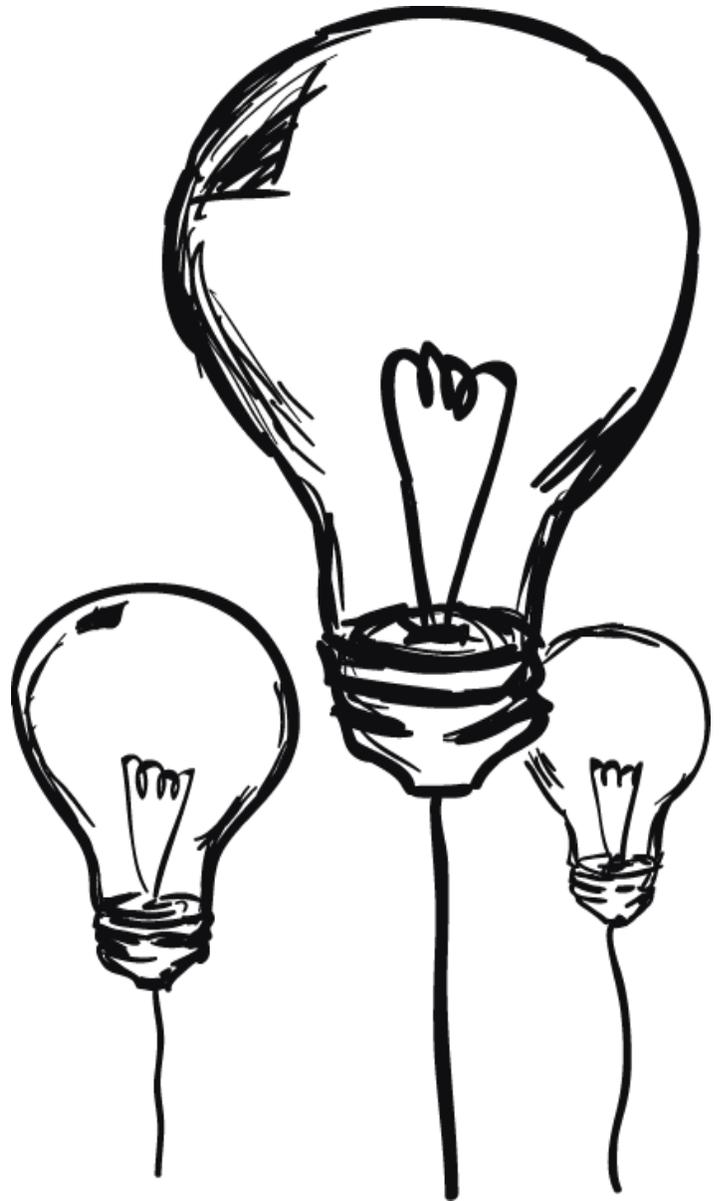


Ilustración 1 Capítulos del Proyecto de Investigación / Ilustración: propia

CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA



OBJETIVOS

Objetivo Principal

Desarrollar un plan para la adopción de BIM en el proyecto denominado Periférico Sur en una empresa de Edificación.

Objetivos Específicos

- Investigar sobre el estado del arte de BIM en el mundo
- Establecer el marco teórico de la metodología BIM
- Rescatar las experiencias de un caso de éxito en México donde se ha implementado BIM
- Fundamentar con trabajo de campo mediante la aplicación de encuestas el nivel de adopción BIM en empresas mexicanas.

HIPÓTESIS

La comunicación y la coordinación entre las disciplinas que intervienen en el desarrollo de proyectos se potencializa con el uso de la metodología BIM lográndose proyectos exitosos.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad la tendencia de la industria de la construcción en México es: solo 1 de cada 3 proyectos tienden a finalizar en presupuesto y tiempo, esto se debe a diferentes factores como pueden ser:

- Incompleta definición del alcance de los proyectos
- Programas de obra deficientes
- Re-trabajos y factores de calidad
- Inexactitud en los estimados de costo
- Nulo o pobre análisis de riesgos y planes de mitigación.
- Entre otros.

En una encuesta realizada por PwC México en octubre del año 2013 se puede resaltar lo siguiente:

- 3 de cada 4 empresas no involucran a los interesados en las primeras fases de los proyectos ni se disponen de registros históricos para mejorar la planeación.
- Existen metodologías y buenas prácticas que facilitan el entendimiento y la aplicación de la administración de proyectos, sin embargo, en México, las empresas que las ponen en práctica son muy pocas: el 73% de las organizaciones argumentan que no cuentan con una, el 13% dice que adopto el PMI y el 14% desarrollo una propia.
- Solo el 8% de las organizaciones realizan un análisis integral de riesgos de forma consistente en sus proyectos.

El problema va más allá de la escala del proyecto e incluso se presenta a nivel nacional pero también internacionalmente, la problemática de la desviación entre el costo planificado y el ejecutado según el estudio "Correcting the course of capital projects" realizado a nivel mundial por PwC a 33 proyectos de construcción determino que aproximadamente el 6.1% de los proyectos al construirlos se encuentra por debajo del presupuesto y que el 36.4% presentan sobrecostos superiores al 50% del presupuesto de construcción. Analizando lo anterior se puede deducir que el problema radica desde la concepción del proyecto, es ahí en donde en las etapas más tempranas se gesta el problema por los factores mencionados anteriormente, sin lugar a dudas, la Industria de la construcción exige un cambio de paradigma en su método actual.

BIM promete eliminar las ineficiencias que se presentan a lo largo de la ejecución del proyecto, esto es posible ya que contiene datos de manera organizada y definida, lo cual permite la identificación, manejo e intercambio de datos con mayor facilidad, sin embargo, no es más que una parte de la solución, la otra parte está en manos de los profesionistas, de los constructores, arquitectos e ingenieros y del compromiso que tengan en formar parte de este cambio.

METODOLOGÍA

La metodología se realizó en diversas partes: la primera comenzó con la definición de la línea de investigación; la elección del tema se decidió con base a la asistencia a diversas conferencias en la CDMX en donde se pudo constatar por medio de entrevistas el interés por parte de los profesionistas del gremio de la construcción en conocer y trabajar con BIM.

Simultáneamente a la primera parte, se realizó una extensa investigación en tesis internacionales y nacionales, en libros, revistas y artículos para poder conformar la descripción de la Metodología BIM y el Estado del Arte correspondientes al capítulo 2 de este proyecto.

Posteriormente, la segunda parte se decidió que para poder enriquecer este proyecto de investigación era necesario tener un caso práctico de implementación, por tal motivo se realizó una extensa búsqueda dentro del gremio para encontrar una empresa que quisiera compartir su experiencia trabajando con BIM.

A la vez de la segunda parte, fue la realización de 2 encuestas, la primera de estas se hizo a los profesionistas que estuvieran actualmente trabajando y/o que tuvieran experiencia con BIM, con el objetivo de conocer cuales habían sido los desafíos que tuvieron al trabajar con esta metodología entre otras preguntas que fueron de gran ayuda y sirvieron como guía para la última parte de esta tesis; así mismo la segunda encuesta se realizó a profesionistas del gremio de manera abierta para saber su conocimiento, experiencia y opiniones.

Finalmente, la tercera parte corresponde al caso práctico en donde se colaboró con una empresa mexicana para realizar un plan de adopción para una implementación BIM en uno de sus proyectos de edificación.



Ilustración 2 Partes de la Metodología / Ilustración: propia.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el uso de las herramientas CAD en construcción se ha establecido de manera generalizada para todos los proyectos, tanto arquitectónicos, como estructurales, sanitarios, etc. A pesar de esto, aun con estas herramientas se sigue construyendo con la misma manera de hace más de una década, aun cuando hemos cambiado el papel y el lápiz por una pantalla y una computadora, los procedimientos se asemejan mucho a las antiguas técnicas manuales de dibujo.

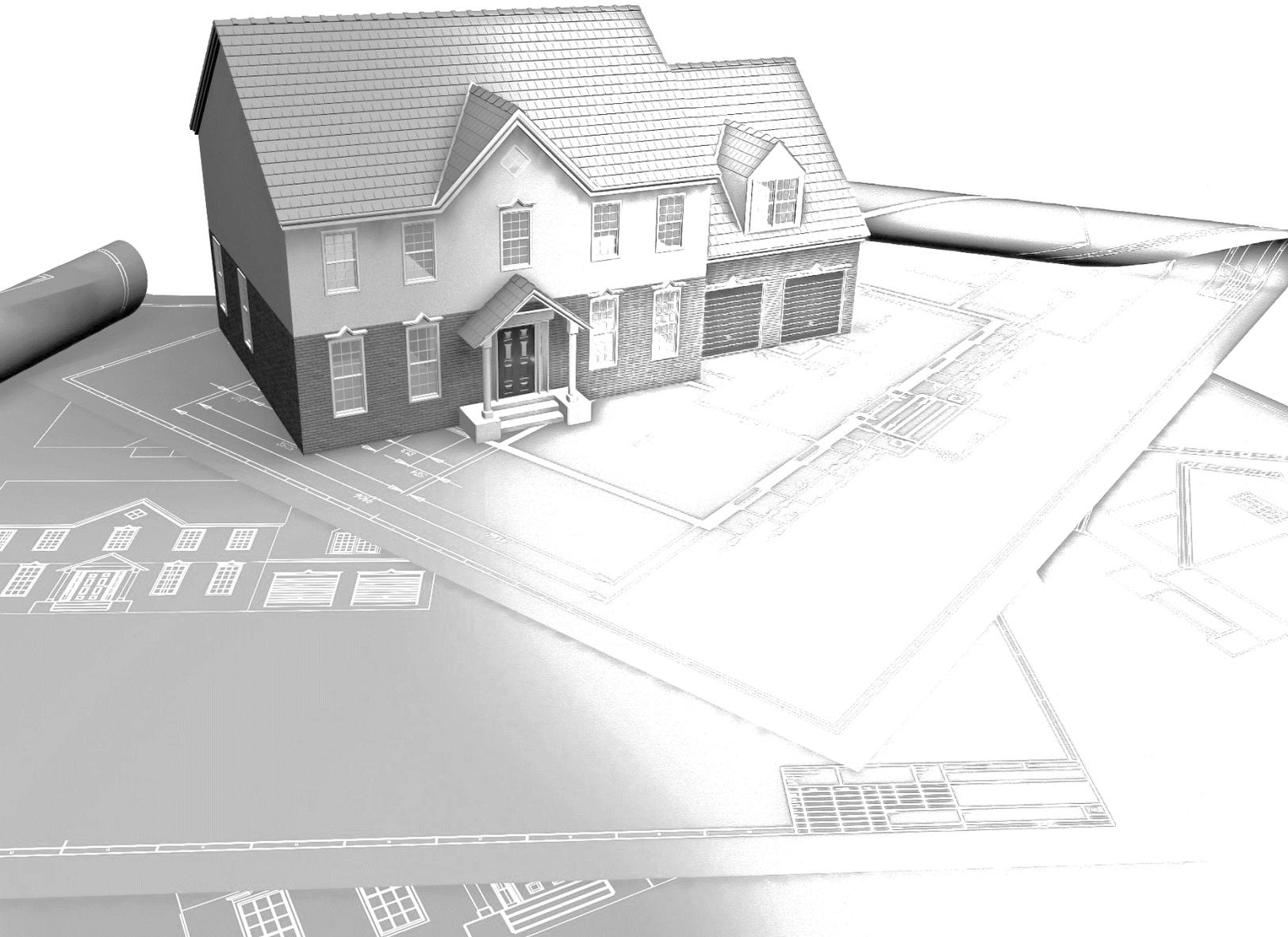
El método tradicional, es una metodología que desde la concepción del proyecto analiza de manera individual cada disciplina, es decir, para un edificio conformado por un número determinado de pisos y que es construido con una estructura unitaria y global, contradictoriamente a esto se analiza en una infinidad de modelos diferentes y que solo tienen en común ciertos requerimientos que los diseñadores han podido preestablecer, pero que particularmente cada uno de ellos han sido diseñados para solventar sus necesidades propias de acuerdo a su disciplina y no para trabajar en conjunto como debería de ser, llevando a esto incongruencias al momento de querer empatar los modelos, e incluso trabajos que no estaban contemplados al inicio del proyecto y que por supuesto generan costos adicionales que impactan directamente en el presupuesto inicial.

Por lo anterior la idea de trabajar en un modelo único y que se pueda construir de manera virtual, donde todas las disciplinas puedan ser retroalimentadas en tiempo real de cambios, omisiones y necesidades que se tengan en el proyecto, incluso antes de poner un pie en el terreno donde se pretende construir, hace que BIM forme parte de la solución, sin embargo, aunque para países como Estados Unidos, Colombia, Chile y Reino Unido no es un tema nuevo, si lo es para México, en donde aunque ya se cuentan con obras de gran magnitud realizadas con este método, no se tiene aún un conocimiento global entre todas las empresas, profesionistas y egresados como para hacer una adopción en todos los proyectos que se ejecuten en el país, enfocándonos en este aspecto, este tema es indispensable para los nuevos ingenieros, arquitectos y profesionistas y sobre todo para el desarrollo de nuestro país.

ALCANCE

Esta tesis pretende lograr la propuesta de un plan de adopción BIM para el desarrollo de un proyecto en particular en la CMDX.

CAPÍTULO 2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)



2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Para tener una visión clara sobre los beneficios de Building Information Modeling en adelante BIM, será necesario realizar un análisis previo del sector de la construcción.

En el mundo, la industria de la construcción se ve catalogada como resistente a los cambios y a la tecnología, incluso como una industria un tanto conservadora, de acuerdo con McKinsey Global Institute (MGI)² la industria se sitúa en penúltimo lugar en las tasas globales de digitalización solo por encima de la caza y la agricultura.



Ilustración 3 La construcción y la tecnología/ Fuente: [internet](#)³

Aunque la Construcción es uno de los sectores productivos más importantes en cualquier país, también es, a nivel mundial, la industria con la menor cantidad de incremento en productividad en los últimos 20 años. Como referencia, mientras la manufactura creció su valor añadido en 3.6% y la economía mundial lo hizo 2.8%, la construcción solo lo hizo en 1%. (Forbes México, 2018)⁴

Tradicionalmente los sectores productivos de la economía se dividen en:

- a. Sector Primario: Es el sector agropecuario. Se conforma por la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura (explotación forestal).

² Es una consultora estratégica global que se focaliza en resolver problemas concernientes a la administración estratégica, sus oficinas centrales están en Nueva York, EUA, los informes de MGI han cubierto más de 20 países y 30 industrias. www.mckinsey.com

³ <http://salineropampliega.com/2017/01/construccion-4-0-nuevos-retos-para-el-project-manager-en-edificacion.html>

⁴ Forbes: revista especializada en el mundo de los negocios y las finanzas <https://www.forbes.com.mx/la-productividad-en-la-construccion-muy-baja/>

- b. Sector Secundario: Es el sector productivo. Está integrado por la minería y petróleo, y por la industria de la transformación. La Industria de la Construcción entra dentro de este sector.
- c. Sector Terciario o de servicios: turismo, comercio, comunicaciones servicios y transportes.

En México, de acuerdo a datos del INEGI⁵ en su publicación del 25 de febrero 2019, el PIB de las actividades Primarias creció 2.2% y el de las Terciarias 0.7%, en tanto que el de las Secundarias disminuyó (-)1.2% en el trimestre octubre-diciembre del año 2018. Dentro del sector secundario la industria de la construcción registro un modesto crecimiento de (+)0.6% en su actividad productiva durante ese mismo año.

La industria de la construcción se compone de los siguientes subsectores:

1. La edificación (Obra privada)
2. Trabajos especializados de la construcción
3. Obras de ingeniería civil (Obra pública)

De acuerdo a datos del INEGI y el análisis del CEESCO⁶ en el año 2018, la Edificación registro un aumento en (+)1.3%, y el subsector Trabajos especializados alcanzo un crecimiento de (+)5.5%, mientras que Obras de ingeniería civil registro una contracción de (-)5.8%; de acuerdo con el CEESCO los principales factores que frenaron el crecimiento de la Industria de la Construcción fueron:

- Un incremento en los precios de los Insumos de la Construcción, como resultado de los aranceles aplicados por parte de Estados Unidos.
- Una disminución en los flujos de Inversión, como resultado de la prolongación en el proceso de renegociación del TLCAN, (hoy T-MEC), esta situación inhibió la inversión privada y postergó la realización varios proyectos de infraestructura
- La Incertidumbre generada por el proceso electoral, los resultados y los cambios ejercidos por el nuevo Gobierno Mexicano, sobre todo el relacionado a la cancelación del Nuevo Aeropuerto, así como el cierre anticipado de obras públicas, fueron los principales elementos que agravaron el comportamiento del Subsector Obras de Ingeniería Civil, el cual ha venido presentado importantes caídas desde el año 2016 (año en que se implementó el recorte por \$132 mil 301 millones de pesos).

El sector de la construcción utiliza insumos provenientes de otras industrias, como el acero, hierro, aluminio, cal, entre otras por lo tanto es una fuente de empleo muy importante para el país, realmente los factores que frenaron el crecimiento en la industria y que se mencionan en el análisis del CEESCO, en gran medida, afectan no solo a la industria de la construcción, si no, totalmente a la economía de la nación y de las demás industrias.

⁵ Instituto Nacional de Estadística y Geografía: organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica de México.

⁶ Análisis: Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Construcción en México, elaborado por El Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción perteneciente a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC.

Particularmente, en México la corrupción sigue siendo un tema que genera grandes pérdidas económicas para la nación, según el índice de percepción de la corrupción 2018⁷, su índice de corrupción ha descendido al lugar 28, lo que significa que los mexicanos perciben un incremento de la corrupción en el sector público del país. En la Industria de la construcción el panorama no es diferente, por ser un sector que en sus procesos tiene una involucración alta del factor humano, es entendible que existan ajustes a lo largo de los proyectos y que estos afecten en gran medida a los sobrecostos, aunado a eso los grandes flujos de recursos que maneja el sector, lo hace una de las industrias más proclives a la corrupción.

De acuerdo al documento Métrica de Transparencia de la Obra Pública: Antídoto vs. La Corrupción⁸ en 80 proyectos comprendidos en los años 1999 y 2010, en promedio, las obras aumentaron de precio un 36.3% y se tardaron 126% más de lo programado en concluirse, pero, ¿a qué se debe esto?, según un estudio realizado por PWC México son diversos los factores por los cuales los proyectos no cumplen con el plazo de tiempo y los costos estimados de inicio de éstos, como ya se mencionó en la problemática del primer capítulo de la presente tesis, el principal es: la falta de planeación y definición de alcance al inicio de los proyectos.

Por lo anterior expuesto, se puede concluir que el sector de la construcción necesita urgentemente una transformación, una forma de hacer diferentes las cosas para que el sector sea más productivo y más competitivo.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

Debido a que BIM significa un cambio en la metodología habitual, es conveniente describir las características del proceso constructivo tradicional para poder entender porque BIM es parte de la solución a los problemas que se mencionaron en el punto anterior.

Un proceso constructivo es un conjunto de operaciones, fases, pasos o instrucciones necesarias para construir un proyecto de ingeniería civil, tienen como característica ser lógicos y coherentes, estos procesos se realizan específicamente para el proyecto que se pretende materializar, sin embargo, en algunos de ellos existen pasos comunes que se pueden adaptar de manera general, no obstante, si se requiere un análisis previo de estos.

⁷ Publicado por la organización no gubernamental Transparency International por sus siglas TI; el índice mide, en una escala de cero (percepción de muy corrupto) a cien (percepción de ausencia de corrupción), los niveles de percepción de corrupción en el sector público en un país determinado y consiste en un índice compuesto, que se basa en diversas encuestas a expertos y empresas.

⁸ Documento publicado en el año 2016 por México Evalúa, Centro de Análisis de Políticas Públicas, A.C. el cual es un centro de pensamiento y análisis que se enfoca en la evaluación y el monitoreo de la operación gubernamental para elevar la calidad de sus resultados. <https://www.mexicoevalua.org/>

Un edificio es uno de los muchos productos resultantes de un proceso constructivo, en este caso los temas siguientes se enfocarán particularmente a la construcción de este, con el fin de ser coherentes con el tema de investigación.

De acuerdo al PMI⁹, el orden de los procesos constructivos desde su concepción hasta su finalización se divide de en las siguientes etapas:

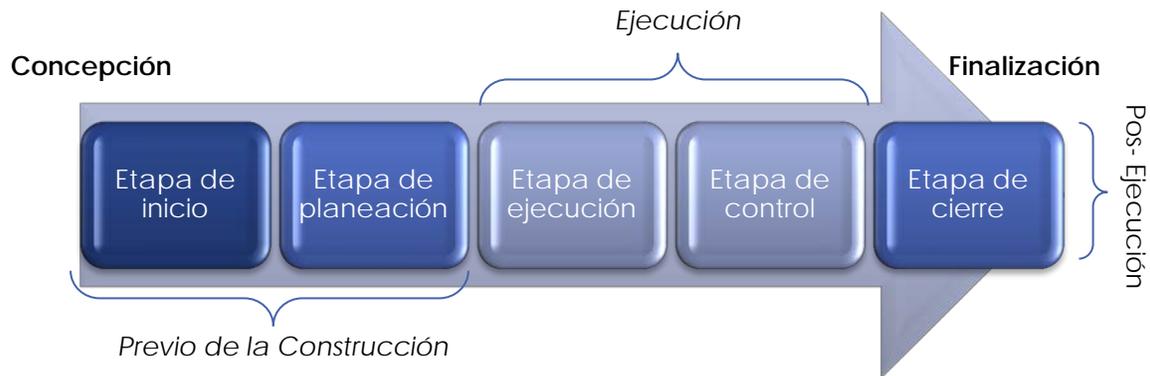


Ilustración 4 Proceso de ejecución de un proyecto de edificación / Fuente: PMBOK 5ta edición/ Ilustración: propia.

En la etapa de inicio, se define la viabilidad económica y la constructiva del proyecto a nivel de layout; la etapa de planeación comprende los alcances, estudios preliminares, anteproyectos, proyecto ejecutivo, procesos constructivos, costos y selección del ejecutante principal; la ejecución se evoca a la construcción del inmueble, instalaciones y la incorporación de los equipos de producción que albergará; la cuarta, de control, tiene como finalidad vigilar que lo construido e instalado se sujete al diseño y normas que formaron parte del contrato; la última, de cierre, se orientara el funcionamiento del inmueble y sus instalaciones [...], se hará el cierre administrativo conciliando estimaciones y facturas del presupuesto aprobado en el contrato y las ampliaciones autorizadas a que dio origen. (Díaz Infante "Curso de Edificación", proceso para la ejecución de un proyecto, pág. 35)

Particularmente, en este proyecto de investigación abordaremos la etapa previa a la construcción, por ser el área donde se gesta el proyecto y donde drásticamente se refleja más el cambio entre un método tradicional y la metodología BIM.

La etapa previa a la construcción comprende entre otras actividades, el diseño del proyecto que se quiere construir; Se define como diseño, al método de generar propuestas e ideas para la creación y realización de espacios físicos o estructuras de obras civiles; en el proceso de diseño intervienen factores como los geométrico-espaciales, constructivo y estético. En el diseño confluyen otras áreas cuya finalidad es la de proveer de estructuras resistentes (diseño estructural), control de aguas negras y aguas

⁹ Project Management Institute por sus siglas PMI es una organización estadounidense sin fines de lucro que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos.

lluvias (diseño sanitario), iluminación (diseño eléctrico) y formas decorativas (diseño arquitectónico) (Ricardo Rojas, René Lagos, 2014).

PROCESO TRADICIONAL DE DISEÑO

El proceso tradicional de diseño de un proyecto en la industria de la construcción en la mayoría de las veces es lineal y secuencial. El proyecto se realiza en secciones basándose en la idea original del propietario o cliente para posteriormente transformarla en modelos diferentes de diseño como el modelo estructural, instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, etc.

En México, lo habitual en este proceso es que el responsable, quien recibe el poder de llevar a cabo el proyecto, contacta con otros profesionales especializados para que desarrollen las partes que sean necesarias, en este caso del edificio, y finalmente cuando se termina de desarrollar cada parte, se hace un conjunto de todos estos modelos más la documentación necesaria para iniciar la obra, presupuesto y programa, y todo esto formara el proyecto integral, ver la siguiente ilustración.

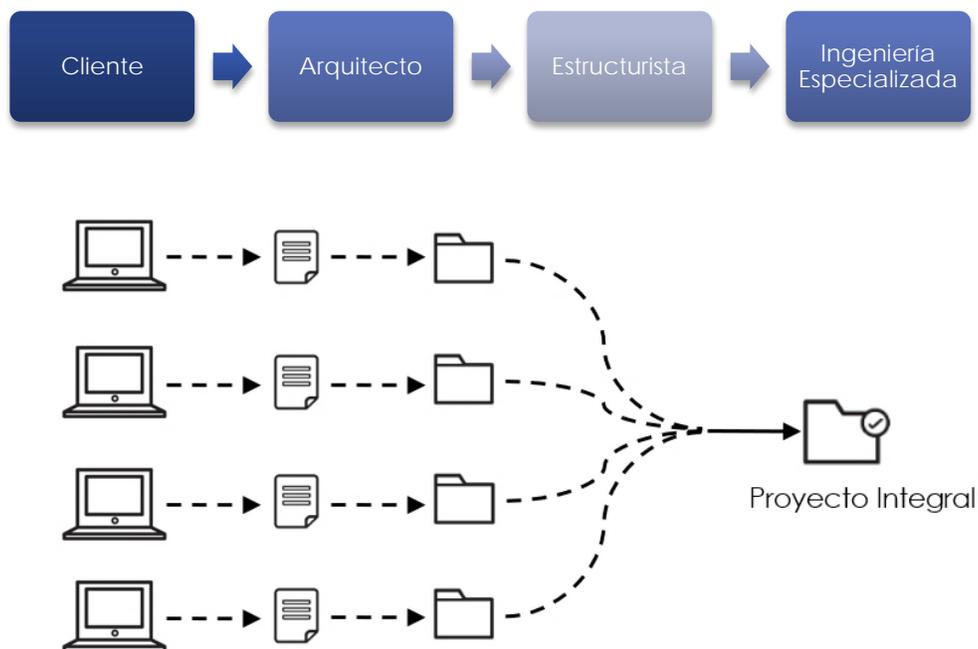


Ilustración 5 Método tradicional de diseño / Ilustración: propia

Existen diversas desventajas en este proceso de trabajo algunas son:

La fragmentación o separación de los diferentes participantes en el proyecto, lo que conlleva a malentendidos, ideas falsas...etc.

La fragmentación o separación de la información de diseño y construcción, lo que lleva a tener omisiones, errores, retrasos en tiempo, re-trabajos y sobrecostos no considerados en la etapa inicial.

No cumplir con el objetivo del proyecto, que es terminar en tiempo, costo y calidad.

La falta de un verdadero análisis del ciclo de vida del proyecto que hace tener una incapacidad de mantener una ventaja competitiva en un mercado cambiante.

Últimamente para hacerle frente a estas desventajas antes mencionadas, han surgido nuevas metodologías, filosofías y herramientas para la gestión de proyectos de construcción, algunas de estas se mencionan brevemente a continuación:

- Lean Construction

"*Lean Construction* es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto - una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, *Lean* cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. *Lean Construction* se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto".¹⁰

- Integrated Project Delivery (IPD)

"*Integrated Project Delivery o Entrega Integral de proyectos*, es una forma de enfocar el desarrollo y entrega de un proyecto en donde se integran personas, sistemas, estructuras y prácticas de negocios en un proceso de colaboración que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el propietario, reducir los residuos y maximizar eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción."¹¹

¹⁰ Definición de Lean Construction Institute por sus siglas LCI, es una organización sin fines de lucro que opera como un catalizador para transformar la industria a través de la entrega de proyectos Lean <https://www.leanconstruction.org/>

¹¹ Definición de The American Institute of Architects, por sus siglas AIA, es una organización profesional fundada en 1857 que representa los intereses profesionales de los arquitectos estadounidenses.

- PMBOK: A Guide to the Project Management Body of Knowledge

En esta guía se reflejan las buenas prácticas de la dirección de proyectos, la realización de esta guía es responsabilidad del Project Management Institute (PMI), actualmente goza de un reconocimiento internacional en lo que a estándares de gestión, administración y dirección de proyectos se refiere.

Según el PMBOK la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se logra mediante la ejecución de procesos, usando conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas de dirección de proyectos que reciben entradas y generan salidas.

La presente investigación tiene la finalidad hablar exclusivamente de BIM en los proyectos de edificación. A continuación, se describen los aspectos más importantes de esta metodología, así como los beneficios y desventajas de la misma.

2.2 ¿QUÉ ES BIM?

Realmente no existe una definición universal, sin embargo, todas las definiciones coinciden en términos generales, **BIM es un proceso, una metodología y un método de trabajo diferente al tradicional en construcción.** Hablar de BIM, es hablar de un proceso que:

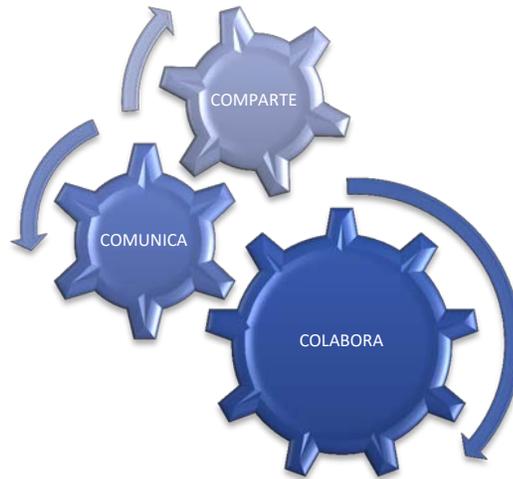


Ilustración 6 Proceso BIM / Ilustración: propia

La idea principal de BIM es que todas las especialidades interactúen con sus diferentes software, pero en un único modelo de construcción alimentado por todas y cada una de las especialidades que inciden en el proyecto, teniendo en tiempo real los cambios y modificaciones que se hacen sobre la marcha, es decir, un trabajo colaborativo entre todos los participantes en el proceso de construcción.

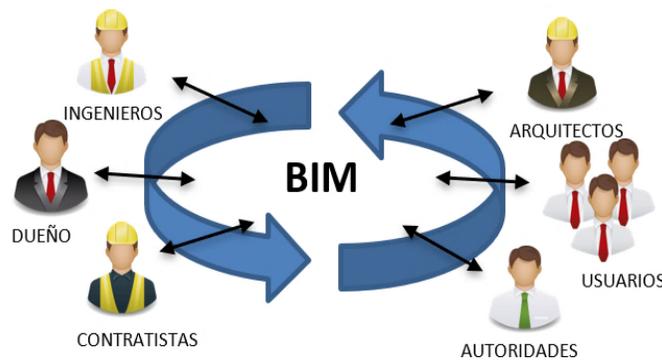


Ilustración 7 Algunos actores que intervienen en BIM / Ilustración: propia

A continuación, se citan algunas definiciones:

BuildingSMART asociación privada sin ánimo de lucro con el objetivo de fomentar la eficacia en el sector de la construcción, a través de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM y modelos de negocio orientados a la colaboración establece:

“BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costos de operación.”

Para **Autodesk**, compañía del programa REVIT ARCHITECTURE:

“El modelado de Información para la Edificación (BIM- Building Information Modeling) es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo del trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad...”

Jerry Laiserin¹², establece:

“BIM, o el modelo del edificio basado en base de datos, es un proceso de representación que crea “vistas” multi-dimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y la optimización...”

¹² Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común (BIM) para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar la información en formato digital, en el artículo “Comparing Pomes and Naranjas”.

La definición desarrollada en el National BIM Standard – United States (NBIMS-US), es:

“BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción. Como tal, sirve como recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una edificación que forma una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde la concepción en adelante.”

Como ya se mencionó con anterioridad no existe una definición única de BIM, sin embargo, hay que dejar claro que BIM no es un entregable y no es un software, es algo que nos sirve de inicio a fin para manejar la información de manera transversal a lo largo del ciclo de vida del proyecto, tampoco estamos hablando de algo nuevo, BIM tiene más de 20 años en el mercado por lo tanto ya no es el futuro de la construcción, estamos hablando del presente.



Ilustración 8 Formas de definir BIM / ilustración: internet

BIM es un término que se utiliza con más frecuencia por desarrolladores de software y empresas de construcción para describir los servicios que ofrecen, por esta razón puede crear confusión en la interpretación, por lo tanto, sería útil mencionar lo que la metodología BIM no es y lo que no incluye (Eastman 2008):

- × Los modelos que se componen de varios archivos CAD en 2D y que deben de combinarse para definir el proyecto.
- × Modelos 3D que no tienen ningún tipo de atributo o información, estos modelos solo se pueden usar visualmente y no tienen la suficiente información para ser modelos inteligentes.
- × Modelos en los que los cambios no se reflejen en otras vistas automáticamente.

Como se ha mencionado anteriormente BIM es algo más que un simple modelado, lo importante de BIM es la información que le damos al proyecto y la manera en cómo se retroalimenta no solo por una disciplina, si no por todos los actores que componen el proyecto.

2.2.1 ORIGEN DEL TÉRMINO

El término "Building Description System" apareció por primera vez en el año de 1975 en el libro "**The Use of Computer Instead of Drawings in Building Design**" escrito por el profesor Charles M. Eastman, con la siguiente expresión:

"interactively defining elements...deriving sections, plans, isometrics or perspectives from the same description of elements...Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawing to be updated. All drawing derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent...any type of quantitative analysis could be easily generated...providing a single integrated database for visual and quantitative analyses...automated building code checking in city."

Que se puede traducir de la siguiente manera:

"... definiendo interactivamente elementos, derivando secciones, planos, vistas isométricas o perspectivas de la misma descripción de elementos. Cualquier cambio o arreglo sería hecho solamente una vez para todos los dibujos. Todos los dibujos derivados de la misma disposición de elementos serían automáticamente consistentes, cualquier tipo de análisis cuantitativo podría ser generado fácilmente, proporcionando una sola base de datos integrada para análisis visuales y cuantitativos..."

Desde la década de los 70 en el libro antes mencionado ya se hablaba de un modelo paramétrico e integral donde se describía un modelo único hecho solo una vez para todos los dibujos, es decir, para todas las ingenierías que integran el proyecto.

- **MODELO 2D**

Los arquitectos e ingenieros antes de la década de los 80', realizaban sus dibujos o bocetos en papel y lápiz, esto era una forma tediosa de trabajar cuando se tienen cambios constantes en el modelo, teniendo como resultado varias horas de trabajo repetitivo, ya que, con cada decisión o modificación tenía que ser cambiado o incluso volver a ser dibujado en una nueva hoja de papel. Con la introducción del dibujo asistido por computadora (CAD) en 1982 con AutoCAD, el dibujo en 2D en papel cambio a

diseño digital, revolucionando en movilidad el trabajo de arquitectos, ingenieros y constructores.

- **MODELO 3D**

Inicialmente el modelado en 3D no era tan eficiente como lo conocemos ahora. Cuando se desarrollaron programas en 3D se hacían por separado de los programas en 2D, además de que los programas tridimensionales no tenían la facultad de compartir datos y por lo tanto cada cambio tenía que ser modificado en ambos programas, esto significaba tener errores realmente potenciales en el diseño y re-trabajos considerables para los arquitectos, ingenieros y constructores. Anteriormente los modelos en 3D solo se utilizaban para los estudios de diseño y presentaciones.

ArchiCAD de la empresa Graphisoft fue la primera en aplicar el concepto BIM bajo el nombre "Virtual Building" (Edificio Virtual) el cual, fue el primer programa capaz de crear modelos tanto en 2D como en 3D.

Por último, Autodesk empezó a querer incorporarse en el concepto BIM y años más tarde compra REVIT. En ese mismo año (2002) se hace mención el termino BIM en el artículo de Jerry Laiserin "Comparing Pommies and Naranjas" donde el autor describe que BIM "Building Information Modeling" es un término adecuado o propio para describir la próxima generación de software de diseño, con este artículo se populariza el termino BIM.

La evolución de BIM hasta llegar a hoy en día tuvo diferentes actores en la línea del tiempo, así como se puede observar en la siguiente imagen:

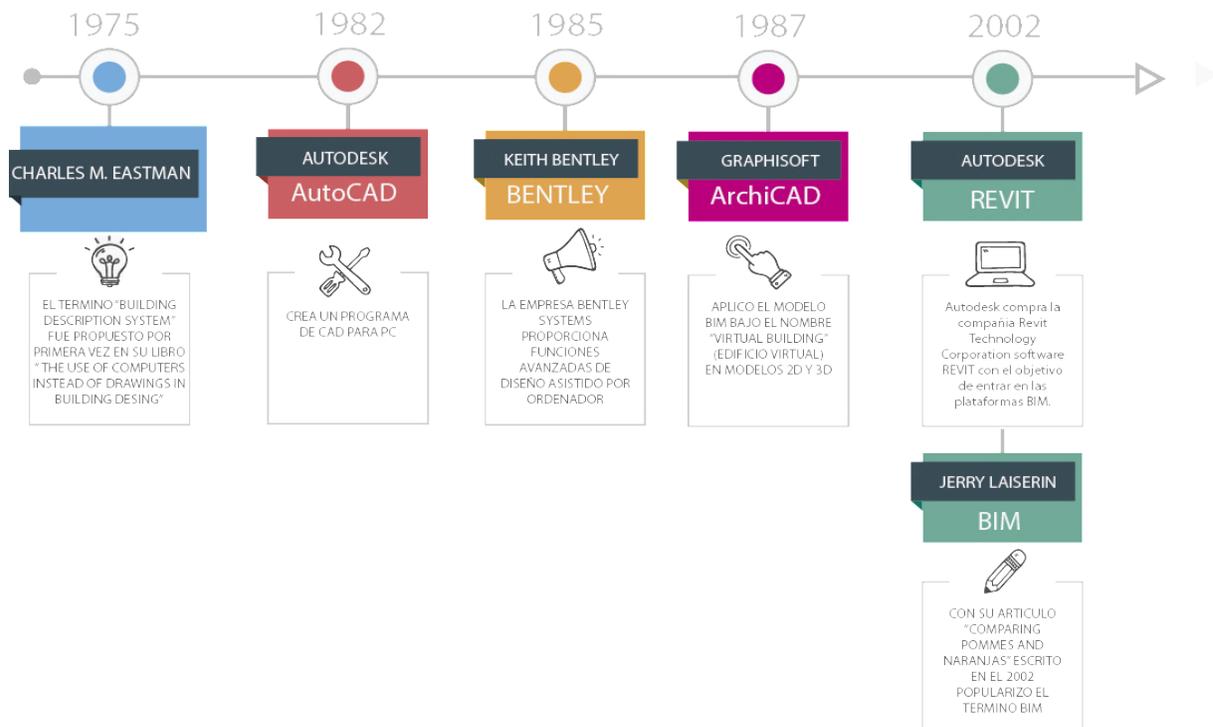


Ilustración 9 Línea del tiempo: Origen de BIM / Ilustración: propia

2.2.2 DIMENSIONES BIM

Como sabemos, BIM es un modelo único tridimensional, sin embargo, a este modelo se le pueden añadir más dimensiones, esto con el fin de aportar y darle más valor al proyecto.

Hasta ahora en la mayoría de los textos citan hasta 7 dimensiones BIM, a continuación, se muestran con mayor detalle:



* A.E. análisis energético

Ilustración 10 Dimensiones BIM / Ilustración: propia

▪ DIMENSIÓN 3: MODELADO

A partir de toda la información recopilada se genera el modelo 3D que servirá como base para las siguientes dimensiones.

▪ DIMENSIÓN 4: PROGRAMACIÓN

En esta dimensión se anexa la variable tiempo a lo que hasta ahora se había considerado algo estático. En esta dimensión se le asignan a cada elemento una secuencia de construcción. En esta dimensión se puede definir las fases del proyecto, la planificación temporal, diseñar el plan de ejecución y anticiparnos a posibles dificultades.

▪ DIMENSIÓN 5: COSTO

Se incluye el control de costos y estimación de gastos del proyecto, teniendo así el control sobre la información contable y financiera. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto.

▪ DIMENSIÓN 6: SUSTENTABILIDAD

En esta dimensión se incluye todo lo relativo a la sostenibilidad del modelo. Cubre aspectos tales como el uso energético, durabilidad en el tiempo de los materiales, diseño medioambiental y estrategias energéticas.

- DIMENSIÓN 7: FACILITY MANAGMENT [MANTENIMIENTO]

La fase de mantenimiento es el último de los trabajos concernientes del proyecto. Esta dimensión permite el control logístico del proyecto durante su uso prolongando la vida útil y eficiencia del mismo. El modelo deberá contener todas las especificaciones de los materiales, planes de mantenimiento, manuales e información relativa a la garantía.

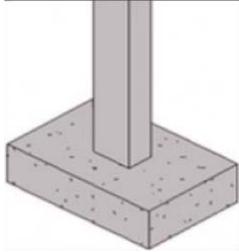
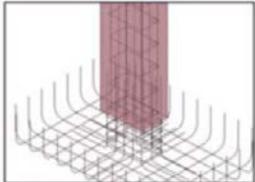
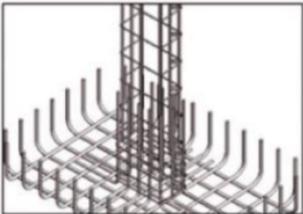
2.2.3 NIVEL DE DESARROLLO BIM [LOD]

Los niveles de desarrollo de información en el cual se presenten los elementos que integran el proyecto 3D se les denomina Level of development por sus siglas en ingles LOD.

Los LOD sirven entre otras cosas como una herramienta de comunicación entre los colaboradores que integran el proyecto y sus diversas áreas, ya que presentan información a detalle de los elementos en 3D permitiendo la coordinación detallada entre disciplinas.

A continuación, se explican con mayor detalle:

NIVEL [LOD]	EXPLICACIÓN	DETALLE
100	Es una visión general que aportará área, volumen, altura y orientación. Es el punto de partida para crear el proyecto. En este nivel se puede obtener el cálculo de los costos basándose en la superficie total y puede servir para la visualización del cliente.	 <p>Diseño Conceptual</p>
200	Aporta una visión general con magnitudes, el modelado de elementos se representa gráficamente con cantidades aproximadas, tamaño, forma ubicación y orientación. Este nivel es prácticamente igual que el Nivel 100 a diferencia que en este ya se tiene una idea del acabado exterior que tendrá.	 <p>Geométrico Aproximado</p>

NIVEL [LOD]	EXPLICACIÓN	DETALLE
300	<p>En este nivel ya se generan los documentos convencionales necesarios para componer el proyecto, incluye toda su normativa y justificación técnica. Todas las capas que componen los elementos constructivos deben de estar ya definidas, así como los acabados. Se trata de un modelo que contiene gran cantidad de información útil.</p>	 <p>Geométrico Especifico</p>
350	<p>En este nivel de desarrollo está entre el LOD 300 y LOD 400 a diferencia del LOD 300 este resulta ser más específico en cuanto a su estructura, ya que en este se permite saber las partes necesarias para la coordinación del elemento, como por ejemplo los soportes y conexiones.</p>	 <p>Geométrico Conexiones y soportes</p>
400	<p>En este nivel de desarrollo el modelo ya cuenta con el detalle necesario para la ejecución del edificio, pues todos los elementos que lo componen ya tienen la información precisa de fabricación, montaje, ensamblaje y detalles necesarios para la construcción del edificio.</p> <p>En este nivel se puede obtener toda la documentación gráfica correspondiente a la arquitectura, estructura e instalaciones y permitirá que no se produzcan interferencias entre los elementos constructivos y las distintas instalaciones.</p>	 <p>Fabricación</p>

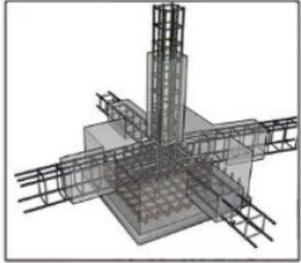
NIVEL [LOD]	EXPLICACIÓN	DETALLE
500	Representa el proyecto que ya se ha construido con las condiciones conforme a obra. Este modelo reflejará todos los cambios que se han producido a lo largo de la obra.	 <p data-bbox="1279 615 1362 638">As-Built</p>

Tabla 1 Niveles de desarrollo [LOD]

2.2.4 SOFTWARE BIM / HERRAMIENTAS

Existe una gran variedad de aplicaciones, software y herramientas para la industria de ingeniería, arquitectura y construcción que se pueden utilizar de manera colaborativa y bajo estándares de calidad para poder ofrecer un producto BIM.

Sin embargo, no debe de confundirse el concepto de BIM, el usar las siguientes aplicaciones, herramientas y software, ya que son precisamente eso, una forma de presentar el proyecto que se quiere realizar con BIM, son software informáticos que si bien sirven para llevar acabo la metodología BIM, no son el proceso en sí.

Las más populares son las siguientes:

Arquitectura

Revit Architecture	Autodesk	
ArchiCAD	Graphisoft	
SketchUp	TRIMBLE	
Allplan Architecture	Nemetschek	
Bentley Architecture	Bentley	

Estructuras

Revit Estructure	Autodesk	
Tekla Structures	TRIMBLE	
Robot Structural Analysis	Autodesk	
STAAD	Bentley	
SCIA	Nemetschek Group	

Construcción

Navisworks	Autodesk	
BIMsight	Tekla	
Opus	Ecosoft	
Primavera	Oracle Corporation	
Project	Microsoft	

MEP

Revit MEP	Autodesk	
Hevacomp Mechanical Designer	Bentley	
Digital Project MEP Systems Routing	Gehry Technologies	

Tabla 2 Software BIM/ Herramientas

Estas son solo algunas herramientas, existen otras como 3Dmax (modelado en 3 dimensiones y renderizado) o Medit (Mediciones de Proyectos), no se puede decir cuál es la herramienta o software mejor para BIM realmente depende de las necesidades que tenga el proyecto, el diseñador, e incluso el cliente.

INTEROPERABILIDAD

Cuando se habla de interoperabilidad nos referimos a la capacidad de comunicación entre programas de distintos fabricantes para intercambiar información y utilizar dicha información intercambiada.

Para poder llevar a cabo el proceso de diseño y construcción es necesario una diversidad de herramientas, como ya se vio en el punto anterior, el software BIM es muy extenso y variado y por tanto sería lógico pensar en la existencia de un formato universal que permita la comunicación entre todas estas plataformas.

“La Interoperabilidad es la capacidad de transmitir datos entre aplicaciones, y para múltiples aplicaciones para contribuir conjuntamente a la obra que nos ocupa. Interoperabilidad, como mínimo, elimina la necesidad de copiar manualmente los datos ya generados en otra aplicación” (Eastman 2011)

El IFC es un lenguaje de comunicación común entre los programas, se trata de un archivo con código abierto, no controlado por ningún desarrollador de software en particular. Esta creado para facilitar la interoperabilidad entre los distintos software BIM que existen en el mercado. Fue desarrollado por IAI (International Alliance for Interoperability) la cual, es predecesora de Building Smart.



Ilustración 11 Interoperabilidad / Ilustración: www.buildingsmart.org

- ¿Cómo Funciona?

Según BuildingSMART (www.buildingsmart.org), el formato IFC es la herramienta principal para la realización del Open BIM, "que pretende establecer un método universal para fomentar el trabajo colaborativo en el diseño y construcción de los edificios basados sobre estándares y flujos de trabajo abiertos".

El archivo IFC recoge información completa acerca de todos los elementos del edificio, como por ejemplo las instalaciones, los espacios, habitaciones, zonas, mobiliario, elementos estructurales (pilares, vigas, forjados, cerchas, muros, etc.), incluyendo las propiedades específicas de cada elemento constructivo. Todos estos datos están generalmente codificados con uno de los tres formatos disponibles:

- .ifc: formato de archivo predefinido basado sobre el estándar ISO-STEP
- .ifcxml: codificación basada sobre lenguaje XML
- .ifczip: archivo comprimido de uno de estos formatos, que pueden contener también material adjunto como PDF o imágenes.

2.2.5 NIVEL DE MADUREZ

Se entiende que no se puede cambiar una metodología de trabajo ya establecida inmediatamente, los niveles de madurez BIM precisamente miden esa adaptación de los estados evolutivos y que tienen que producirse para trabajar de manera integral y colaborativa con los sistemas BIM, se definen en un rango de 0 a 3 y se define cada nivel de la siguiente manera:



Ilustración 12 Nivel de Madurez BIM

El nivel de madurez 0 básicamente estamos hablando de planos, líneas, arcos, textos, y la forma de representar aun es en 2D y el método de comunicación y representación se basa en el papel e impresión de planos, en el nivel de madurez 1 ya se puede ver una mezcla de trabajo entre 2D y 3D con los software de CAD, en este nivel aun las disciplinas mantienen su propia información y aun no existe una colaboración entre ellas, el nivel de

madurez 2 se define por la introducción al trabajo colaborativo en la metodología de trabajo, en este nivel los agentes trabajan con sus modelos en 2D o 3D y no necesariamente se trabaja bajo un único modelo compartido, la colaboración existe en este nivel cuando hay un intercambio de la información entre diferentes agentes, sin embargo, no es total como el nivel de madurez 3 en donde ya se puede trabajar todo el ciclo de vida del proyecto, este nivel también es conocido como Open BIM por la colaboración e interoperabilidad total que existe entre los agentes constructivos sobre un modelo único compartido.

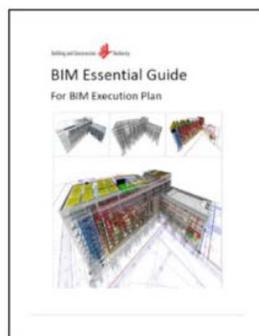
2.2.6 PLAN DE EJECUCIÓN

El plan de ejecución BIM por sus siglas en inglés BEP [Building Project Execution Plan], es una propuesta metodológica que tiene por objetivo organizar roles, detallar responsabilidades y reglas de trabajo referente al modelo tridimensional basado en la metodología BIM.

“Un plan de ejecución BIM esboza la visión del conjunto, junto con los detalles de implementación para que el equipo siga en todo el proyecto; debe desarrollarse en las primeras etapas del proyecto y debe ser monitoreado, actualizado y revisado según sea necesario durante la fase de implementación del proyecto.”

[Project Execution Plan Guide July 2010]

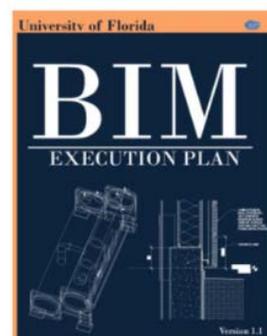
Actualmente en la Web existen planes de ejecución BIM creados por diferentes universidades como son: Universidad de Florida, Universidad de Pensilvania, Universidad de Florida del Sur, entre otras.



Guía de Singapur



Universidad de Pensilvania



Universidad de Florida



Ilustración 13 Planes de ejecución de universidades/ Ilustración: internet¹³

El plan de ejecución BIM, es un documento de suma importancia dentro del proyecto, ya que en él se definen los usos apropiados para BIM (por ejemplo: de auditoría de diseño, estimación de costos y la coordinación de diseño), junto con un diseño detallado y la documentación del proceso de ejecución BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Puesto que no hay un único método para la aplicación de BIM, el plan de ejecución BIM es un documento que se crea de manera muy específica y particular para el proyecto y empresa en el que se pretende ejecutar, es decir no existe un BEP que sirva para todos los proyectos o para todas las empresas ya que, aunque las necesidades pueden ser las mismas, cada una tendrá distintas particularidades.

El plan de ejecución BIM debe de ser elaborado en las primeras etapas del proyecto por un equipo de planificación. Este equipo debe de estar formado por los representantes principales de todos los miembros del equipo del proyecto, incluyendo al propietario, diseñadores, contratistas, ingenieros, gerentes, etc.

¹³ <https://es.linkedin.com/pulse/que-es-un-bep-bim-execution-plan-javier-camposc%C3%A1mara>

El plan BIM debe abordar las siguientes categorías de información:

1. Información del Proyecto.

- El plan debe de incluir la información del proyecto como: ubicación, descripción, sistema constructivo y características del mismo.

2. Datos de Contacto.

- Como parte de la información de referencia el plan debe de incluir los contactos con información personal como: numeros telefonicos y correos, del personal que es clave en el proyecto.

3. Objetivos BIM.

- En esta sección se debe de documentar el valor estratégico y específico para lo que se va a utilizar BIM, debe de responder a la pregunta: ¿Qué se pretende obtener con el modelo?.

4. Roles Organizacionales/ Personal.

- Organigrama del personal que va a intervenir, roles y procesos de los cuales estaran encargados.

5. Diseño del Proceso.

- Se debe de ilustrar claramente el proceso de ejecución a través del uso de mapas de procesos del modo en el cual se va a crear y alimentar el modelo con los diferentes agentes participantes.

6. Intercambios de Información.

- Formatos de archivo de modelo para intercambio de intormación, reporte de colisiones, planimetrías, formato para visores, etc.

7. Requerimientos del Facility.

- Requerimientos del mantenimiento y exportación para administración del modelo.

8. Procedimientos de Colaboración.

- Sistema de trabajo entre el equipo de colaboradores, permisos de modificación, plataformas para transferencia y publicación de información.

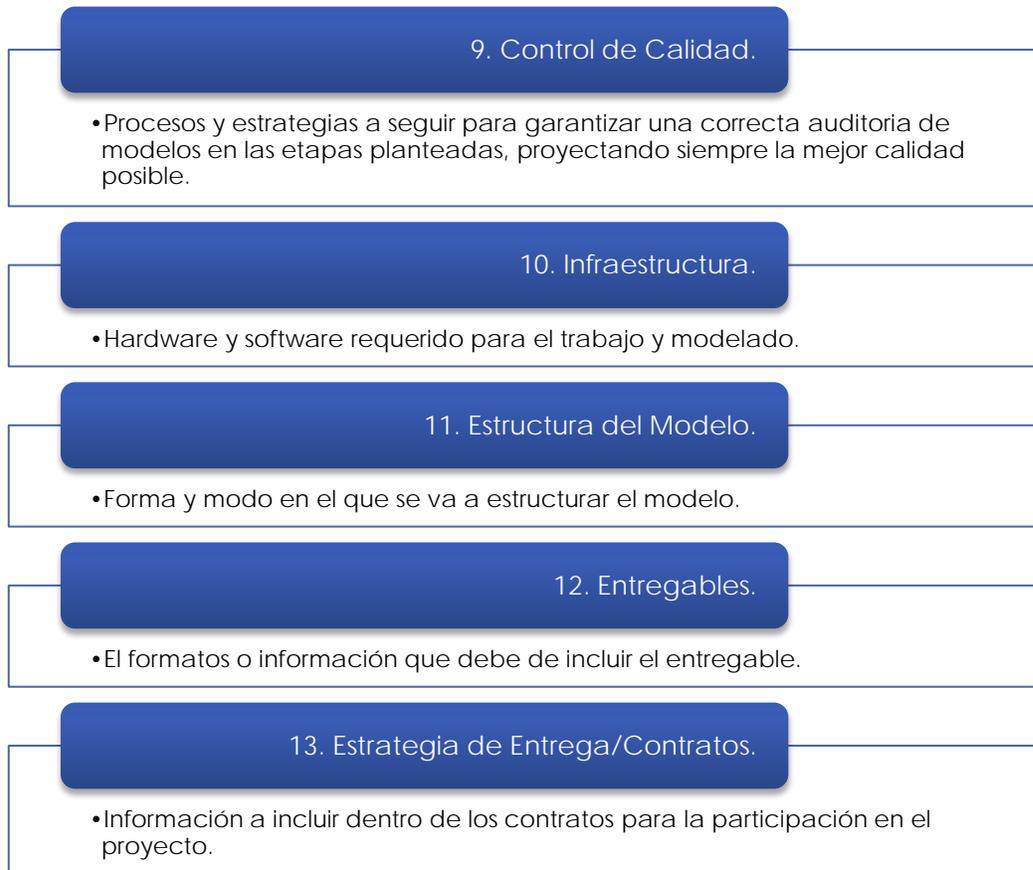


Ilustración 14 Categorías de un BEP / Ilustración: propia

2.2.7 BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE IMPLEMENTAR BIM

Esta metodología permite mejorar diversos aspectos del proceso de construcción. A continuación, se describen algunos beneficios de implementar BIM en los proyectos:

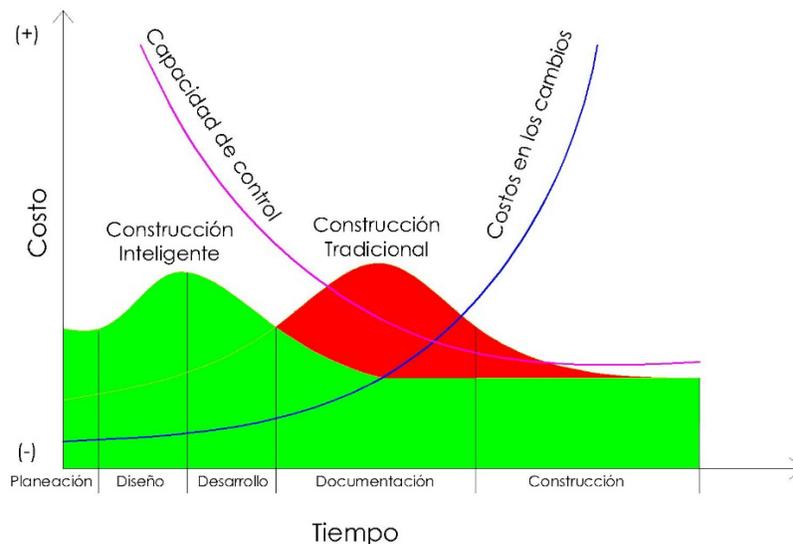
- **Mejor visualización del diseño:** un modelo 3D representa claramente el proyecto y permite la visualización de sus características a diferencia de un modelo 2D, resulta ser más entendible y con una proyección más real en cuanto a espacios y detalles los cuales son de suma importancia para la fase inicial de diseño.
- **Flujo de información actualizada y mejorada:** los arquitectos, ingenieros de MEP, contratistas, administradores de instalaciones y propietarios pueden acceder al modelo digital en diferentes fases del ciclo de vida del proyecto para agregar, extraer o modificar información y compartir en tiempo real la información actualizada a todos los participantes.

- **Mejora en la estimación de costos:** ya que, al tener el modelo actualizado en tiempo real, se tiene un indicador más preciso en las estimaciones de costos.
- **Reducción de los costos de construcción:** la detección de interferencias en el modelo BIM antes de la construcción sirve en gran medida para reducir o eliminar la necesidad de cambios en campo que no estaban contemplados en los alcances del proyecto y que sin duda generan re-trabajos y sobrecostos innecesarios.

Sin embargo, existen desventajas que si bien no son mayores que las ventajas descritas anteriormente se comentan a continuación:

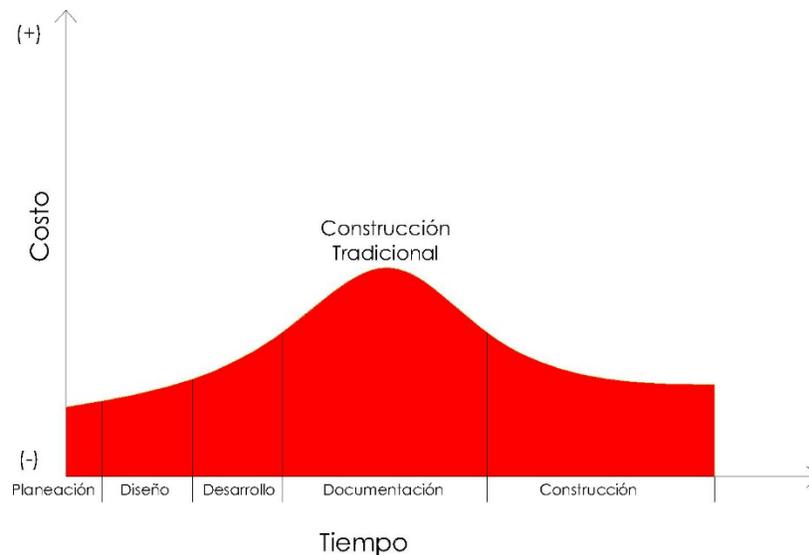
- **Carga de Trabajo:** anteriormente la carga de trabajo estaba en la fase de ejecución, pero con el uso de BIM esta carga estará en la fase de diseño, esto significa que el proceso de construcción necesita ser adaptado a estos cambios, aunque también es un beneficio si se ve por el lado del costo ya que los costos en los cambios de diseño son mucho más bajos que en la fase de ejecución.
- **Costos de la implementación:** En primer lugar, el software que se requiere comprar, posteriormente, el personal que necesita ser capacitado o incluso contratado, y también el entorno de trabajo como computadoras y accesorios que podrían también ser cambiados.

Comparando la metodología tradicional para diseño y construcción vs una metodología BIM se puede observar diferentes variantes en las cuales se observarán los beneficios y desventajas antes mencionados. En la Gráfica 1 se muestra la Curva Macleamy o la Curva de Esfuerzo (Effort Curve), en esta gráfica se compara una construcción tradicional evaluando el tiempo y el esfuerzo en diferentes fases como son: (1) la planeación, (2) el diseño, (3) el desarrollo, (4) la documentación y (5) la construcción .



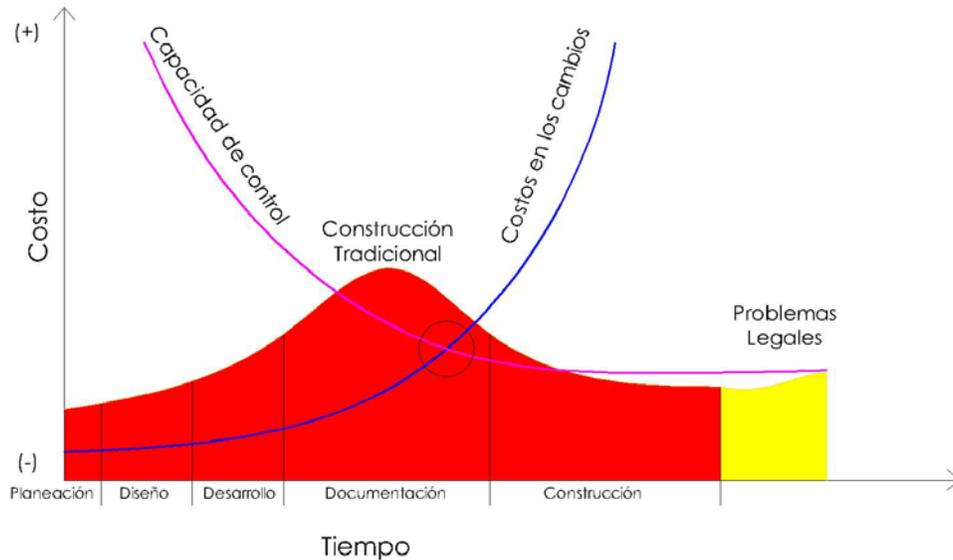
Gráfica 1 Effort Curve o Macleamy curve, Patrick Macleamy, 2004 / Ilustración: propia

Desglosando la Gráfica 2, se observa que en el método tradicional un despacho de arquitectos por ejemplo al realizar un edificio invierte menos tiempo en la planeación y diseño (1 y 2), por lo tanto, el esfuerzo no es tan grande si se compara en la parte de la documentación (4), la cual se refiere a procesos administrativos y legales de la obra, como puede ser: la licitación del edificio, finalmente el proceso termina en la construcción del mismo con mayor tiempo pero con un esfuerzo constante a lo largo del periodo de construcción (5).



Gráfica 2 Construcción Tradicional

En la siguiente Gráfica 3 se presentan dos líneas **Ability to Control Cost** y **Cost of Design Changes**, en español se pueden traducir como la capacidad de controlar los costos (A) y costos en los cambios del diseño (B) respectivamente, se puede interpretar de la siguiente manera: al inicio del proyecto el control de cambios resulta ser muy bueno, por ejemplo podemos cambiar la dimensión del edificio ya que se tiene un diseño esquemático por así decirlo que se puede cambiar fácilmente en cuestión de minutos en un software por ejemplo AutoCAD o Revit, a medida que avanza el proyecto el control de cambios resulta ser más complejo, por ejemplo: en la etapa de documentación por que conlleva cambiar diferentes aspectos del proyecto y los profesionales implicados en este cambio son mayores que en la etapa inicial, observando la línea del costo en los cambios de diseño, es evidente que al inicio estos costos resultan ser pocos a comparación de la etapa de construcción que significarían ser los más altos por obvias razones, finalmente, si los cambios no se han resuelto en la intersección de ambas líneas el proyecto fallará en cuestión de factibilidad, y conllevará a un proceso difícil de construcción y podría terminar en problemas legales.

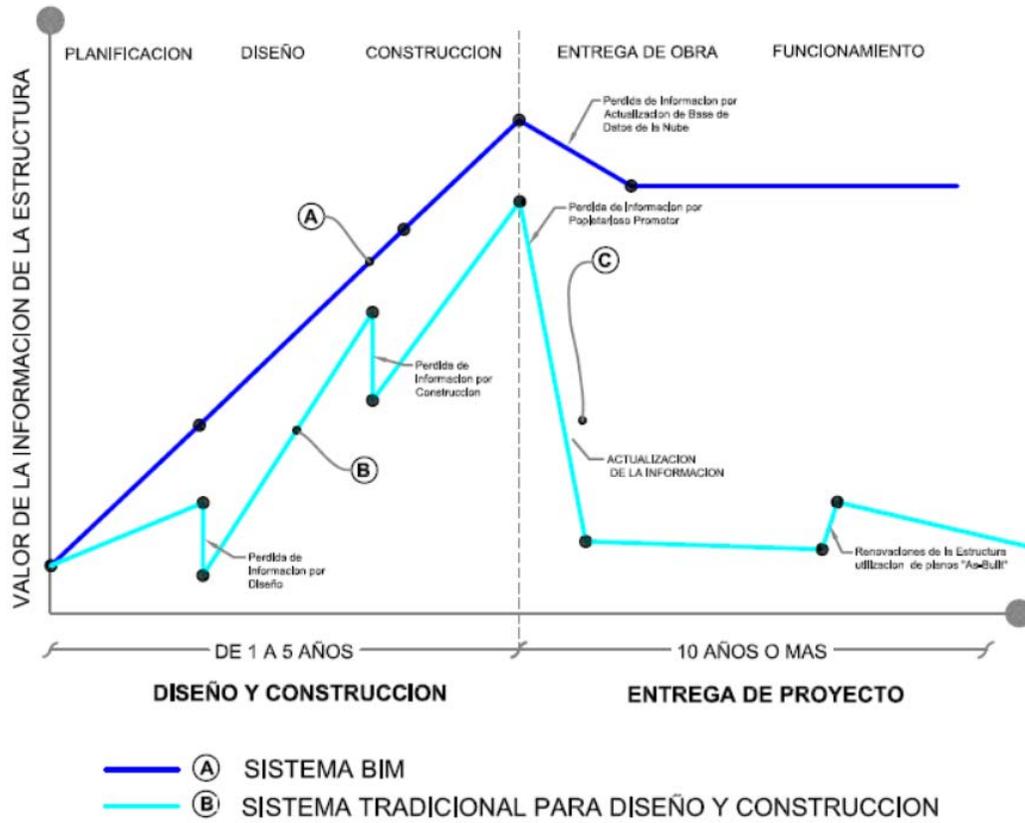


Gráfica 3 Construcción Tradicional, control de costos y cambios de diseño

Comparando este proceso tradicional con un diseño inteligente utilizando metodologías como por ejemplo BIM, retomando la Gráfica 1 el esfuerzo cambia al inicio del proyecto específicamente en la etapa de diseño generando más alternativas de prueba y por lo tanto menos esfuerzo en las otras etapas, esto es posible por los software tridimensionales que existen donde se puede tener una coordinación más precisa e interacción en tiempo real de los cambios, necesidades y omisiones que puedan existir en el proyecto en tiempo real.

De acuerdo con la siguiente gráfica presentada en el libro BIM HANDBOOK segunda edición 2011, se comparan las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio en un proceso tradicional vs un proceso de entrega BIM.

Se puede observar que al inicio en la etapa de Diseño y Construcción con el sistema tradicional hay diferentes pérdidas a lo largo del proyecto y que pudieran deberse en muchos de los casos a la fragmentación o separación de la información al momento de diseñar el proyecto, sin embargo, con la metodología BIM en la etapa de diseño y construcción es una línea recta donde no se consideran ningún tipo de pérdidas y que claro está que se requiere mayor tiempo en la etapa de planificación y diseño que en la metodología tradicional como se pudo explicar anteriormente, no obstante en la segunda etapa en la que se refiere a la entrega de obra se puede ver una pérdida de información por actualización de la base de datos en la nube pero no mayor a la que se presenta en la metodología tradicional.



Gráfica 4 Comparación de sistemas de un ciclo de una estructura / Ilustración: propia / fuente: EASTMAN, C. 2011

2.3 BIM EN EL MUNDO

El desarrollo de la metodología Building Information Modeling (BIM) en los últimos años ha adquirido una especial importancia en la industria de la construcción a nivel internacional, hoy en día es posible saber sobre las actualizaciones más recientes en el mundo por medio de investigaciones, trabajos de tesis, videos y conferencias.

A continuación, se muestran algunos antecedentes relacionados con el tema de investigación que han sido realizados en otros países principalmente, ya que a la fecha se han encontrado escasos documentos realizados en México, no obstante más adelante, se hace mención de ellos.

- En la publicación del National BIM Report del año 2016, el Arq. Stefan Mordue consultor de soluciones empresariales de NBS¹⁴, presenta la tabla periódica de BIM Inspirándose en la tabla periódica tradicional, la cual es un guía visual de los términos y conceptos claves que considera necesarios para iniciar el camino hacia la adopción de BIM en una empresa.

En esta tabla se presentan los siguientes elementos, los cuales el implementador puede optar como actividades que agregaran valor a la implementación en la empresa o proyecto:

- Estrategia: la cual encabeza el número 1 de esta tabla periódica.
- Cimientos: se refiere a las bases que se tienen que poner en práctica para tener una comunicación, un intercambio de información y una transferencia de datos eficiente.
- Colaboración: se trata de desarrollar maneras más eficientes de trabajar, considerando herramientas digitales, actitudes del personal... etc.
- Proceso: la comprensión de los procesos que actualmente se producen en la empresa permitirá mejorar en el ciclo de vida del proyecto.
- Gente: es necesario proporcionar una comunicación efectiva con los profesionistas en cuanto a ¿Por qué? Y ¿Cómo? Se va a implementar BIM.
- Tecnología: se refiere a que el hardware que dispone sea el adecuado para apoyar los fines y objetivos BIM en cuanto al software que se requiere.
- Normas: llegar a conocer las normas, procedimientos y documentos complementarios disponibles ayudaran con la estrategia y colaboración BIM.
- Herramientas: se refiere a evaluar el software que es necesario para cumplir los objetivos BIM en la corporación.
- Recursos: evaluar antes de realizar una inversión que herramientas podrían estar disponibles de forma gratuita, como libros, informes, o tutoriales o documentales en internet.

¹⁴ NBS: National Building Specification www.thenbs.com

El estudio SmartMarket Report: THE BUSINESS VALUE OF BIM in North América (2007-2012) elaborado por McGRAW HILL CONSTRUCTION da a conocer el uso y la implementación de BIM en las empresas de Norte América, así como el manejo en los usuarios y las fases en las cuales se obtiene más beneficio de BIM.

El SmartMarket Report señala que los ingenieros encuentran que dentro de los principales beneficios de BIM en el año 2012 es: mantener los negocios (50%), mercados nuevos de negocios (43%), ofrecer nuevos servicios (43%), reducir errores en la documentación (34%) y reducción de re trabajos (26%).

PRINCIPALES BENEFICIOS DE BIM PARA LOS INGENIEROS (2009 AL 2012)



Ilustración 16 Beneficios para los Ingenieros / Fuente: SmartMarket Report 2012 / Ilustración: propia

2.3.1 BIM EN AMERICA LATINA

La implementación de BIM en proyectos de construcción en Latinoamérica no es homogénea, es decir, como sabemos en algunos países el proceso de adopción es más rápido que en otros.

BIM EN LATINOAMÉRICA 2018



Ilustración 17 BIM en América Latina / Fuente: EDITECA 2018 / Ilustración: Propia

Países como Chile, Colombia y Perú donde BIM se encuentra en pleno auge, las universidades ya han incluido dentro de sus programas académicos enseñar software tecnológicos que involucran la metodología BIM, un caso particular es Chile ya que con el plan de Construye2025 el cual adoptan un nuevo desafío como país para incrementar la producción, eso significa que se pondrán de acuerdo el sector público, privado y académico para transformar la forma de construir en Chile.

Perú cuenta con un congreso Internacional BIM que es el encargado de custodiar que año tras año se cumplan los estándares de calidad de esta nueva tecnología, así como de apoyar a las empresas para que se beneficien de todas las ventajas que presenta el BIM para la industria peruana.

El caso de Ecuador, Panamá, Venezuela y Argentina, BIM está en proceso de desarrollo, ya que solo las empresas grandes han sido capaces de asumir una implementación completa en los procesos de diseño, y en países como Ecuador se aplica básicamente a un nivel de empresa privada, aun no existe una política que gestione o de luces sobre la necesidad o implementación de soluciones BIM.

2.3.2 ESTADO DE BIM EN MÉXICO

Actualmente las empresas en México, tanto públicas como privadas y el sector académico, se comienzan a interesar en la metodología BIM, incorporando, en el caso del sector académico materias y cursos, en el sector de la construcción realizando obras públicas y privadas, así como congresos, foros y participando en la elaboración de una norma mexicana para la correcta ejecución y aplicación de BIM.

- PROYECTOS REALIZADOS EN MEXICO CON BIM.

De algunos proyectos a gran escala:

No	Proyecto	Ubicación	Tipo	Estado	Fecha
1	Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México [NAICM]	Estado de México	Público	En construcción	
2	Torre Chapultepec Uno	Ciudad de México	Asociación Público Privada	En construcción	
3	Torre Reforma	Ciudad de México	Asociación Público Privada	Completado	Feb-2016
4	Liverpool [85 almacenes y 16 centros comerciales]	En toda la República Mexicana	Privado	Implementa BIM desde 2010	
5	Estadio BBVA BANCOMER	Nuevo León, México.	Privado	Completado	Jul-2015
6	IMSS [INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL]	En toda la República Mexicana	Pública	Implementa BIM desde 2015	

El cuadro presenta datos de junio 2018

Tabla 4 Proyectos BIM en México

A continuación, se describen los usos BIM de algunos de ellos:

- a. El NAICM o Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAIM) es un aeropuerto que está siendo construido en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco a 15 km del centro de la Ciudad de México. La construcción se ha venido coordinando con BIM en la planificación y cuantificación de las estructuras que lo conforman, como es en el caso de los foniles, que son estructuras que permitirán captar el agua pluvial y aprovechar la energía del viento, además de soportar toda la cubierta, que más allá de los foniles no tendrá otro sostén, por lo tanto, requieren en su fabricación la mayor precisión y coordinación posible.



Ilustración 18 Foniles NAICM / Ilustración: internet

El nivel de desarrollo para lo cual se está modelando la fabricación de estructuras de acero como los elementos de montaje, tuercas, tornillos, uniones entre elementos, placas de anclaje Etc. Es un LOD 400 y el proceso de producción se presenta en la Ilustración 21

- b. Central de Servicios la Raza. El nivel de desarrollo en el que se modeló fue con un LOD 400 y uno de los usos prioritarios de BIM en este proyecto fue la coordinación de todas las especialidades tanto en el modelo como en su construcción, además de la precisión de la cuantificación en el catálogo de conceptos.



Ilustración 19 Modelo BIM en Revit, Central de Servicios La Raza / Ilustración: internet

Uno de los objetivos BIM a mediano plazo del IMSS es la Estandarización del Catálogo de Conceptos de Obra, esto le permitirá entregar a los contratistas un catálogo con todas las familias que podrán utilizar donde estas familias tendrán todos los parámetros para poder generar un catálogo unificado de conceptos que disminuirá significativamente los tiempos en el proyecto ejecutivo y en la construcción.

INFORMACIÓN DE LA FAMILIA

Revit

- El nombre de las familias va nombrado con mayúsculas y minúsculas.
- El contenido de identidad de las familias va escrito con mayúsculas.
- Los parámetros de las familias pueden ser mayúsculas y minúsculas.

CLASE: LA CLASE DEBE SER LA ESPECIFICADA EN EL CÓDIGO DE CONCEPTOS DE OBRA (C.O.) CORRESPONDIENTE AL MATERIAL O AL CONCEPTO DE OBRA (C.O.) DEL ELEMENTO.

ESPECIFICADO: SE DEBE CLASE CORRESPONDER A LAS ESPECIFICACIONES DEL CÓDIGO DE CONCEPTOS DE OBRA (C.O.).

MEMBRE: (Mayúsculas y minúsculas) el nombre de la familia va escrito con mayúsculas y minúsculas.

CONTENIDO DE LA FAMILIA: EL CONTENIDO DE LA FAMILIA DEBE SER EL MENCIONADO EN LA TABLA DE CONCEPTOS DE OBRA.

CLASE: LA CLASE CORRESPONDER AL MATERIAL O AL CONCEPTO DE OBRA (C.O.) DEL ELEMENTO.

Nombre de familia: **OC_00_Puerta Sencilla_DO**

Categoría: **PT-09**

Parámetros por Tipo

Parámetro	Equivalencia	Valor asignado	Predefinido de Revit	Parámetro compartido	Observaciones
Construction (Construcción)					
Función	Función	Interce - Interce			
Materials and Finishes (Materiales y acabados)					
Acabado en Puente	—	PAVIMENTO			
Acabado en Concreto	—	ACRIL			
Acabado en Cerámica	—	ACERAMICA			
Acabado en Aluminio	—	ALUMINIO			
Dimension (Dimensiones)					
Alto	Alto	2.80 m			
Ancho	Ancho	0.90 m			
Identity Data (Datos del elemento)					
Descripción	Descripción	PUERTA DE PISO DE ALUMINIO CON ACABADO EN ALUMINIO			
Comentarios	Comentarios	PUERTA DE PISO DE ALUMINIO CON ACABADO EN ALUMINIO			
Modelo	Modelo	REVIT			
Manufactura	Material	FORMADO EN ALUMINIO			
Material	Clase	ALUMINIO			
Carácter	—	VALOR ASIGNADO			
Acciones D1	—	REEMPLAZAR CON ALUMINIO			
Acciones D2	—	REEMPLAZAR CON ALUMINIO			
Acciones D3	—	REEMPLAZAR CON ALUMINIO			
Acciones D4	—	REEMPLAZAR CON ALUMINIO			
Parámetros por Instancia					
Material	Material	ALUMINIO			

Ilustración 20 Catálogo Unificado de Conceptos, Estandarización / Ilustración: internet

De Proyectos a menor escala se sabe de construcciones como:

- Torre Manacar, la cual está ubicada en CDMX,
- Museo Soumaya donde a través de BIM se solucionaron diversos temas como el diseño, procesos de fabricación y coordinación,

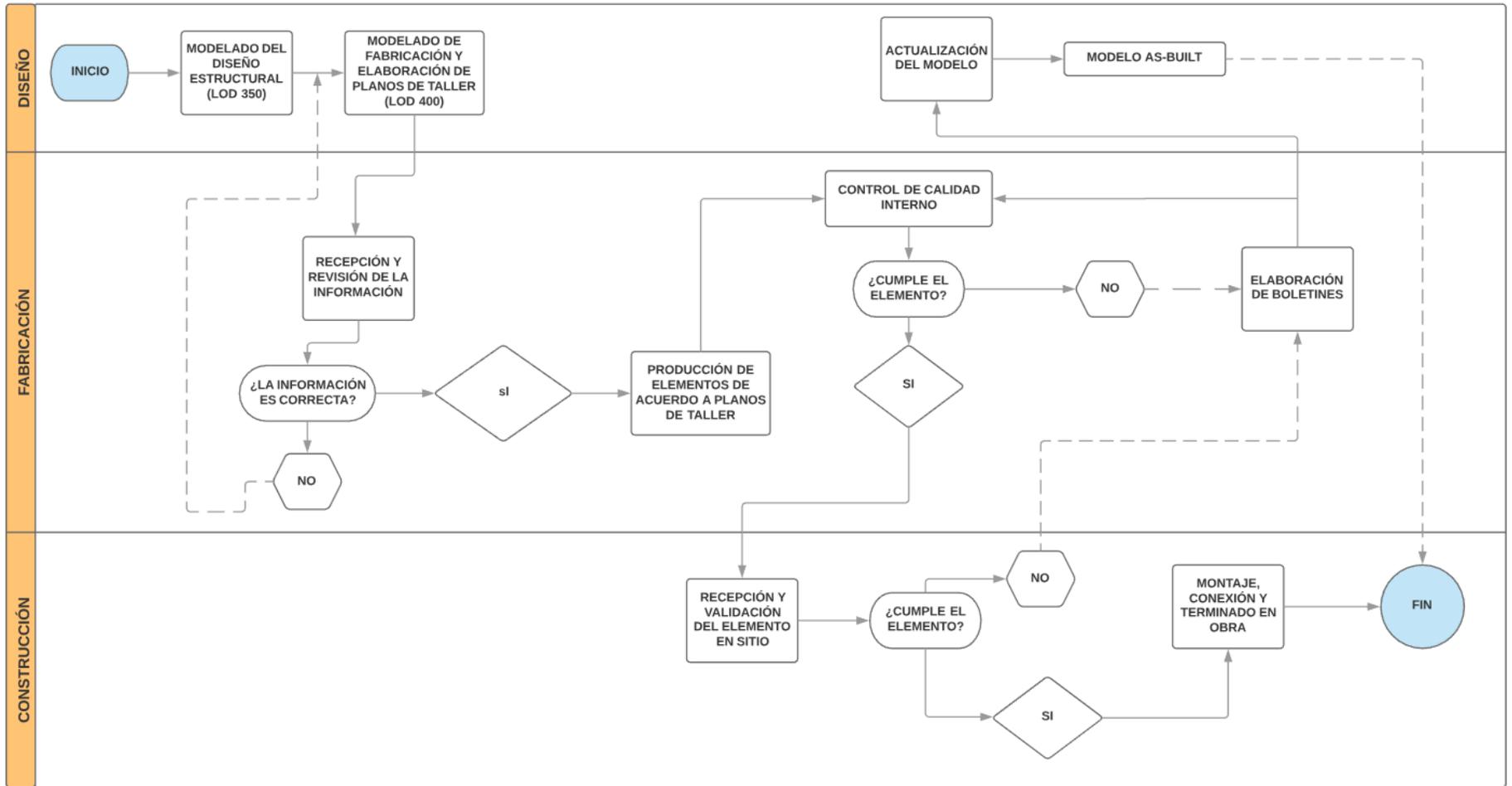


Ilustración 21 Flujo de vinculación del modelo al proceso de producción / Ilustración: propia

2.3.3 BIM FORUM MÉXICO

BIM FORUM MÉXICO es un grupo de trabajo, integrado por diferentes grupos de interés que integran la industria de la construcción y que desean acelerar el proceso de la adopción de BIM en México.

Esto lo pretenden lograr realizando lo siguiente:

- Haciendo que las universidades tengan cursos obligatorios en materia BIM y el software
- Ofreciendo capacitación y actualización a los profesores
- Haciendo que la norma BIM NMX sea de carácter obligatorio para las empresas para poder establecer estándares de calidad mínimos.



Ilustración 22 BIM fórum México / Ilustración: <http://bimforummexico.mx/>

2.3.4 ENCUESTA NACIONAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN MÉXICO

Esta encuesta fue realizada por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción [CMIC] del 16 de enero al 13 de febrero del año 2017, y fue realizada a las empresas que están afiliadas a ella.

A continuación se presenta un resumen y un análisis general de las respuestas.

- Para el año 2017 el 58% de las empresas no sabían que era BIM y cómo implementarlo
- Las empresas utilizan BIM más para Arquitectura teniendo un 29% seguido de Ingeniería con un 17%
- Los software BIM con mayor uso dentro de las empresas es Revit con un 33% seguido de AutoCAD Civil 3D con un 21%
- En los proyectos que más han utilizado Modelos Digitales es en la Edificación con un 17% seguido de la infraestructura carretera con un 8%
- Las empresas argumentan que el uso mayor de BIM es para Planos Generales o Modelos en 3D

- El principal beneficio que tienen las empresas en utilizar los Modelos Digitales es: disminución de omisiones, inconsistencias y errores en el diseño con un 25%, seguido de ahorro en tiempo de ejecución con un 13%
- Las empresas argumentan que la principal motivación para usar BIM es por iniciativa propia teniendo un 56% seguido de requerido por licitación pública con un 11%
- Las empresas consideran que el mayor beneficiado en el uso de BIM son los constructores con un 23% seguido de los Arquitectos con un 22%
- Para el año 2017 las empresas opinan según la gráfica siguiente que el 53% de los constructores nunca habían oído de BIM, el 52% de los Ingenieros tienen una idea de que es BIM y el 58% de los Arquitectos lo utiliza sin ningún problema.



Gráfica 5 Conocimiento de Modelos Digitales Fuente: internet¹⁵

- La principal razón para no usar BIM según las empresas encuestadas es que las licencias y el equipo son muy caros con un 31%, seguido de que no tienen un personal debidamente calificado con un 23%
- Las empresas argumentan que los elementos que les hacen falta para implementar BIM son cursos y capacitación con un 39% y equipos PC y software con un 18% entre las razones más destacadas.

¹⁵ https://issuu.com/lidiamr0/docs/resultados_encuesta_bim

2.3.5 ESTRATEGIA DEL BIM PARA MÉXICO

El informe que tiene por nombre “Estrategia del BIM para México” fue elaborado por Arcadis¹⁶, a nombre de la Embajada de Reino Unido en la Ciudad de México, la versión 1.0 fue terminada en 09/03/2016, este informe que habla principalmente de recomendaciones para implementar BIM en México, está basado básicamente en la experiencia que tiene Reino Unido trabajando con BIM y el objetivo primordial es compartirlas con México, de manera que se tenga una perspectiva practica y detallada sobre los problemas que deben de considerarse en una implementación para que sea exitosa.

En este informe contiene lo siguiente:

- Generalidades de BIM y Estrategias de Implementación
- Una descripción de la propuesta de valor para que el BIM que este alineada con la práctica actual del BIM en México
- Recomendaciones para el desarrollo de una estrategia de BIM para México
- Un análisis de la disponibilidad del BIM en México
- Casos prácticos que describen la implementación del BIM en Reino Unido
- Un análisis de la estrategia del BIM para Reino Unido, así como su implementación
- Un análisis detallado de las implicaciones de la experiencia de Reino Unido con respecto a la estrategia del BIM para México.

Las recomendaciones que este informe presenta se han elaborado de acuerdo a los casos y opiniones de éxito en Reino Unido y en México. El objetivo de este informe es ayudar a los innovadores mexicanos de BIM a expeditar la adopción BIM y apoyar en la creación de soluciones de tecnología, procesos y cultura que permitan que los usuarios del BIM en México aseguren mayores beneficios a partir del intercambio y el uso de la información. (Estrategia del BIM para México 2016).

Las recomendaciones para la Implementación de BIM son las siguientes:

- i. **Recomendación 1**
“Enfoque en victorias con BIM, las cuales ofrezcan beneficio inmediato a los usuarios y a los clientes y que fomenten una adopción más extendida”
- ii. **Recomendación 2**
“El contenido de la estrategia debe considerar tecnología, proceso y cultura”
- iii. **Recomendación 3**
“La estrategia BIM debe atender los intereses y las necesidades específicas de los clientes y proveedores”
- iv. **Recomendación 4**
“Crear una fundación para el trabajo colaborativo. Deben desarrollarse procesos y normas para facilitar un mejor intercambio de información por

¹⁶ Empresa de consultoría en diseño, ingeniería y gestión con sedes Zuidas, Ámsterdam y países bajos.

parte de equipos de proyectos, así como aumentar la productividad del ramo”

v. Recomendación 5

“Los clientes del sector público deben de planear y desarrollar con anticipación las habilidades para definir y usar los datos que se tienen en el BIM”

vi. Recomendación 6

“La implementación de la estrategia BIM debe ser una consideración principal; las recomendaciones deben ser asequibles”

vii. Recomendación 7

“Una estrategia de BIM para México debe realizarse en fases, lo que permite tener tiempo suficiente para el desarrollo de habilidades, capacidades y procesos para que puedan alcanzarse el completo potencial de BIM”

2.3.6 NORMATIVIDAD

Actualmente en México existe la Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017 Industria de la Construcción – Modelado de Información de la Construcción Especificaciones – Parte 1: Plan de Ejecución para Proyectos, habla del modelado de información de la construcción, la cual se publicó en el Diario Oficial Federal el día 12 de julio de 2017.

Esta norma fue preparada por el Comité Técnico de Normalización de Productos, Sistemas y Servicios para la construcción ONNCCE y en su elaboración participaron diferentes empresas como: Alianza Fidem A.C., Autodesk México S.A. de C.V., Bentley Systems de México S.A. de C.V., Facultad de Ingeniería de la UNAM, Tecnológico de Monterrey, Graphisoft México, entre otras.

Este Anteproyecto de Norma Mexicana es la primera parte de una serie de especificaciones que establecen las bases para coordinar la implementación del modelado de información entre los diferentes actores del sector.

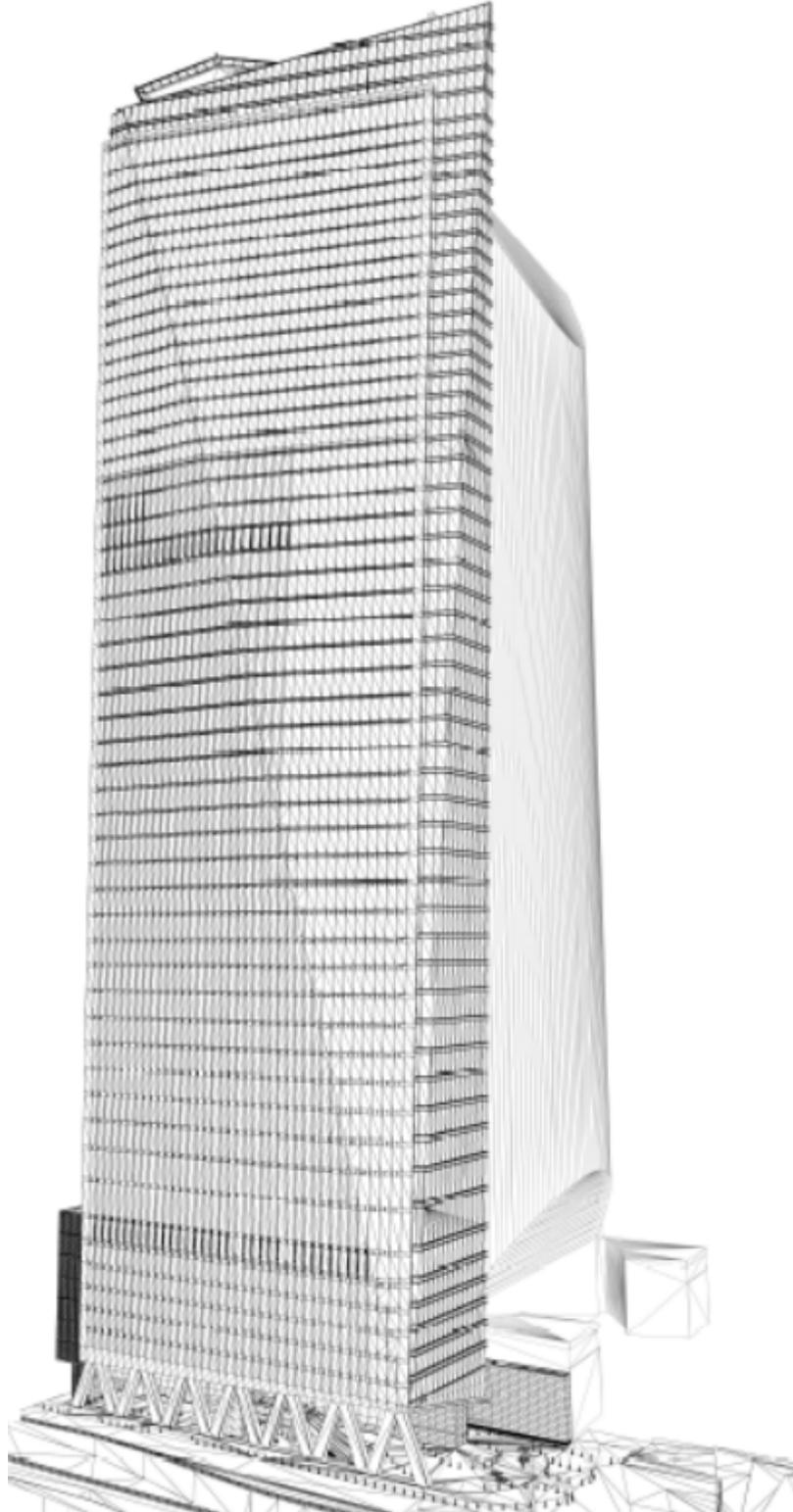
Su objetivo es establecer las especificaciones para implementar el modelado de la información en proyectos a través de la elaboración y seguimiento de un plan de ejecución.

La norma es aplicable a nivel nacional y en proyectos que implementen el modelado de información, ya sean de edificación o infraestructura, públicos o privados, y en cualquier etapa de su ciclo de vida.

2.4 CONCLUSIÓN CAPITULAR

- Los costos de implementación forman una de las primeras desventajas en la implementación, no obstante, la correcta elección de herramientas digitales consistirá en definir los usos BIM y por consecuencia las necesidades del proyecto, esto nos llevará a una adecuada elección de software y disminuir estos costos gradualmente.
- La elaboración de un Plan de Ejecución requiere de un análisis particular del proyecto y de la empresa, si bien existen guías para poder realizarlo, su contenido dependerá totalmente de las necesidades y usos del proyecto en particular.

CAPÍTULO 3. CASO DE ÉXITO: TORRE CHAPULTEPEC UNO



3.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

Chapultepec Uno es un rascacielos que en el momento de la redacción de este trabajo se encuentra en su etapa final de construcción. Está ubicado en Av. Paseo de la Reforma No. 509 Colonia Cuauhtémoc, Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México, C.P. 06500.



Ilustración 23 Ubicación de Torre Chapultepec Uno / Fuente: google maps

El término de la construcción del proyecto es para finales del año 2018, tendrá una altura de 242 metros, posicionándose en uno de los edificios más altos del país.

El diseño de la torre consiste en una planta rectangular transformándose en su nivel más alto en una planta triangular, estará conformado básicamente por oficinas, residencias y un hotel.

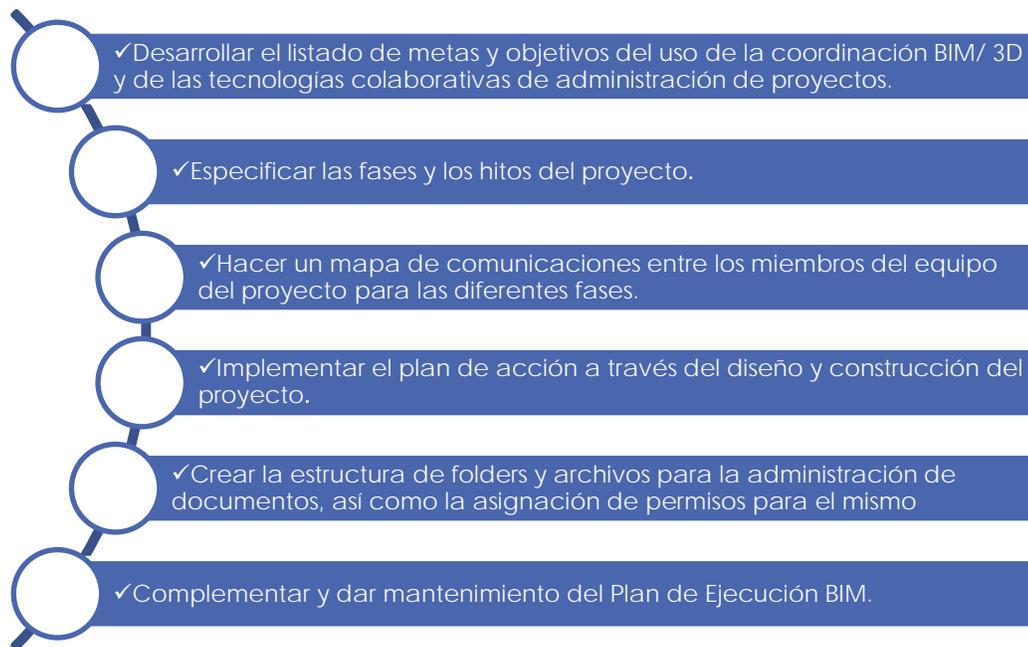
Chapultepec Uno, es un proyecto realizado con la metodología BIM en donde la empresa **Bovis México**, tiene una participación como Gerencia de Construcción, cabe mencionar que las imágenes e información referente al proyecto ha sido proporcionado por Bovis México en adelante Bovis, la cual tiene una amplia experiencia en el tema de implementación BIM en México.

3.2 PLAN DE EJECUCIÓN BIM

A continuación, se presenta el plan de ejecución BIM para la Torre Chapultepec Uno, donde se describe ampliamente las responsabilidades, alcances y herramientas del equipo BIM dentro del proyecto, cabe mencionar que algunos apartados se han modificado para proteger los derechos de autor y la identidad de los participantes.

I. Responsabilidades del Equipo del Proyecto.

El equipo del proyecto debe de incluir por lo menos una persona de cada contratista involucrado en el proyecto. Este equipo será responsable por:



En este apartado se debe de anexar una tabla donde se identifique: la compañía, el nombre, el cargo/rol, correo electrónico, teléfono de los contratistas que estarán en el equipo BIM.

II. Metas y uso de BIM.

El uso de la gestión de proyectos en colaboración con tecnologías BIM, puede ofrecer tangibles beneficios, así como intangibles.

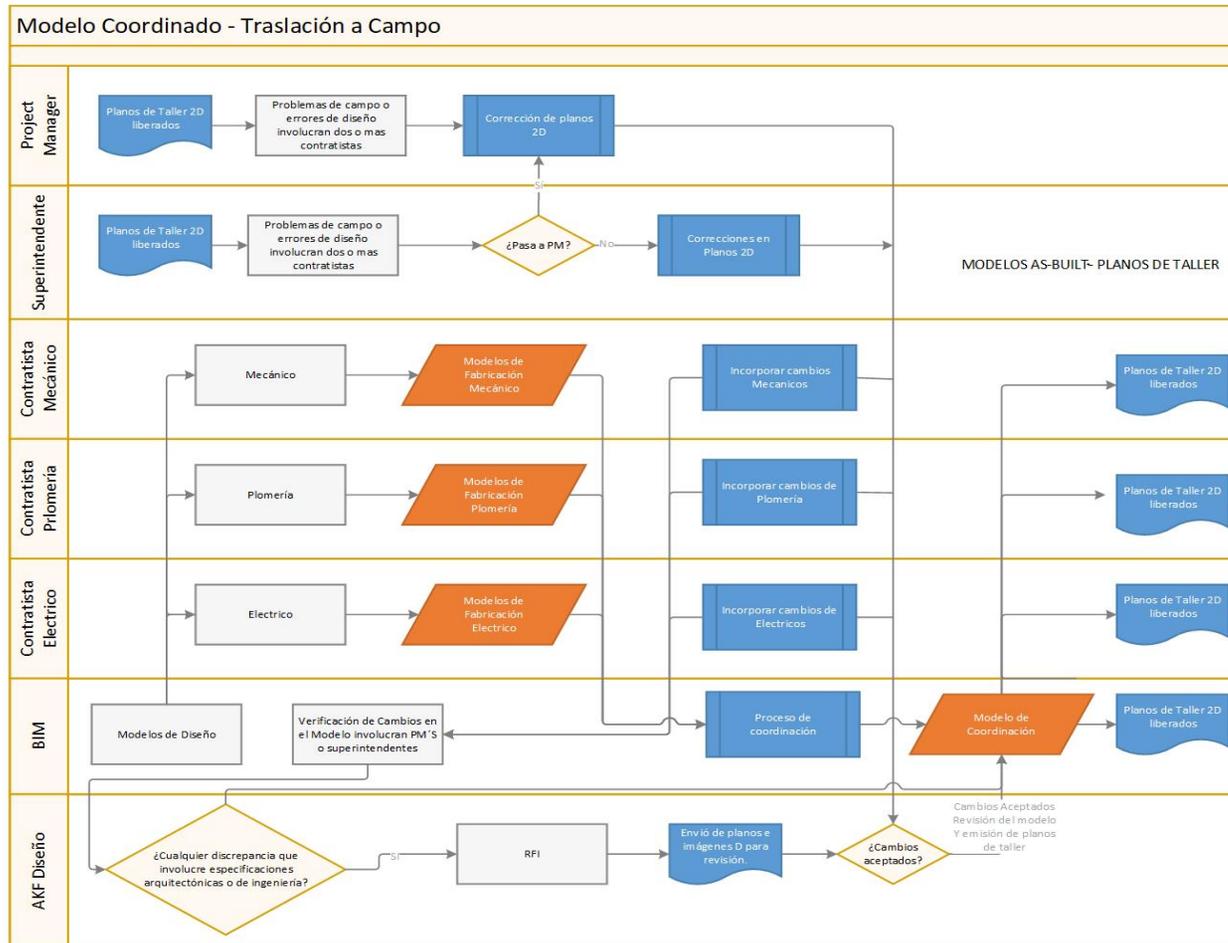
La siguiente tabla delinea objetivos iniciales del equipo para el uso de la tecnología BIM. Además de los objetivos que figuran a continuación, el modelo se utilizara para evaluar y validar el diseño y la coordinación.

Tabla 5 Objetivos BIM (A/I – Arquitectos e Ingenieros; GC – Gerente de Construcción; C – Contratista; TBD – Por Terminar)

No.	Función	Responsabilidades	MA
1	Equipo de Diseño	Promover Modelo Arq.	A/I
		Promover Modelo Estructural	A/I
		Promover Modelo MEP	A/I
		Promover Modelo Civil	A/I
		Modelos de Diseño y análisis de Interferencias del equipo de diseño.	GC
2	Visualización de Diseño.	Renders para el cliente o usuario final	A/I
		Animaciones para el cliente o usuario final	A/I
		Ambiente inmersivo para el cliente o usuario final	N/A
3	Logística 2D/ 3D	Planeación de logística	GC
		Fases de Construcción	GC
		Extracción de Cantidades	GC
4	Fabricación 3D Coordinación de Interferencias	Modelo de Cimentación de Contratista	C
		Modelo de Estructura de Contratista	C
		Modelo Civil de Contratista	A/I
		Modelo de Cimbra de Columnas	C
		Modelo de Acero de varilla de refuerzo	A/I
		Modelo MEP de contratistas	C
		Modelos de envolvente de contratista	A/I
		Modelos de envolvente de cubos de elevadores	GC
		Modelo de Soportería de contratistas	N/A
		Modelo de Muros interiores	GC
		Coordinación de zonas superiores	GC
		Coordinación en muros	GC
		Coordinación de envolvente	GC
5	3D Quality Control	Virtual Mockup	GC
		Verificación de instalación utilizando el modelo de iPad o tabletas	GC

III. Coordinación 3D y detección de interferencias.

La siguiente tabla indica los objetivos iniciales del equipo al utilizar la tecnología. Adicionalmente el modelo será utilizado para auditar, evaluar y validar el diseño y su coordinación.



IV. Plan de Modelado.

a. Responsables del Modelo

Cada participante que sea responsable de contribuir al contenido del modelo asignará un responsable del modelo para cada proyecto. Estos tendrán un número de responsabilidades, entre las que se incluyen (mas no se limitan):

Responsables del modelo.

- Transferir el contenido del modelo de una parte a otra.
- Validar el nivel del detalle y controles tal cual fueron definidos para cada fase del proyecto.
- Verificar el contenido del modelo durante la fase - Control de Calidad.
- Combinar o vincular los múltiples modelos
- Participar en la revisión de diseño y las reuniones de coordinación del modelo
- Comunicar temas pendientes a los equipos internos o de otras compañías
- Mantener las políticas de nombres de archivos.
- Administrar los controles de versión, archivos y respaldos
- Resguardar y almacenar adecuadamente los modelos en el sistema colaborativo de administración de proyectos y/o servidor

Entregas del modelo y uso del software.

- El modelo nativo deberá ser desarrollado para incluir componentes paramétricos de gran capacidad y elementos del sitio. Todos los modelos de disciplina nativos estarán vinculados al modelo nativo arquitectónico.
- La precisión del modelo federado y cada uno de sus modelos nativos se desarrollarán dentro de una tolerancia dimensional mínima de más o menos 1 " = 25 mm.
- Las aplicaciones BIM y el software para el modelado federado utilizará la versión actual del software Autodesk Navisworks.
- Navisworks (Manage, Simulate y Freedom) se utiliza para crear y utilizar modelos 4D. Todos los dibujos 2D y modelos 3D tendrán capacidad de interoperabilidad entre las plataformas de diseño, modelos IFC (Industry Foundation Class) y BIM. No se proporcionarán excepciones a menos que se especifique lo contrario en un escrito firmado por un representante autorizado de Bovis.
- El proyecto incluirá como mínimo, los modelos nativos identificados a continuación en la Tabla 3.

Dentro del proyecto, en el plan de desarrollo BIM se definen los tipos de software a utilizar dentro del proyecto:

Tabla 6 – Entregas de modelo y Uso de software (A/I – Arquitectos e Ingenieros; GC – Gerente de Construcción; C – Contratista; TBD – Por Terminar)

Disciplina	Responsable del Modelo	Contenido del Modelo*	Fases de desarrollo del modelo	Compañía desarrolladora	Herramienta de desarrollo
Archivos de contexto 2D		Topografía, servicios urbanos, superficies, componentes de estacionamiento.	Planos de licencia, documentos de construcción, planos As Built	A/I – Ingeniero Civil - Consultores	TBD**
Modelo del diseño arquitectónico y archivos 2D		Arquitectura fachada, niveles, layouts entradas, puertas, lobby, elevadores, etc.	Planos de licencia, documentos de construcción, planos As Built	A/I	Revit 2015, AutoCAD 2015
Modelo de diseño estructural y archivos 2D		Cimentación, acero estructural, concreto, sistemas de piso, losas, etc.	Planos de licencia, documentos de construcción, planos As Built	A/I – Ingeniero Estructura y Consultores	Revit 2015, AutoCAD 2015
Diseño de los sistemas MEP-PCI; archivos 2D		Ductería, líneas de alimentación, plomería, electricidad, protección contra incendio, equipos, etc.	Planos de licencia, documentos de construcción, planos As Built	A/I – MEPFP Ingenieros y Consultores	Revit 2015, AutoCAD 2015
Modelo de construcción		Input de Bovis en constructibilidad, componentes y procesos constructivos.	CD + As Built	A/E – Ingeniero en Estructura.	Tekla 2015 AutoCAD 2015
Modelo de fabricación de ingeniería mecánica – HVCA		Lamina, ductería, equipos, etc.	DD, FSD, Construcción	C	Revit 2015

Disciplina	Responsable del Modelo	Contenido del Modelo*	Fases de desarrollo del modelo	Compañía desarrolladora	Herramienta de desarrollo
Modelo de fabricación de instalación eléctrica		Iluminación, tubería Conduit, equipos, paneles, etc.	DD, FSD, Construcción	C	Revit 2015
Modelo de fabricación de instalación plomería		Plomería, equipamiento, etc.	DD, FSD, Construcción	C	Revit 2015
Modelo de fabricación de sistema PCI		Línea principal, ramales secundarios, sprinklers, etc.	DD, FSD, Construcción	C	
Modelo de coordinación		Arquitectura, estructura MEP, modelo de construcción + modelos de fabricación de subcontratistas	DD, CD + As Built	A/E	Navisworks 2016
Modelo As-Built		Modelo virtual final del edificio	Closeout	Todas las compañías	TBD
Gap Model		Gap Model	CD + As Built	Bovis	TBD
Modelo de logística		Modelo de logística	DD, CD + As Built, Construcción	Bovis	Navisworks 2016 Revit 2015

V. Precisión y Dimensionamiento.

Todos los modelos deberán estar en metros y con una tolerancia máxima de +/- 25 mm (1")

VI. Habilitadores de Objetos.

Con base en las herramientas de autor que figuran por encima de cada miembro del equipo del proyecto se tendrán que instalar los siguientes activadores de objetos con sus estaciones de trabajo.

Los activadores de objetos permiten el intercambio de datos de objetos entre múltiples paquetes de software.

- AutoCAD MEP Enabler

VII. Propiedades de los Objetos en el Modelo (Model Object Properties).

El nivel de información de la propiedad en los objetos y conjuntos de modernización deberá incluir los siguientes requisitos mínimos:

- Identificación única: Cada objeto debe de tener un parámetro de identificación único (UID) y un parámetro de nombre común que se le atribuye al modelo original.
 - El UID será pre-aprobada en forma de alfa numérico o combinaciones alfanuméricas.
 - El UID puede ser generada automáticamente, se adhiere a la nomenclatura preestablecida.
 - Una nomenclatura común se usa en todos los modelos nativos deberá ser aprobada por el director BIM antes de modelar. Ejemplos de nombres comunes son: puertas, ventanas, baño y VAV Box.
- Objeto paramétrico atributos: Los atributos siguientes se adjuntan a cada objeto:
 - Omni código de clasificación
 - Código nativo de ensamble del modelo
 - Fabricante (si aplica)
 - Número de modelo (si aplica)
- Asociación de objeto: Cada objeto se asocia, por ejemplo, ya sea con una habitación o un piso o una sección de construcción.
- Requerimientos adicionales: El equipo del proyecto deberá participar en una sesión de información para identificar bienes necesarios para el proyecto.

VIII. Coordinación del Modelo de Referencia (Model Reference Coordination).

Los modelos estarán vinculados para ensamblar el modelo completo del sitio y de los componentes del edificio. Todos los modelos respetarán y trabajarán sobre las coordenadas del modelo arquitectónico para asegurar un alineamiento consistente con las coordenadas del proyecto. El proyecto será coordinado de acuerdo a la plantilla en las actualizaciones según la sección de este documento.

IX. Nivel de Detalle del Modelado y Exclusiones.**a. Subestructura.**

- Todas las cimentaciones y elementos del sótano deben de ser modelados.

b. SHELL

- Todos los elementos de la superestructura deben ser modelados para incluir la construcción de pisos, techos, revestimientos de techos, aberturas en el techo, las paredes exteriores, exterior de muro cortina, estructuras de acero, fundición de concreto en la estructura, las juntas de expansión, pozos, puertas exteriores, ventanas y rejillas.
- Todo el concreto colado en sitio se modela como la geometría en general con todas sus penetraciones y aberturas. No se modelan losas Camber y chaflanes en las esquinas de la losa. El acero de refuerzo y embebes no se mostrarán a menos que se requiera para la coordinación.
- Todos los elementos estructurales de acero (primarios y secundarios) placas, tirantes y kickers.
- Las cubiertas de concreto y metal modelados para representar el espesor total y su masa.
- Todas las paredes exteriores deben de ser modelados para representar la composición, pero no es necesario incluir el hardware interno del objeto. Los techos se deben de modelar para indicar el grosor total de las penetraciones.
- Los techos se pueden modelar para indicar el espesor total e incluyen penetraciones.
- Todos los suelos modelados incluirán elevación adecuada, la ubicación de la pendiente y la geometría.

c. Interiores

- Todos los elementos interiores deben de ser modelados para incluir techos interiores, falsos techos, paredes, tabiques, especialidades de arquitectura, carpintería, escaleras, barandas, puertas interiores y muros cortina interior.
- Todas las paredes interiores deben de ser modeladas para representar la composición, pero no es necesario incluir el hardware interno del objeto.

- Todos los elementos interiores deben de ser modelados para representar el espesor total y la geometría sólida.
- Todo trabajo de cimbra y la carpintería deberán modelarse para representar el espesor total y la geometría sólida.
- Todos los elementos identificados en esta sección deben de ser modelados para la coordinación y no se pueden simplemente identificarse en dibujo 2D.

d. Servicios

- Todos los elevadores, ascensores, carriles móviles de caminata, y cualquier otro sistema de transporte deben de ser incluidos en el modelo.
- Los elementos de transporte deben de ser modelados para representar la composición global o envolver, pero no necesitan incluir el hardware interno asociado con el objeto, a menos que sea requerido por el proceso de coordinación.
- Elementos de fontanería:
 - i. Toda la tubería necesaria requerida para el sistema global de plomería.
 - ii. Todas las tuberías para el equipo mecánico deben de ser modeladas para la coordinación de conexión.
 - iii. Sanitarios, el acceso de los accesorios, sobre las instalaciones y áreas libres para trabajo deben de ser modeladas para la coordinación y la ubicación de la colocación.
 - iv. Todas las tuberías con 1.5" de diámetro o más grande se pueden modelar.
 - v. Todos los elementos de plomería deben de incluir áreas libres para trabajo, el aislamiento y el acceso cuando sea necesario.

e. HVAC

- Todo lo necesario calefacción, ventilación, aire acondicionado y especialidad HVAC equipos deben de ser modeladas para incluir los conductos de distribución de suministro de aire, retorno, conductos de ventilación, conductos de escape, sistemas de control, registros, difusores, rejillas y tablas de base hidráulicas.
- Todos los conductos y equipos de tratamiento de aire, perchas, soportes de acero y diversos se deberán modelar.
- El equipo mecánico para ser modelado a su altura total, la anchura y la profundidad e incluyen puntos de conexiones a otros sistemas. Zonas de acceso y permisos de código en su caso deben de ser modelado como un sólido independiente.

f. Elementos de Protección contra incendio.

- Todo el sistema de protección contra incendio debe de ser modelado como la red eléctrica, ramaleo de tuberías, válvulas, accesorios, drenajes, bombas, tanques, sensores, paneles de control y aspersores individuales.
- Zonas de acceso necesarios para las operaciones deben de ser modelados como un sólido independiente que representa el área libre total requerida.

g. Elementos Eléctricos

- Accesorios de iluminación deben de ser modelados a altura, anchura, profundidad.
- Las bandejas de cable deben de ser modelados a altura total, anchura y profundidad.
- Conductos de 1" o mayores deben de ser modelados.
- Elementos eléctricos asociados con el equipo, se deben modelar con el fin de coordinar conexiones. Enchufes e interruptores deben de ser modelados si se requiere la coordinación con los gabinetes de interiores, equipos y acabados.
- Todos los elementos deberán tener áreas libres, aislamiento y acceso. Todos los sobres de liquidación, el aislamiento y el acceso deben de ser identificados en capas separadas, agrupación, identificación o el nombre del archivo.
- Todos los elementos identificados en esta sección deben de ser modelados para la coordinación y no se pueden simplemente identificarse en un dibujo 2D

h. Equipo y Mobiliario

- Todas las piezas principales del equipo son a modelar a su geometría general e indicar los puntos de conexión en su caso.
- Mobiliario fijo y mueble móvil deben de ser modeladas en su totalidad para describir la geometría general como se requiere para su coordinación.

i. Construcciones Especiales y Demoliciones

- Todas las estructuras de la especialidad, construcción, instalaciones, controles e instrumentación son para ser modelada en su totalidad para describir la geometría general como se requiere para la coordinación.

j. Trabajos en Sitio

- Toda la obra civil y el sitio deberá incluir, como mínimo, todos los elementos que formen parte de una pulgada (1" = 2.54cm) dibujo a escala. Todas las condiciones pertinentes del sitio, planos topográficos, secciones transversales, drenajes nuevos y existentes,

aguas pluviales, alcantarillas sanitarias, servicios públicos, caminos y estacionamientos.

x. Usos Autorizados.

Cada modelo solo podrá ser utilizado para los usos identificados de LOD de dicho modelo identificado, así como se menciona en la siguiente tabla:

	100	200	300	400	500
Contenido del Modelo	Pre Factibilidad	Esquemático	Desarrollo	Diseño de Construcción	Close Out
Diseño y Coordinación: Función/Forma/ Comportamiento	Datos no geométricos, o trabajo unifilar, áreas, volúmenes y zonas, etc.	Elementos genéricos mostrados en tres dimensiones - tamaño máximo - propósito / uso - Levantamientos 3D escaneos	Elementos específicos geometría de objetos conformada en 3D - dimensiones - capacidades - conexiones - objetos nativos	Dibujos de taller y fabricación - compras - manufactura - instalación - especificaciones	As Built - actualización de documentos
Usos Autorizados					
Programación 4D	Duración total de la construcción del proyecto Fases de los elementos mayores	Escala temporal, aparición secuenciada de las actividades principales	Escala temporal, aparición secuenciada de elementos y ensambles detallados	Detalles de fabricación, ensamble y montaje incluyendo medios y métodos (grúas, plumas, monta personas, apuntalamientos, etc.)	
Estimación de Costos	Estimación de costo conceptual Ejemplo: \$/m2 de área, \$/cuarto de hospital \$/cajón de estacionamiento	Estimación de costo basada en las mediciones de elementos genéricos. PE: estructura, muros interiores, fachada, etc.	Estimación de costo basada en las mediciones de elementos específicos. PE: estructura, interiores, fachadas, etc. Según especificaciones propias del proyecto.	Precio comprometido por el ensamble específico y detallado en el proceso de concurso	Registro de los costos
Cumplimiento del Programa de Necesidades	Verificación de áreas requeridas (gross) por elemento del programa	Requerimientos de espacios específicos.	FF&E, interiores/decoración, servicios específicos (por espacio) y conexión a servicios urbanos.		

3.3 PLAN DE COLABORACIÓN – COORDINACIÓN

I. Coordinación Jerárquica de los Sistemas.

En el caso de cualquier sistema tenga una interferencia con otro sistema diferente, se aplicará la siguiente jerarquía como primer paso a la resolución:

- a. Estructura
- b. Arquitectura
- c. Ubicación y acceso a equipos
- d. Tuberías con pendiente: pluvial, sanitaria y de proceso
- e. Ductos y dispositivos de alta y media presión
- f. Tuberías principales de diámetro mayor presurizadas, válvulas y dispositivos (mayores a 2"), líneas principales de PCI
- g. Tubería Conduit mayor a 2", alimentadores eléctricos a equipos y a tableros eléctricos
- h. Charolas de cableado
- i. Tubería hidrosanitaria
- j. Tubería de HVAC
- k. Tubería de distribución de PCI
- l. Ductos de aire acondicionado de baja presión, rejillas, registros, difusores y equipos asociados (los ajustes de ubicación de estos deberán ser aprobados por el equipo de diseño)
- m. Distribución eléctrica
- n. Camisas (pasos) a través de particiones certificadas
- o. Paneles de acceso

Nota: la altura del plafón no será alterada sin previa autorización del equipo de diseño y solo después de que todas las alternativas de coordinación hayan sido agotadas. En tal caso se emitirá un escrito formal al equipo de diseño y cliente y en cuanto fuese aceptado, se procederá a elaborar la modificación.

II. Fase de Diseño / Dibujos de Taller – Fabricación.

Todos los miembros del equipo son responsables de transferir y comparar la documentación de diseño en sus modelos de contrato (según sus alcances particulares). Bovis facilitará la coordinación entre todos los subcontratistas a través de la coordinación 3D. Durante el avance del proceso, será responsabilidad de cada equipo mantener sus modelos actualizados con toda la documentación de ajustes y complementaria producida por el equipo de diseño.

Si se requiere un RFI para resolver conflictos descubiertos durante el proceso de coordinación 3D, el RFI se anotará en el modelo de Navisworks y una imagen

correspondiente del modelo se representará como parte integral del documento RFI. Si fuese posible, deberá proponerse una solución para su aprobación.

III. Mantenimiento del Modelo.

- a. RFIs
- b. Expectativas – Todos los modelos serán clarificados y actualizados según RFIs
- c. Ordenes de cambio
- d. Se simularán ordenes de cambio a través del proceso de diseño paralelo para entender / visualizar virtualmente los cambios, si los cambios son aprobados.
- e. Se integran las OCs al modelo una vez que hayan sido aprobadas.

IV. Control / Administración de Documentos.

El control de documentos será utilizado para para controlar las revisiones y modificaciones a los modelos. Todos los archivos estarán bajo un estricto control de revisiones para mantener la historia e integridad de todos los archivos. Como los archivos serán distribuidos entre todos los responsables del Modelo, una bitácora de las cargas y descargas debe ser mantenida. Al hacerlo el proceso de control de documentos debe registrar que archivos han sido distribuidos y recibidos. El proceso de control de documentos también se asocia directamente con las políticas de Mantenimiento de Carpetas, como se muestra en la siguiente sección.

V. Mantenimiento de Carpetas.

La creación de una estructura de carpetas específica se requiere y se distribuirá al equipo del proyecto. El archivo específico se mantendrá por el equipo del proyecto durante la carga de los archivos de los paquetes de coordinación. Todos los archivos se conservarán para mantener un registro histórico y la integridad de todos los archivos. El mantenimiento de las carpetas se define en general como mantener los formatos de archivos, nomenclatura y organización. Como proceso, cada carpeta definirá la jerarquía de organización, tipos de modelo, contratistas y versiones, proveyendo esencialmente la estructura principal de archivos / documentos para este proyecto.

En virtud que la precisión y fiabilidad son componentes clave para el mantenimiento, la estructura de folders deberá ser auditada cada semana para evitar duplicidades, entradas equivocadas y la organización en general.

VI. Procedimiento de Publicación del Modelo.

Cuando se publiquen archivos, se deberán seguir las siguientes reglas:

- Purgar todos los modelos por objetos no utilizados antes de ser publicados, esto incluye referencias externas, bloques, objetos, líneas guía, etc.
- Guardar el archivo en el modo vista de dibujo por defecto para reducir el tamaño del archivo.
- Borrar vistas de trabajo.
- Borrar imágenes si se han realizado renders en Revit.
- Desagrupar elementos agrupados.
- Todo el texto deberá ser localizado en un layer que pueda ser agrupado para coordinación.

Los procesos arriba descritos ayudarán a reducir el tamaño de los archivos y hará más trabajable el modelo cuando se presente a otros miembros del equipo. El equipo deberá desarrollar un checklist para ayudar en el cumplimiento de este proceso.

Checklist para publicación de subcontratistas:

- ✓ Todos los archivos de los subcontratistas deben de ser convertidos a un archivo .dwg antes de transferirse al sitio del proyecto.
- ✓ Todos los archivos .dwg de subcontratistas deberán representar únicamente el diseño y el alcance requerido para la detección de interferencias (coordinación).
- ✓ Todos los elementos secundarios o auxiliares, no deberán ser cargados en el sitio del proyecto.
- ✓ Cualquier trazo original del diseñador deberá ser removido del modelo (con el fin de evitar confusiones).
- ✓ Todos los archivos .dwg publicados al sitio del proyecto deberán estar en las elevaciones indicadas en los archivos arquitectónicos.
- ✓ Todas las líneas de diseño deberán ser removidas del archivo de manera previa a la transferencia al sitio del proyecto.
- ✓ El (los) layer (s) de texto deberán estar apagados en el archivo.

VII. Notificación de Publicaciones.

Se notificará a todos los Responsables del Modelo y al equipo central de colaboración todos los viernes, vía correo electrónico, una vez que el modelo y vínculos al modelo hayan sido publicados.

VIII. Actualización del Modelo y Programación.

El proceso de coordinación 3D será completado semanalmente. El proyecto se dividirá en las áreas de coordinación descritas a continuación. Una vez alcanzada la coordinación, todos los miembros del equipo firmarán los documentos coordinados. Será responsabilidad de cada miembro ejecutar su trabajo de acuerdo a la documentación coordinada. Cualquier objeto que no esté dentro de los documentos de coordinación, deberá ser coordinado en campo por el contratista responsable con todos los demás contratistas como se muestre en los documentos.

3.4 COMENTARIOS Y EXPERIENCIAS DEL EQUIPO BIM

“La portabilidad de los modelos es una herramienta necesaria para la supervisión de obra ya que, gracias a ella, se puede visualizar la versión correcta de cómo se va a construir y que fue lo que realmente se coordinó, en esta siguiente imagen se puede ver a la supervisión de obra verificando en el modelo el motivo por el cual se hizo esa bayoneta en obra.”



Ilustración 24 Supervisión de obra revisando en el modelo BIM / Fuente: Bovis

“El tema BIM no solo es el modelado en 3D si no, esa geometría e información que le puedas dar a las familias, para posteriormente meterlo en una máquina para que haga los dobles para poder construir los ductos, varillas, perfiles de acero etc. Y que ya no se haga en la obra, eso ahorra tiempo y costo.”

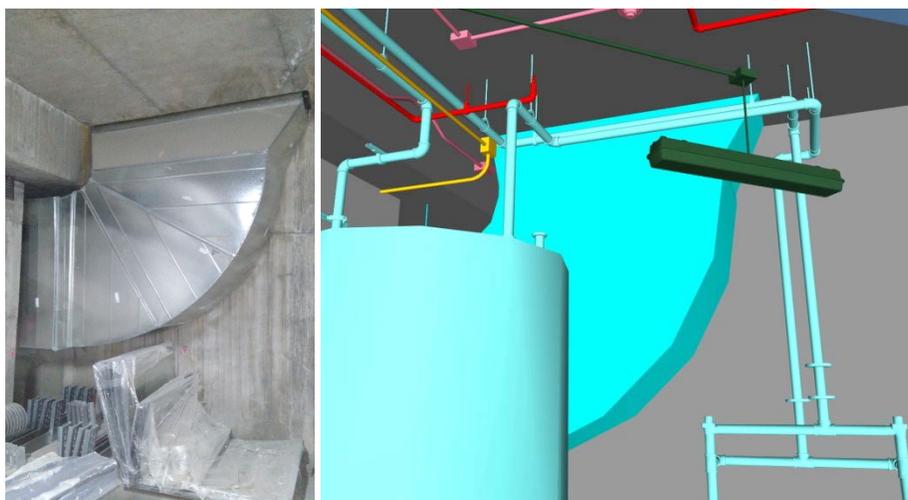


Ilustración 25 Prefabricación / Fuente: Bovis

“En las juntas de coordinación cada contratista llegaba con su modelo en una USB y se lo entregaba al Coordinador BIM y este a su vez verificaba que sea construible, si había omisiones del proyecto, o si algo andaba mal, haciendo con esto una sesión viva, pudiendo visualizar todo lo que conlleva construir un edificio.”

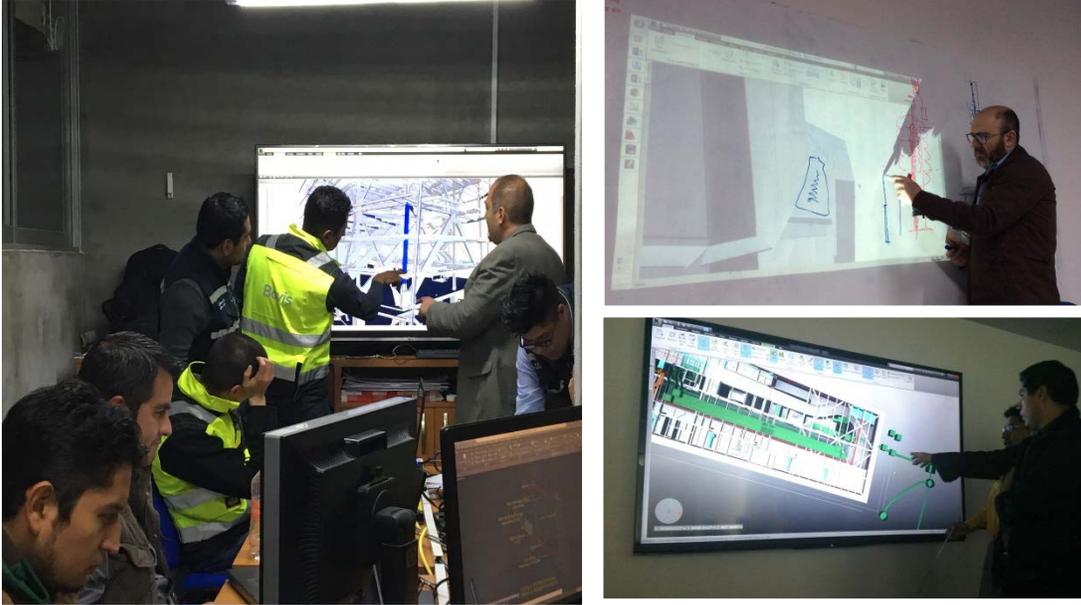


Ilustración 26 Junta de Coordinación BIM / Fuente: Bovis

“Los modelos 3D son la única herramienta digital que existe actualmente para construir virtualmente algo y sirve para hacer la versión 1,2,3,4 etc. para poder solucionar los problemas antes de construir, y seguro te ahorras mucho en tiempo y dinero”



Ilustración 27 Modelos BIM / Fuente: Bovis

“La extracción de cantidades regularmente en un flujo de trabajo convencional para sacar un costo estimado de algo, se hacía desde AutoCAD midiendo la geometría y cuantificando metros lineales, metros cuadrados etc., con BIM esa barrera ha evolucionado porque con el modelo ya se tienen las cantidades exactas de todo que realmente se va a utilizar.”

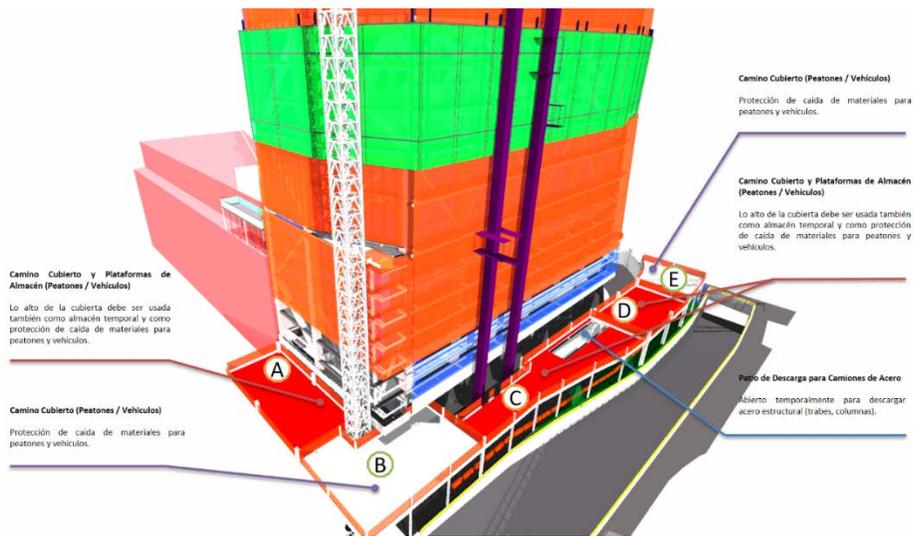


Ilustración 28 Extracción de cantidades / Fuente: Bovis

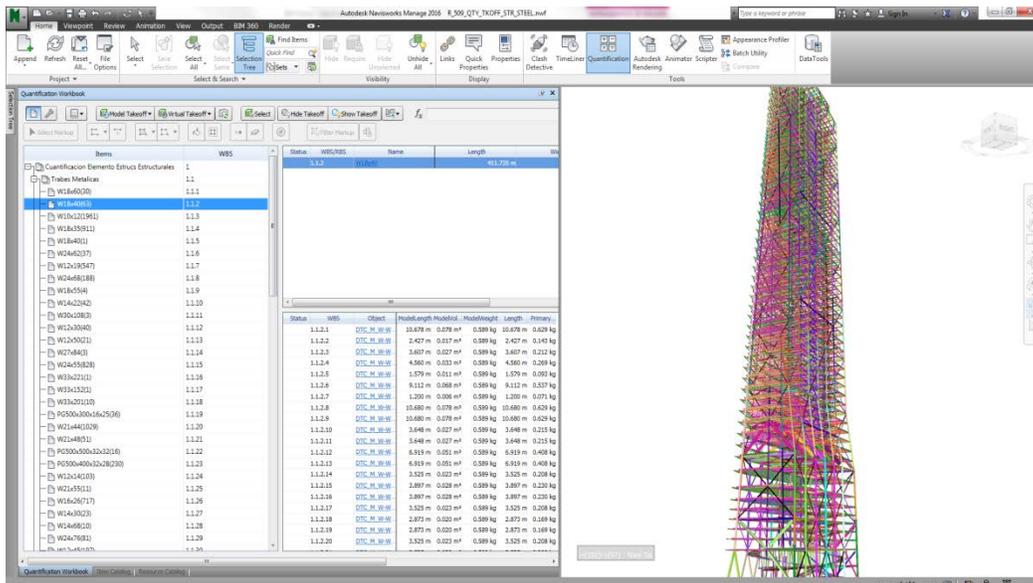


Ilustración 29 Extracción de cantidades en Navisworks / Fuente: Bovis

3.5 CONCLUSIÓN CAPITULAR

- En Torre Chapultepec la coordinación entre las disciplinas fue pieza fundamental para poder llevar a cabo con éxito este proyecto.
- El realizar un plan de ejecución del proyecto en las primeras etapas de su concepción sirvió en gran medida para guiar a todo el equipo en la ejecución, además de que marco las reglas de intercambio de información entre los agentes, así como definir los usos BIM dentro del proyecto.
- De acuerdo a los agentes que desarrollaron este proyecto, el modelar virtualmente el edificio sirvió en gran medida para resolver problemas antes de su construcción, lo cual es una ventaja competitiva por que mejoran tiempos de entrega y resuelven imprevistos antes de que puedan afectar de manera directa en el presupuesto.

CAPÍTULO 4. TRABAJO DE CAMPO: BIM EN MÉXICO



4.1 ENCUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN

4.1.1 APLICACIÓN DE LAS ENCUESTAS

Para dar soporte a este proyecto de investigación se plantea realizar dos encuestas, la primera tiene por nombre **"Implementación BIM"** y está dirigida exclusivamente a profesionistas que se sabe que actualmente desarrollan proyectos de ingeniería con esta metodología, esta encuesta se realiza con el fin de conocer sus experiencias en la implementación en los proyectos.

La segunda encuesta tiene por nombre **"BIM en México"** y está dirigida a egresados de ingeniería, profesionistas sin conocimiento y con conocimiento de BIM, y básicamente el objetivo de esta encuesta es saber el estado de conocimiento que tienen los profesionistas sobre BIM en la industria de la construcción.

Ambas encuestas fueron realizadas a través de la plataforma Google Forms y fueron difundidas a través del correo electrónico y redes sociales.

4.1.1.1 FICHA TECNICA DE LA ENCUESTA "IMPLEMENTACIÓN BIM"

Fecha de inicio:	01/mayo /2018
Fecha de fin:	30/ Septiembre / 2018
Total de días:	153 días
Medio de difusión:	Correo electrónico
Cantidad de encuestados:	60
Número de preguntas:	18

LISTA DE PREGUNTAS

Número	Preguntas	Con Conocimiento del Tema BIM
1	Mencione ¿Qué edad tiene? a. 20-30 b. 31-40	x
2	Mencione ¿En qué Estado de la República Mexicana actualmente trabaja?	x
3	¿Qué giro tiene la Empresa en la que actualmente trabaja?	x

Número	Preguntas	Con Conocimiento del Tema BIM
4	¿Qué tamaño tiene la Empresa en la que actualmente trabaja? a. Chica b. Mediana c. Grande d. Otra	x
5	¿Qué Rol o Puesto desempeña en la Empresa en la que actualmente trabaja?	x
6	¿Cuántos proyectos BIM ha realizado la empresa en la que actualmente labora?	x
7	De esos Proyectos que ha realizado la empresa, ¿En cuántos Usted ha participado?	x
8	Seleccione los motivos por los cuales la empresa en la que labora o Usted ha utilizado BIM: a. Los proyectos son cada vez más complejos b. Los plazos de construcción son cada vez más cortos c. La rentabilidad de los proyectos es cada vez menor d. El propietario o cliente lo exigió e. Otra. ¿Cuál?	x
9	Mencione al menos 2 complicaciones que Usted ha tenido que enfrentar en la implementación de BIM	x
10	Mencione de acuerdo a su experiencia, al menos 2 desafíos que ha tenido que enfrentar al manejar un modelo de construcción único.	x
11	Para usted, ¿Cuáles han sido los beneficios de implementar esta nueva metodología en los proyectos? a. Mejor planeación b. Mayor exactitud en los estimados de los costos c. Menos re trabajos y mayor calidad d. Otra. ¿Cuál?	x

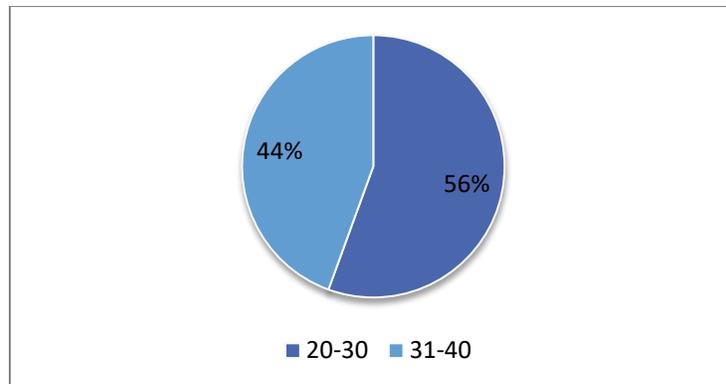
Número	Preguntas	Con Conocimiento del Tema BIM
12	¿Considera que hay algún tipo de desventaja con el uso de BIM contra la metodología tradicional de construcción? a. Si b. No	x
13	Si respondió que si en la pregunta anterior, mencione: ¿Cuáles desventajas?	x
14	En los proyectos en los que ha participado desde la implementación de BIM, Usted considera que la adopción de esta metodología ha sido: a. Lenta b. Rápida	x
15	¿Qué tipo de usuario BIM considera que es Usted? a. Principiante b. Regular c. Experto	x
16	¿Para qué objetivo utilizo BIM dentro de la empresa en la que labora? a. 3D b. 4D c. 5D d. 6D e. 7D	x
17	¿Hasta qué nivel ha desarrollado los proyectos con BIM? a. LOD 100 b. LOD 200 c. LOD 300 – LOD 350 d. LOD 400 e. LOD 500	x

Tabla 7 Lista de Preguntas encuesta "Implementación BIM"

- ESTADÍSTICAS GENERALES

A continuación, se presentan los resultados generales de la encuesta "Implementación BIM".

Pregunta 1.- Mencione: ¿Qué edad tiene?

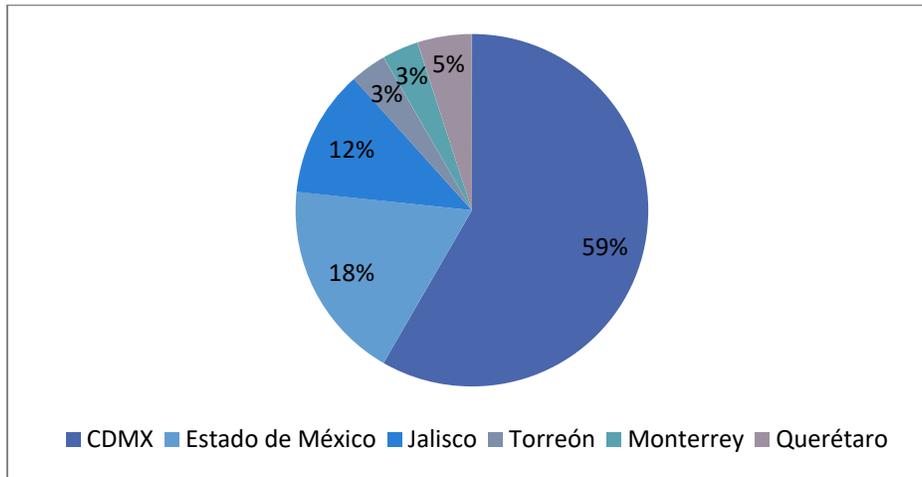


Gráfica 6 Rango de edad de personas encuestadas / Fuente: propia

Con esta pregunta se pretende clasificar la población que responde la encuesta. Esta encuesta se realizó a 60 profesionales tanto de ingeniería como de arquitectura y el requisito fue que tuvieran experiencia trabajando con BIM.

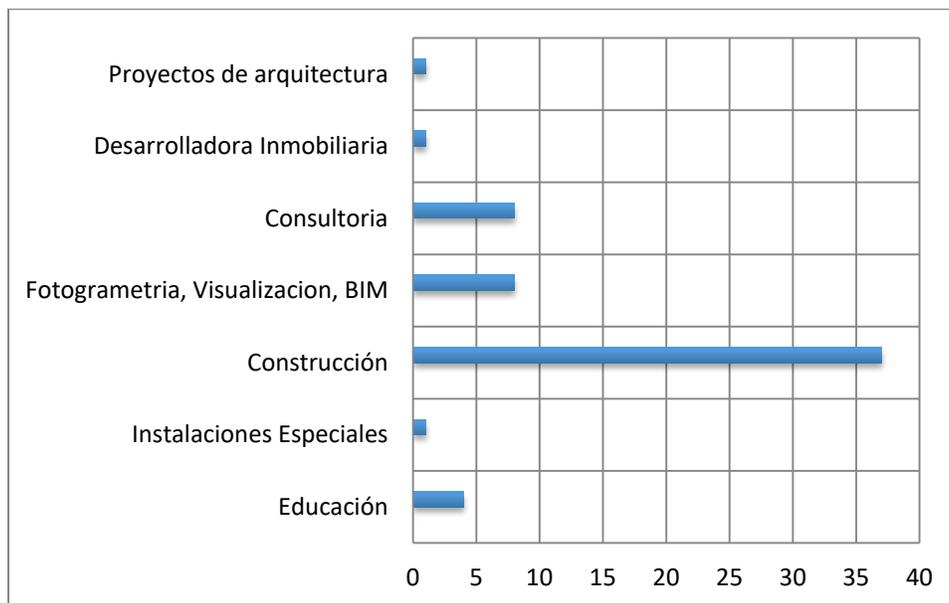
Los resultados arrojan en términos generales a una población joven, que en su mayoría están en el rango de 31 a 40 años, esto significa que hablamos de una generación de profesionistas millennials y alguno de la generación X. Esto tiene gran significado si se entiende que la metodología BIM se asocia a la tecnología y las nuevas herramientas de software que están en constante cambio, por lo tanto, es necesario la frecuente actualización y capacitación de estos profesionales en tecnología.

Pregunta 2.- Mencione: ¿En qué Estado de la República Mexicana actualmente trabaja?



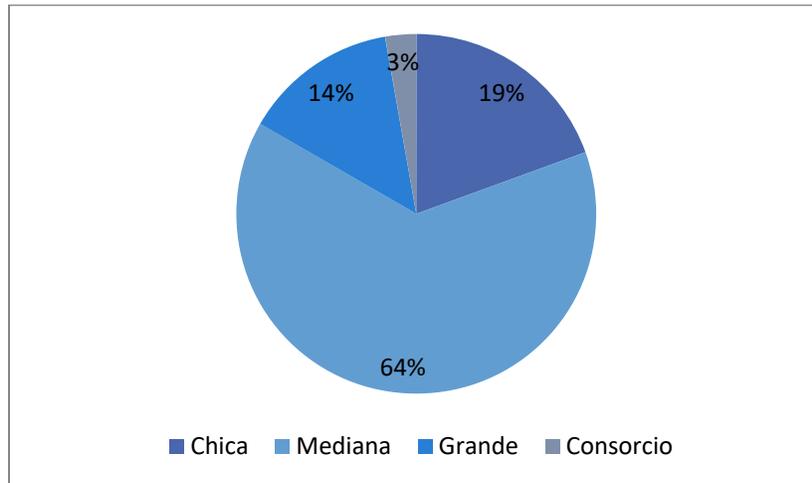
Gráfica 7 Lugar de Trabajo de los Encuestados / Fuente: propia

Pregunta 3.- ¿Qué giro tiene la Empresa en la que actualmente trabaja?



Gráfica 8 Giro de las Empresas de los Encuestados / Fuente: propia

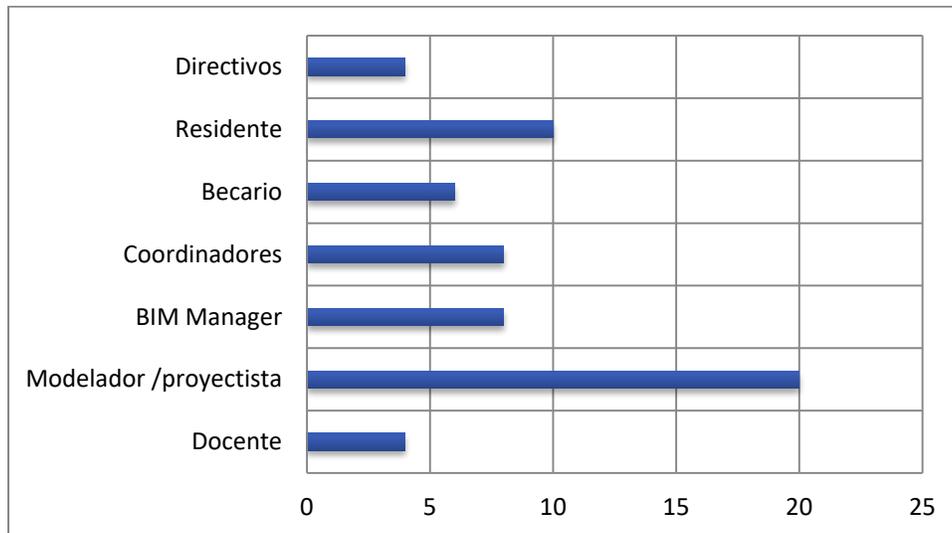
Pregunta 4.- ¿Qué tamaño tiene la Empresa en la que actualmente trabaja?



Gráfica 9 Tamaño de la Empresa / Fuente: propia

El 64% de los encuestados trabajan en una empresa mediana y 19% en una empresa chica, realmente la intención desde el inicio fue buscar a profesionistas que trabajen en Empresas PYMES y tengan proyectos o hayan trabajado con la metodología BIM.

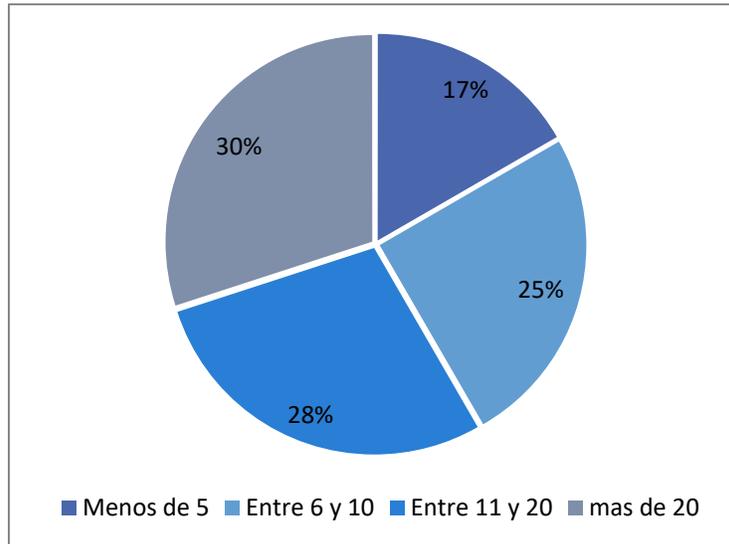
Pregunta 5.- ¿Qué rol o puesto desempeña en la Empresa en la que actualmente trabaja?



Gráfica 10 Puestos de los Encuestados / Fuente: propia

Se tiene un 33.33% de la población de los encuestados con el rol de Modeladores o Proyectistas BIM, seguido de un 16.67% de Residentes de Obra, ambos formando la mayoría de la población de los encuestados.

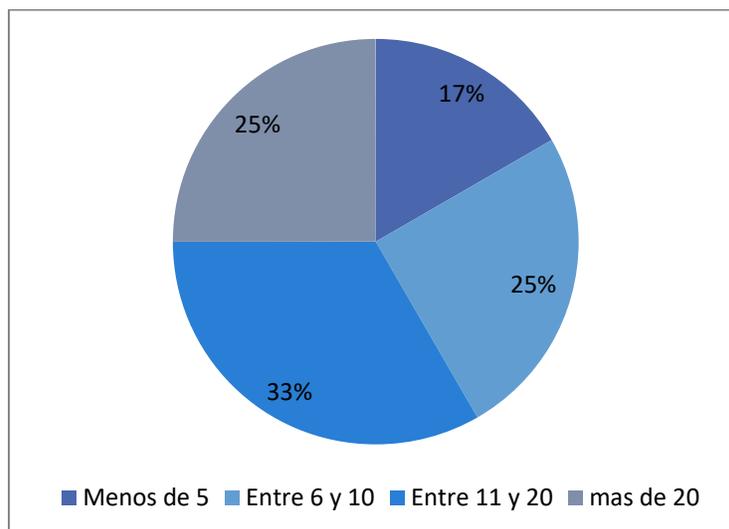
Pregunta 6.- ¿Cuántos proyectos BIM ha realizado la empresa en la que actualmente labora?



Gráfica 11 Proyectos BIM realizados por la Empresa / Fuente: propia

El 30% de los encuestados que corresponde a 18 personas trabaja en una empresa que ha realizado más de 20 proyectos con BIM mientras que un 17% de los encuestados que corresponden a 10 personas han comentado que en su empresa tiene experiencia menor a 5 proyectos realizados con BIM.

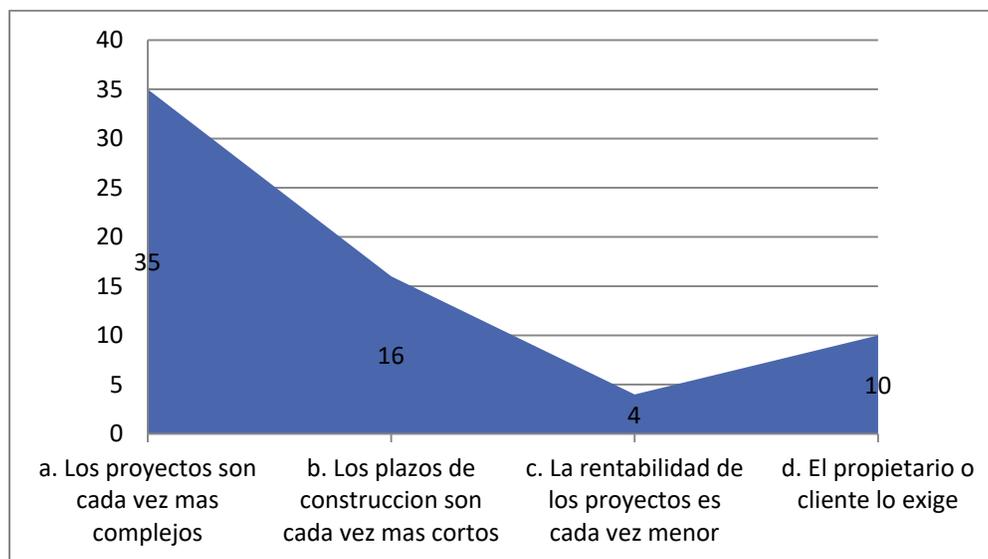
Pregunta 7.- De esos proyectos BIM que ha realizado la Empresa ¿En cuántos Usted ha participado o colaborado?



Gráfica 12 Experiencia en proyectos BIM / Fuente: propia

Esta pregunta va enfocada a conocer la experiencia en la ejecución de proyectos con la metodología BIM en los cuales han colaborado los profesionistas entrevistados, el 33% que corresponde a 20 personas de la población de encuestados dice haber sido participe entre 11 y 20 proyectos BIM mientras que un 17% que corresponde a 10 personas argumentan que solo han sido participes en menos de 5 proyectos BIM.

Pregunta 8.- ¿Seleccione los motivos por los cuales la empresa en la que labora o Usted ha utilizado BIM?



Gráfica 13 Motivos de Uso BIM / Fuente: propia

En esta pregunta los entrevistados tenían la opción de escoger más de una respuesta, y el 58% de los encuestados considera en primer lugar que los proyectos son cada vez más complejos y por lo tanto la metodología BIM forma parte de la solución para hacer frente a estos retos mientras que solo un 7% considera que el uso de BIM en la empresa en la que labora es porque la rentabilidad de los proyectos es cada vez menor.

Pregunta 9.- Mencione al menos dos complicaciones que Usted ha tenido que enfrentar en la Implementación de BIM en una empresa:

Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
10	Ninguna o no contestaron
8	Falta de capacitación y falta de personas que lo sepan usar
1	Falta de conocimiento en programas de coordinación, aún existe rezago en cuanto al conocimiento de este tipo de trabajo
1	Falta de profesionistas preparados, resistencia al cambio.

Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
1	Resistencia de despachos que no han implementado BIM
1	La mentalidad del personal; lo caro de los recursos para la implementación
1	1 la aceptación de la herramienta en el ambiente de la construcción. Existen muchas personas que son renuentes y prefieren trabajar con métodos tradicionales. 2 tener que aprender procesos constructivos para tener una idea precisa de lo que se debe representar.
1	Training y Vo Bo de los directores
1	Todas las complicaciones tienen que ver con el factor humano. 01 convencer al cliente que le dedique el tiempo y los recursos necesarios 02 Cambiar el estatus de la empresa
1	1. Cambio de paradigma 2. hacer ver el costo beneficio de implementación ya que una implementación puede ser alta en tiempo y capital si no tienes una visión clara de cómo cambiar tu negocio
1	Tener las bases del software para poder hacer un modelo
1	Capacitación y que muchas empresas aún no han implementado BIM en sus procesos de trabajo
1	No todas las empresas y contratistas están familiarizados con estos procesos, y a veces el momento de pasar lo coordinado en BIM, no es respetado tal cual en obra.
1	Proponer soluciones y tener respuestas tardías
1	Georreferenciación, información de parte del cliente
1	Mentalidades cerradas
1	Interoperabilidad, falta de personal calificado
1	Personas acostumbradas a usar planos arquitectónicos se rehúsan a trabajar con modelos BIM; que se hagan correcciones en el diseño ya sea estructural o arquitectónico.
1	Falta de capacitación
1	La plataforma para colaborar es compleja, a veces no muestra en la pantalla principal los modelos guardados.
1	Familias, ajustes en archivos del cliente.
1	La interoperabilidad y pérdida de información en el intercambio de archivos, La falta de capacidad del cliente para manipular los programas de visualización que existen.

Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
1	No conocen del tema y desean una implementación sin inversión
1	Interoperabilidad
1	En el trabajo colaborativo con otras empresas, información impuntual e información no actualizada de quienes generan los planos
1	No todos lo implementan en México
1	Que la información por parte del cliente llegue mal o retrasada o no contar con la información suficiente.
1	Falta de capacitación, falta de experiencia
6	Búsqueda de personal
1	Coordinar la cuantificación del acero de refuerzo y de las instalaciones principalmente.
1	Desconocimiento del programa, falta de infraestructura
1	Información, centros de enseñanza
1	En el modelado y al manipular modelos
1	El factor económico por las licencias y la falta de interés de parte de los clientes
1	Implementación y seguimiento
1	Interoperabilidad con miembros del equipo. Comunicación entre equipos.
1	Incompatibilidad de software usado
1	Desconfianza para con la metodología, incompatibilidad con lo ya realizado y tener que re trabajar.

Tabla 8 Complicaciones en la Implementación de BIM

De acuerdo a las respuestas de los encuestados, las complicaciones más comunes han sido las siguientes: Cambio de paradigma entre los usuarios, falta de capacitación y la inversión al implementar BIM.

La implementación de BIM supone un cambio “cultural” dentro de la organización, lo cual requiere su tiempo. Este cambio implica la comunicación e interacción entre áreas que comúnmente en la metodología tradicional no se tiene o no se acostumbra y que sin embargo son necesarias para poder retroalimentar el modelo BIM. Como en cualquier inicio de un proyecto nuevo se requiere hacer un importante esfuerzo inicial y colaborativo de todos los participantes para poder lograr el éxito del proyecto.

Otra de las complicaciones que han mencionado los encuestados es la falta de capacitación que existe en México, esto es entendible en cierto punto por estar hablando de un tema no tan descubierto en el país, no obstante las universidades y colegios al día de hoy se han puesto a trabajar con el sector privado y público mediante cursos de software BIM que permiten tener a los estudiantes y profesionistas diferentes opciones de capacitación, a pesar de esto, es cierto que aún no se tiene la difusión necesaria sobre la metodología, tanto así, que se tiende a confundir como un software más que una forma diferente de trabajar.

Pregunta 10.- Mencione de acuerdo a su experiencia, al menos 2 desafíos que ha tenido que enfrentar al manejar un modelo de construcción único

Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
1	En ocasiones no se consigue todo el material que se necesita, esto provoca otra complicación que es el no completar las etapas del proyecto en el tiempo deseado
1	Coordinación entre empresas,
1	Interoperabilidad, alcances contractuales
1	El contenido del modelo no es confiable, el modelo es demasiado pesado
1	El enseñar al personal que es mejor mover el dibujo que la obra; el convencer que se reducen costos y tiempos de construcción
1	Trabajar sin proyecto actualizado y tener que hacer reingeniería sin que ésta se encuentre en nuestro alcance. Encontrar la mejor manera de elaborar en tiempo récord la cuantificación de acero, cimbra y concreto para las volumetrías en las diferentes etapas de construcción en Torre Mitikah. Lograr la convivencia de instalaciones eléctricas, mecánicas e hidrosanitarias en casas de máquinas con espacios reducidos. Hacer propuestas y lograr que sean validadas y ejecutadas.
5	Requerimientos de Hardware y ancho de banda

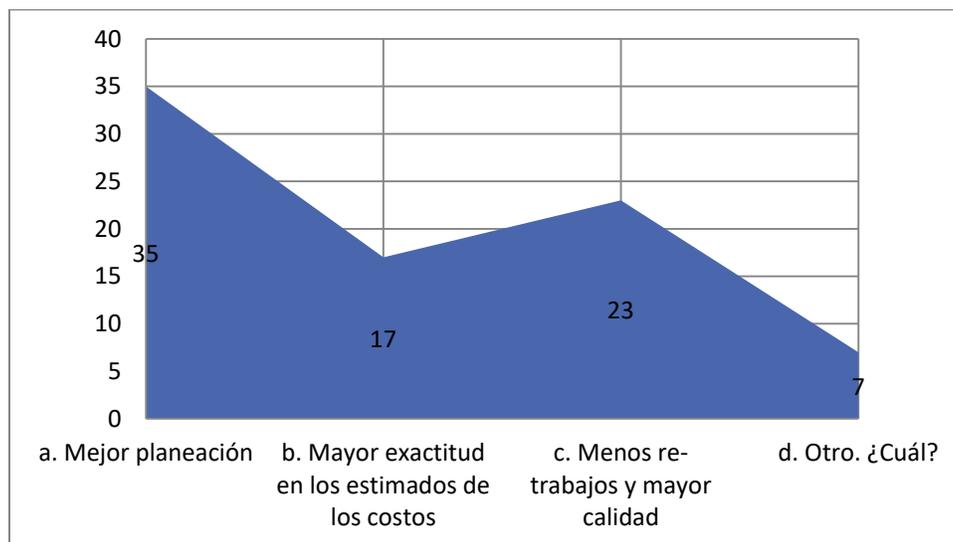
Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
1	Solo una: Comunicación de todos los participantes
1	1. Coordinación entre las diferentes disciplinas especialmente cuando usan herramientas que no son BIM pero que tienen mucho tiempo de implementación en sus empresas 2. La tendencia de las partes en regresar a sus métodos tradicionales por familiaridad.
2	Entender cómo funcionan los comandos para poder realizar el modelo
1	La disciplina de mantener actualizada la información y el proceso de coordinación entre cada especialidad.
1	Como ya había comentado a veces los contratistas, mientras implementan el BIM en su empresa hay algunos detalles con sus exportaciones o modelos al principio, que se solucionan de manera rápida. Pero en algunas ocasiones no hay la apertura en algunas empresas para seguir aprendiendo estos procesos y lo hacen por petición más que por convicción.
1	Parámetros
1	Cambios de proyecto, tiempos de entrega
1	Propuesta de rediseño, niveles
1	Coordinación entre disciplinas y generación de elementos paramétricos con más información que la simple geometría
1	La magnitud del proyecto, si es muy grande el proyecto y no tiene definidos los niveles se vuelve un desafío para las áreas de arquitectura e instalaciones.
2	Crear familias
10	Coordinación
1	El trabajo en equipo constante, el uso de nuevos software
1	Ajustes de niveles, versiones de software
2	Falta de actualizaciones en las versiones de los planos del cliente
1	Coordinación y comunicación
1	La creación de un modelo y tener que hacer cambios recurrentes debido a la actualización de la información. La creación / edición de familias del mismo tipo pero de diferente tamaño.
1	Que las especificaciones o detalles sean muy complicadas de modelar, que no se cuente con los medios necesarios para que quede tal cual lo quiere el cliente por ser un modelo tan exigente.
1	La coordinación con otras empresas que lo usan o lo usan muy poco.
8	Trabajo con la nube.

Número de Respuestas	Respuestas Abiertas de los Encuestados
1	Coordinar en el mismo lenguaje a varios proyectistas.
1	Conocer todas las herramientas u objetos a usar para cada caso. El desconocimiento del sistema BIM por otras disciplinas, tales como las ingenierías o estructuras.
1	Modelado paramétrico
1	Modelar acero y dar pendientes
1	Igualar el nivel de conocimiento de metodología y software de todos los participantes. Complejidad en creación de familias MEP.
1	Información y complejidad.
1	Tecnología, Herramientas.
1	Elaboración de instalaciones de un hospital.
1	Es una cadena de atraso y el costo de licencias es elevado.
1	Unificar los trabajos realizados por externos, organizar todo lo realizado.

Tabla 9 Respuestas abiertas de los encuestados pregunta 10

De acuerdo a las respuestas de los encuestados, las complicaciones más comunes han sido las siguientes: Coordinación y comunicación entre las diferentes disciplinas y capacitación del personal en el nuevo software.

Pregunta 11.- Para usted, ¿Cuáles han sido los beneficios de implementar esta metodología en los proyectos?

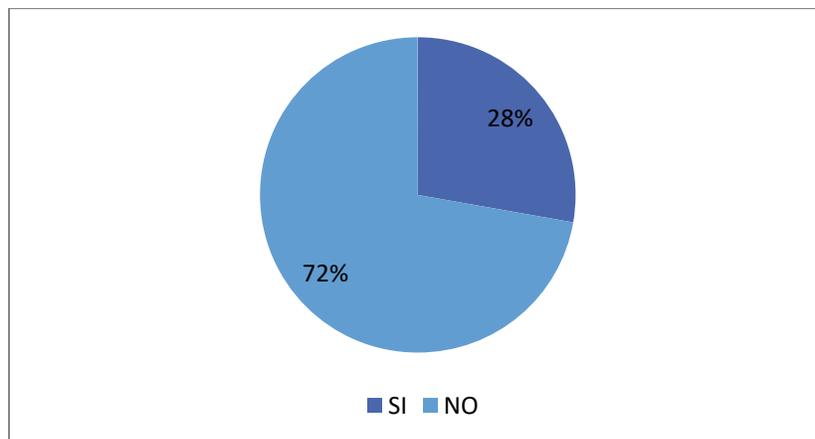


Gráfica 14 Beneficios de implementar BIM / Fuente: propia

En esta pregunta los entrevistados tenían la opción de escoger más de una respuesta, y el 58% de los encuestados considera que el mayor de los beneficios de implementar BIM es mejora de la planeación, en segundo lugar, consideran que al implementar BIM se obtienen menos re trabajos y por lo tanto mayor calidad, en tercer lugar, mayor exactitud en los estimados de los costos y 7 profesionales dieron su opinión con respecto a otros beneficios:

- Análisis de escenarios
- Prevención de los problemas en campo
- Optimización de los tiempos de ejecución
- Control total de los procesos
- Mejor manejo de la vida útil del inmueble

Pregunta 12.- ¿Considera que hay algún tipo de desventaja con el uso de BIM contra la metodología tradicional de diseño y construcción?



Gráfica 15 Desventaja con el uso de BIM vs Metodología tradicional / Fuente: propia

Más de la mitad de la población encuestada considera que no existe desventaja con el uso de BIM frente a una metodología tradicional de diseño y construcción.

Pregunta 13.- Si respondió que si en la pregunta anterior, mencione: ¿Cuáles desventajas?

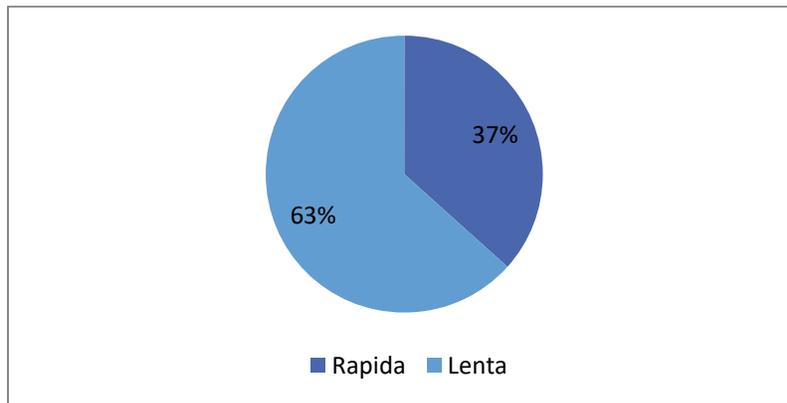
Número de Respuestas	Respuestas
1	El desconocimiento de la metodología BIM por parte de los que trabajan en el sector de la construcción.
1	La industria aún no tiene la suficiente madurez como para afrontar el reto.
1	Más que desventaja, creo que la metodología tradicional complementa de alguna forma el uso de BIM, en algunos casos no es necesario tener un modelo en la construcción, y hacerlo resulta contraproducente porque se invierte tiempo en algo que puede ser inútil.
1	La desventaja es que, si no se cuenta con la experiencia de haber trabajado previamente en construcción, ya sea de infraestructura o de instalaciones, será más complicado que el modelo se desarrolle de la mejor manera. Lo importante es poder complementar la experiencia en obra con la habilidad en la utilización de la herramienta para obtener un modelo construible. Requiere equipo de gama más alta al utilizado comúnmente en trabajos que implique solo dibujo (CAD), lo que implica una mayor inversión en hardware o software.
1	Inversión inicial
2	Actualmente por el alto costo de implementación es un poco lenta en la industria y no todos se ven beneficiados aún.
1	Es lento y no tiene muchas funciones básicas.
1	Falta de conocimiento de la metodología BIM por lo que genera desconfianza al cliente.
1	Metodología disruptiva.
1	No se ha adoptado como debería.
1	No es muy adaptable, se vuelve un tanto rígido el manejo en el proyecto.
1	Incompatibilidad, pero no es significativa.

Tabla 10 Respuestas abiertas de los encuestados pregunta 13

El costo de la implementación resulta ser, en su gran mayoría, la principal desventaja que se menciona, este resultado es esperado, ya que para poder implementar una nueva metodología en una empresa cualquiera que sea, muchas veces se requiere una inversión inicial en software, en personal que sea capacitado o en su defecto contratado, y por supuesto el hardware que muchas veces debe de ser actualizado o cambiado.

De acuerdo con el artículo "Navigating the digital future: The disruption of capital projects" que se puede traducir como: "El futuro digital: la interrupción de los proyectos de capital" elaborado por Mckinsey&Company, los líderes de los proyectos deberán crear una estrategia digital, para poder identificar los puntos críticos y más agudos en la empresa, para poder evaluar que software y hardware les ayudaran a alcanzar sus objetivos y no solo en aplicar cualquier herramienta tecnológica que parezca prometedora, esto con el fin de minimizar el costo inicial de su implementación.

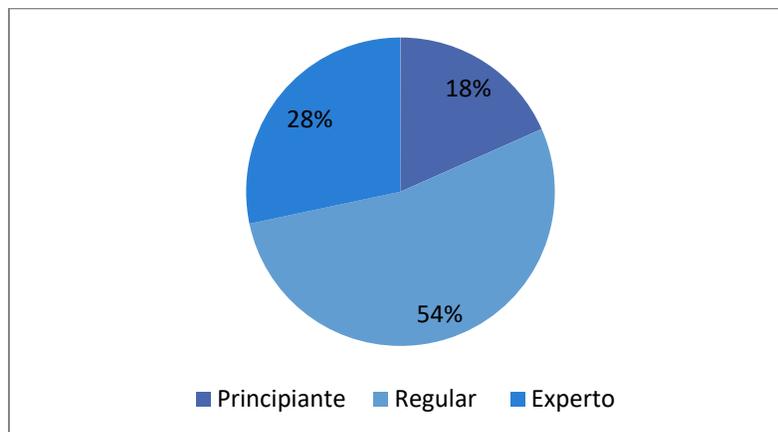
Pregunta 14.- En los proyectos en los que ha participado desde la implementación de BIM, Usted considera que la adopción de esta metodología ha sido:



Gráfica 16 Rapidez de la Adopción BIM / Fuente: propia

La mayoría de los encuestados que han trabajado con este método considera que la adopción ha sido en su experiencia lenta.

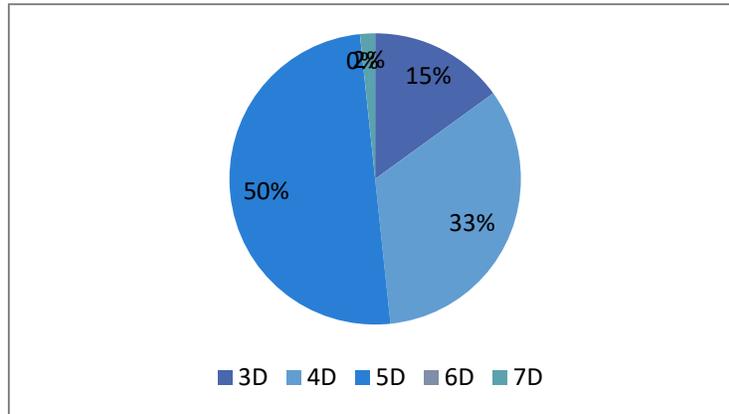
Pregunta 15.- ¿Qué tipo de usuario BIM considera que es Usted?



Gráfica 17 Usuarios BIM / Fuente: propia

El 54% de la población de encuestados considera ser un usuario regular, mientras que un 28% considera ser un experto en el uso de BIM.

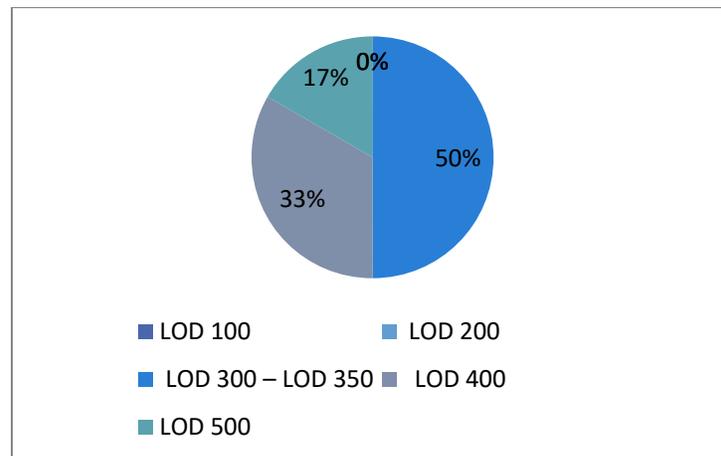
Pregunta 16.- ¿Para qué objetivo utilizo BIM dentro de la empresa en la que labora?



Gráfica 18 Dimensiones BIM / Fuente: propia

La mitad de la población encuestada dice haber utilizado BIM en una dimensión 5D para la estimación de costos, seguido de un 33% en una dimensión 4D para programación.

Pregunta 17.- ¿Hasta qué nivel ha desarrollado los proyectos con BIM?



Gráfica 19 Nivel de desarrollo BIM / Fuente: propia

El 50% de los encuestados argumenta haber utilizado BIM hasta un nivel de desarrollo entre 300 y 350, seguido de un 33% de la población encuestada con un nivel de desarrollo de un 400 y por último un 17% de la población dice haber utilizado BIM a un nivel 500.

4.1.1.2 FICHA TECNICA DE LA ENCUESTA "BIM EN MÉXICO"

Fecha de inicio:	01/Septiembre/2018
Fecha de fin:	31/Octubre/2018
Total de días:	61 días
Medio de difusión:	Internet y Redes Sociales
Cantidad de encuestados:	90
Número de preguntas:	21

- LISTA DE PREGUNTAS

Número	Preguntas	Conocimiento BIM S/Experiencia	Sin Conocimiento de BIM	Conocimiento BIM C/Experiencia
1	Mencione ¿Qué edad tiene?	x	x	x
2	¿Qué grado académico tiene? a. Licenciatura b. Especialidad c. Maestría d. Doctorado	x	x	x
3	¿Cuál es su profesión?	x	x	x
4	En qué tipo de Empresa labora: a. Consultoría b. Constructora c. Contratista d. Distribuidor de Software e. Universidad	x	x	x
5	¿Qué puesto o rol desempeña en la empresa?	x	x	x
6	¿Sabe Usted que es BIM? a. Si b. No	x	x	x
7	¿Qué significan las siglas BIM? a. Building Information Modeling b. Building Interactive Modeling c. No sé	x		x

Número	Preguntas	Conocimiento BIM S/Experiencia	S/ Conocimiento de BIM	Conocimiento BIM C/Experiencia
8	Usted cree que BIM es: a. Una Metodología b. Un Sistema Constructivo c. Un Software d. Una Teoría de Diseño		x	
9	¿Cuáles son los años de experiencia que tiene? a. Menos de 5 años b. Entre 6 y 10 años c. Entre 11 y 20 años d. Más de 21 años		x	
10	Para Usted, ¿Cuáles son los factores que atribuyen a que los proyectos tengan sobrecostos y retrasos? a. Programas de obra deficientes b. Incompleta definición de alcances c. Inexactitud en los estimados de los costos d. Re trabajos y factores de calidad		x	
11	¿Tiene experiencia trabajando con BIM? a. Si b. No	x		x
12	En donde conoció el concepto de BIM: a. Universidad b. Fuera de la universidad	x		
13	Cree que la utilización de BIM en los proyectos es: a. Una moda que no va a trascender b. Fenómeno pasajero c. Es una tendencia en los proyectos actual y con trascendencia	x		
14	¿Cuántos años de experiencia tiene utilizando BIM? a. Menos de 5 años b. Entre 6 y 10 años c. Más de 10 años			x
15	¿En qué tipo de proyectos ha utilizado BIM? a. Edificación b. Carreteros c. Industriales d. Marítimos e. Otro ¿Cuál?			x

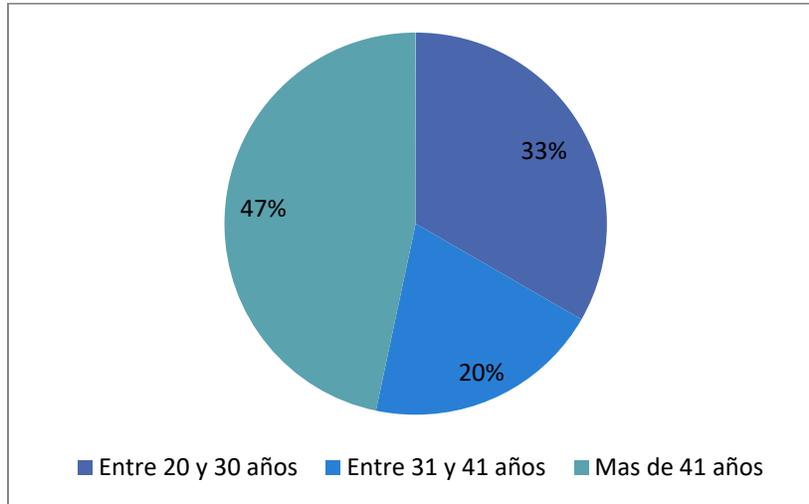
Número	Preguntas	Conocimiento BIM S/Experiencia	S/ Conocimiento de BIM	Conocimiento BIM C/Experiencia
16	¿Ha tenido que realizar estudios adicionales a su profesión para poder utilizar BIM? a. Si b. No			x
17	Si respondió que sí a la pregunta anterior Mencione: ¿Qué tipo de estudios? a. Diplomados b. Cursos c. Certificaciones d. Maestría			x
18	¿Cree usted que los profesionales que conocen de la aplicabilidad del BIM tienen mayor oportunidad laboral sobre quienes no lo conocen y/o utilizan? a. Si b. No			x
19	En la empresa en la que labora, ¿Cuál es el porcentaje actual de implementación BIM o uso de BIM en los proyectos? a. Menos de un 15% en los proyectos b. MEDIUM: mayor a un 15% y menor a un 30% de los proyectos c. HEAVY: del 31% al 60% de los proyectos d. VERY HEAVY: más del 60% de los proyectos			x
20	¿Para qué objetivo utiliza o utilizo BIM en la empresa? a. Visualización en 3D b. Programación 4D c. Costos 5D d. Sustentabilidad 6D e. Mantenimiento 7D			x
21	¿Hasta qué nivel ha desarrollado los proyectos con BIM? a. LOD 100 b. LOD 200 c. LOD 300 – LOD 350 d. LOD 400 e. LOD 500			x

Tabla 11 Lista de Preguntas encuesta "BIM en México"

- ESTADISTICAS GENERALES

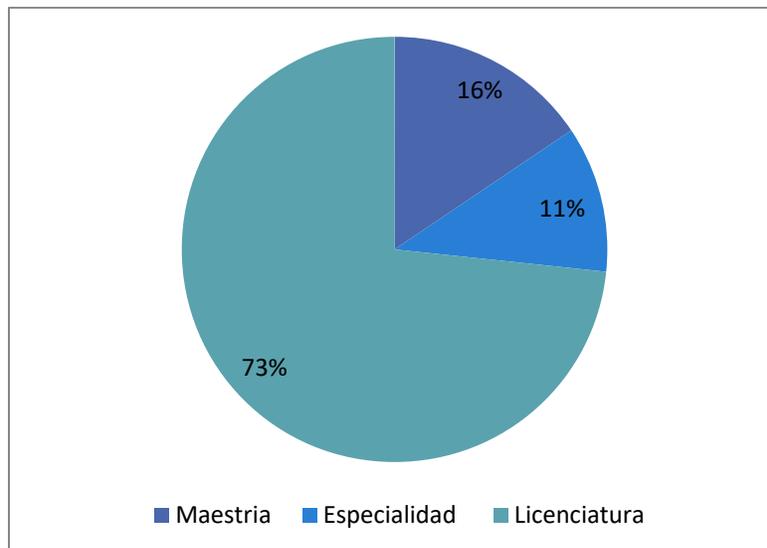
A continuación, se presentan los resultados generales de la encuesta "BIM en México"

Pregunta 1.- Mencione: ¿Qué edad tiene?



Gráfica 20 Edad de los Encuestados / Fuente: propia

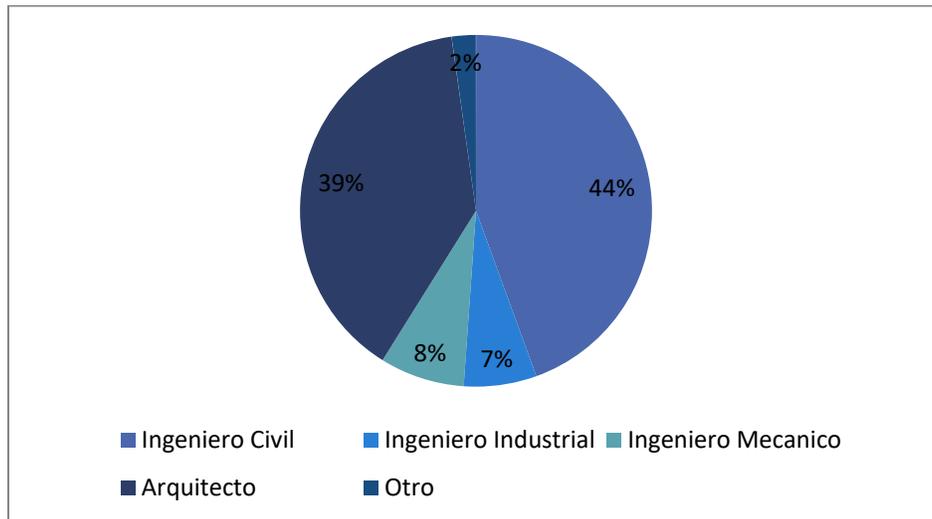
Pregunta 2.- Mencione: ¿Qué grado académico tiene?



Gráfica 21 Grado Académico / Fuente: propia

La edad de los encuestados se encuentra en un rango de 20 y 30 años, donde la mayoría son profesionistas graduados en ingeniería civil y arquitectura casi por partes iguales, el 40% de estos encuestados labora actualmente en una constructora y solo el 27% de ellos dice tener un grado más como especialidad o maestría.

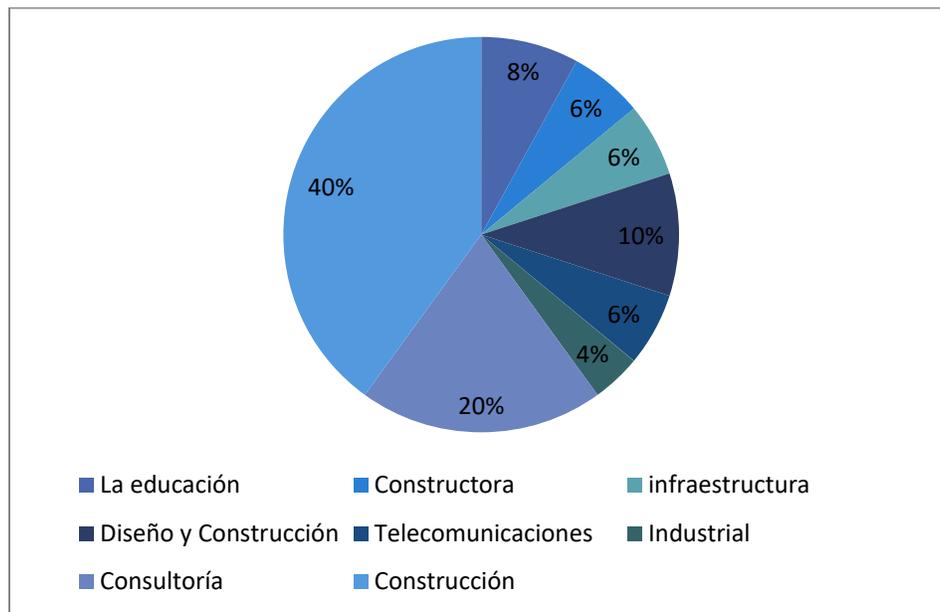
Pregunta 3.- ¿Cuál es su profesión?



Gráfica 22 Profesión de los Encuestados / Fuente: propia

La población de los encuestados está constituida mayormente por Ingenieros Civiles y Arquitectos, esto se debe a que desde un inicio en la aplicación de la encuesta se buscó profesionistas que tuvieran estos dos perfiles.

Pregunta 4.- ¿En qué tipo de empresa labora?

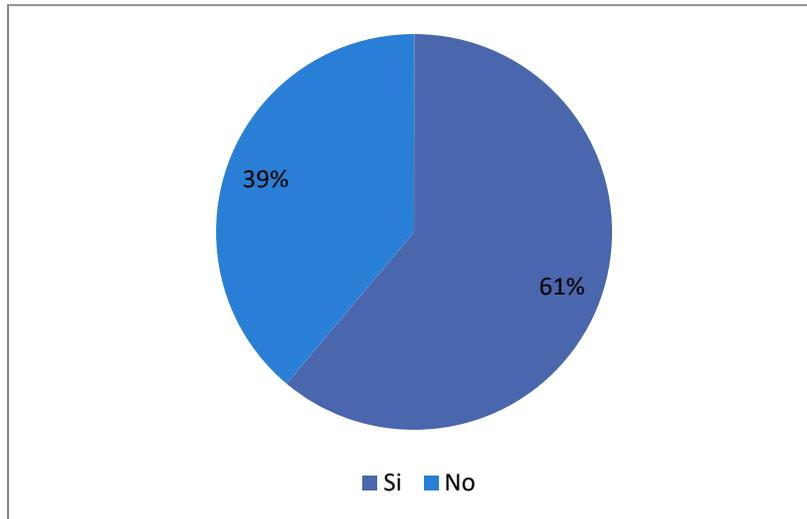


Gráfica 23 Giro de la empresa / Fuente: propia

El 40% de la población de los encuestados trabaja en el sector de la construcción seguido de la consultoría con un 20%.

- *Filtro 01 Conocimiento BIM*

Pregunta 6.- ¿Sabe Usted que es BIM?

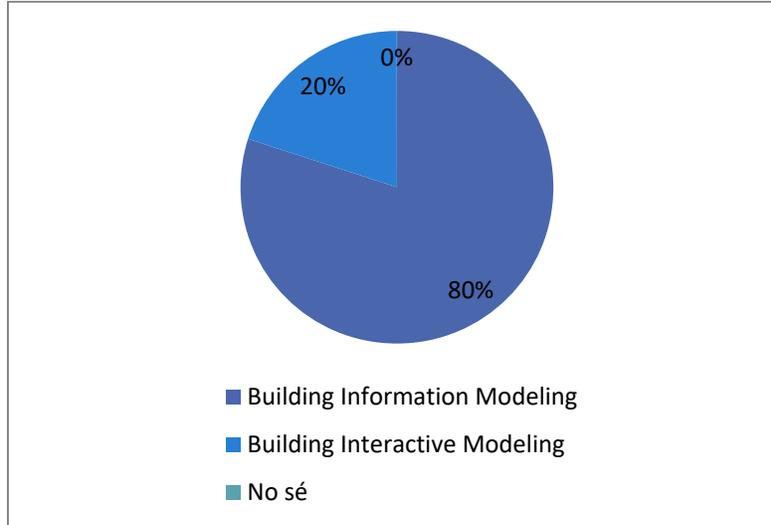


Gráfica 24 Conocimiento de BIM, Filtro 01 / Fuente: propia

El 39% de los encuestados que corresponde a 35 profesionales no saben que es BIM, por lo tanto, esta pregunta los envía directamente a la encuesta "Sin conocimiento del tema BIM" que comienza con la pregunta 8. Los que responden que si saben que es BIM corresponden al 61% de la población y son 55 de los encuestados y pasan directamente al filtro 02 pregunta 7.

- Filtro 02 Conocimiento BIM

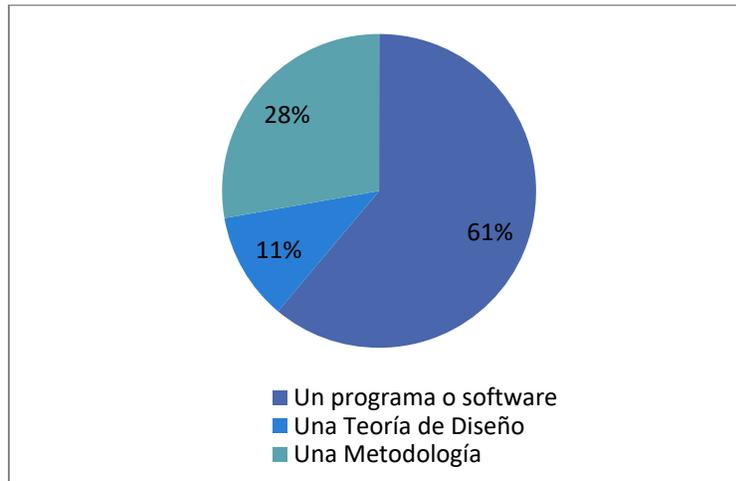
Pregunta 7.- ¿Qué significan las siglas BIM?



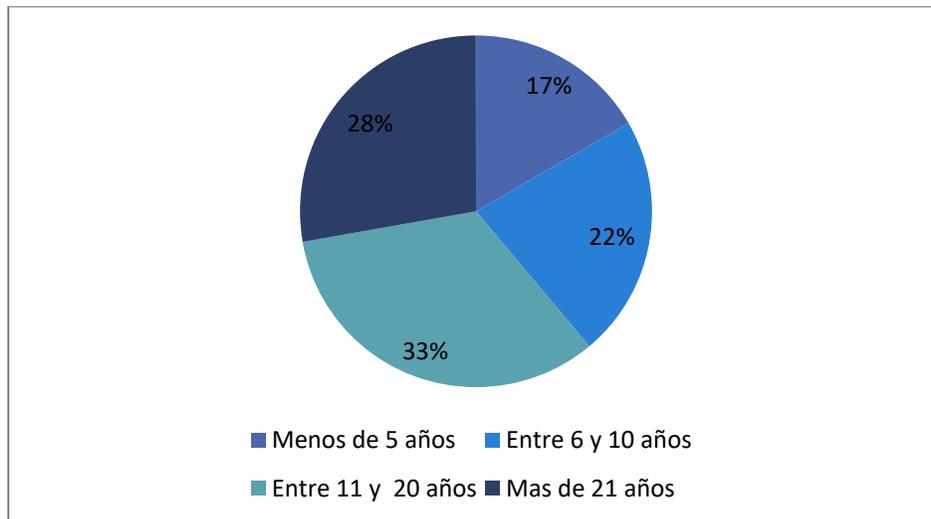
Gráfica 25 Conocimiento de BIM, Filtro 02 / Fuente: propia

Esta pregunta se realiza a las 55 personas encuestadas que respondieron que, si saben que es BIM, en la gráfica se puede observar que el 20% que corresponde a 11 personas no sabe lo que significa las siglas BIM por lo tanto este porcentaje se remite a la encuesta "Sin conocimiento del tema BIM", mientras que el otro 80% correspondiente a 44 personas pasan al filtro 03 pregunta 11.

- A. Preguntas que corresponden a la Encuesta: "Sin conocimiento del tema BIM"
46 encuestados.

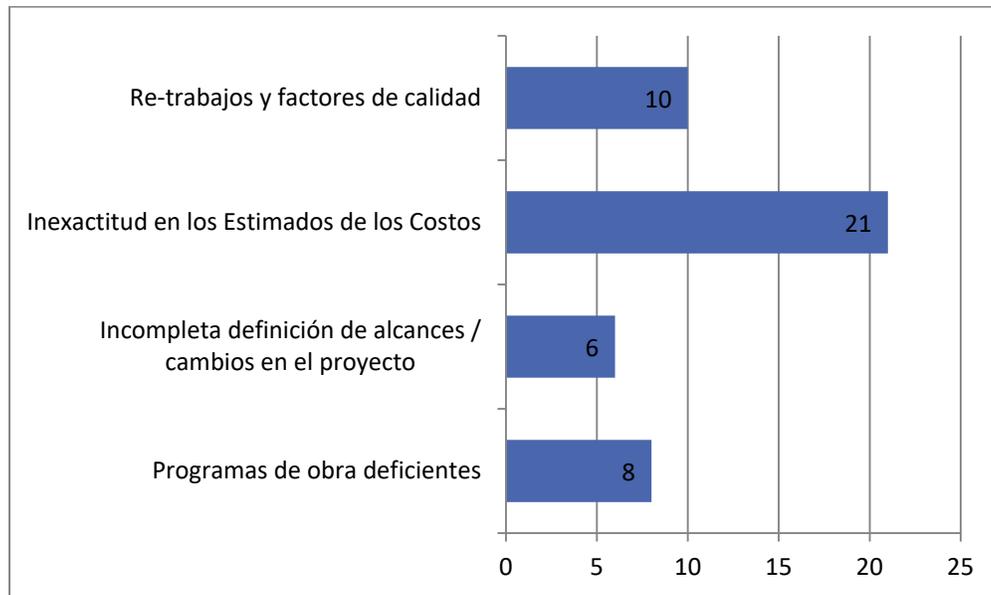
Pregunta 8.- Usted cree que BIM es:

Gráfica 26 Conocimiento de BIM, filtro: sin conocimiento BIM / Fuente: propia

Pregunta 9.- ¿Cuáles son los años de experiencia laboral que tiene?

Gráfica 27 Experiencia laboral de los encuestados

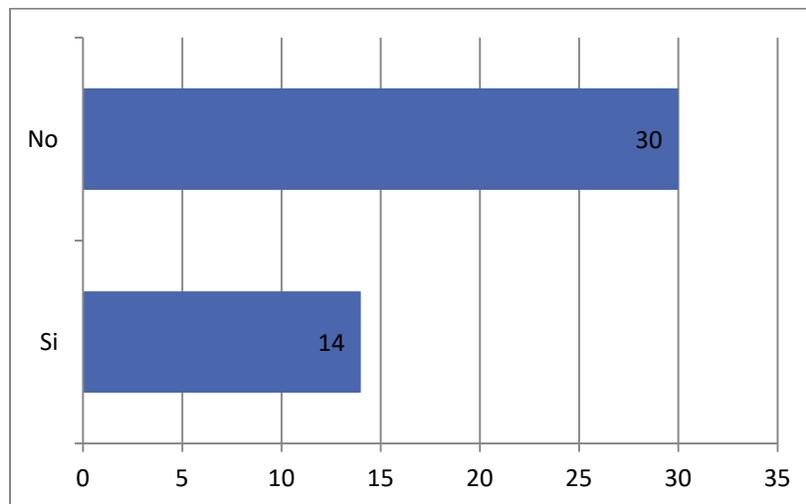
Pregunta 10.- Para Usted, ¿Cuáles son los factores que atribuyen a que los proyectos tengan sobrecostos y retrasos?



Gráfica 28 Factores que atribuyen a los sobre costos y retrasos

- *Filtro 03 Experiencia BIM*

Pregunta 11.- ¿Tiene experiencia trabajando con BIM?



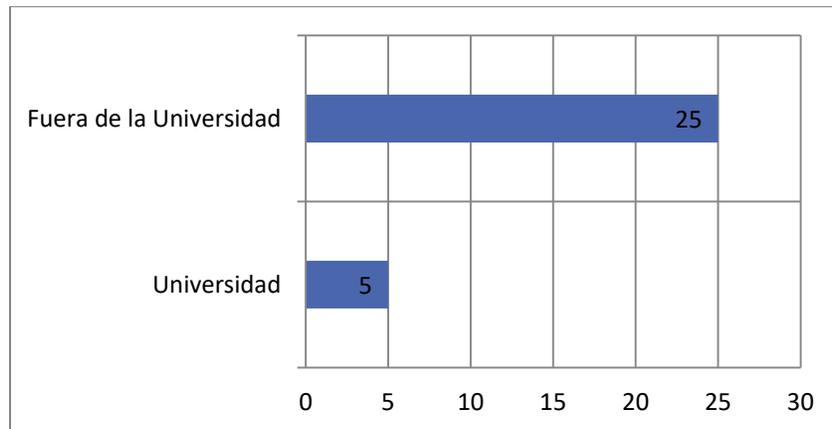
Gráfica 29 Experiencia BIM Filtro 03 / Fuente: propia

Solo el 32% de los encuestados correspondiente a 14 personas tienen experiencia trabajando con BIM, por lo tanto, pasan a la última parte de la encuesta denominada

“Con conocimiento y experiencia BIM” que comienza con la pregunta 14, mientras que el otro 68% de los encuestados responden que no tienen experiencia trabajando con BIM y se remiten a una encuesta denominada “Con conocimiento BIM sin experiencia” que comienza en la pregunta 12.

- B. Preguntas que corresponden a la Encuesta “**Con conocimiento BIM sin experiencia**” 30 encuestados

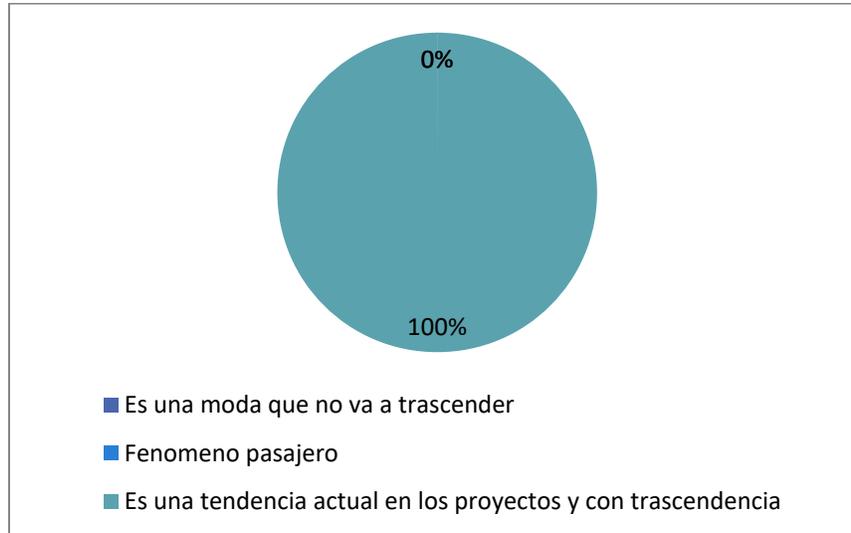
Pregunta 12.- ¿En dónde conoció el concepto de BIM?



Gráfica 30 Conocimiento de BIM / Fuente: propia

La mayoría de la población encuestada dice haber conocido el concepto BIM fuera de la Universidad mientras que solo un 17% dice que conoció el término BIM en la Universidad.

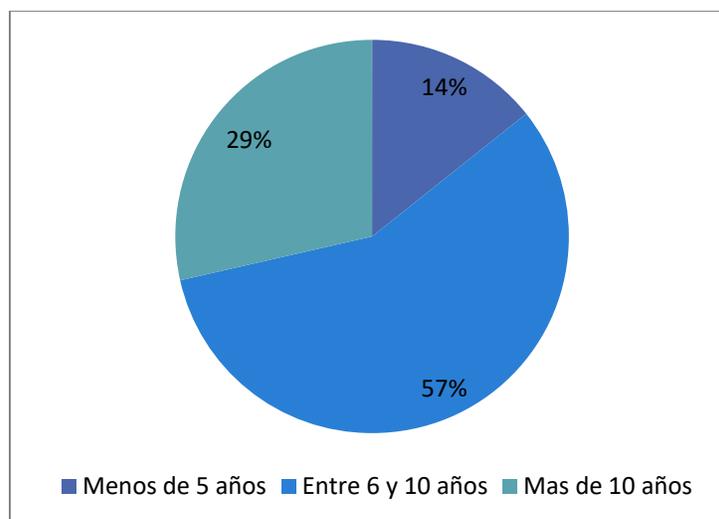
Pregunta 13.- Cree que la utilización de BIM en los proyectos es:



Gráfica 31 Utilización de BIM / Fuente: propia

C. Preguntas que corresponden a la Encuesta "Con conocimiento y experiencia BIM"
14 encuestados

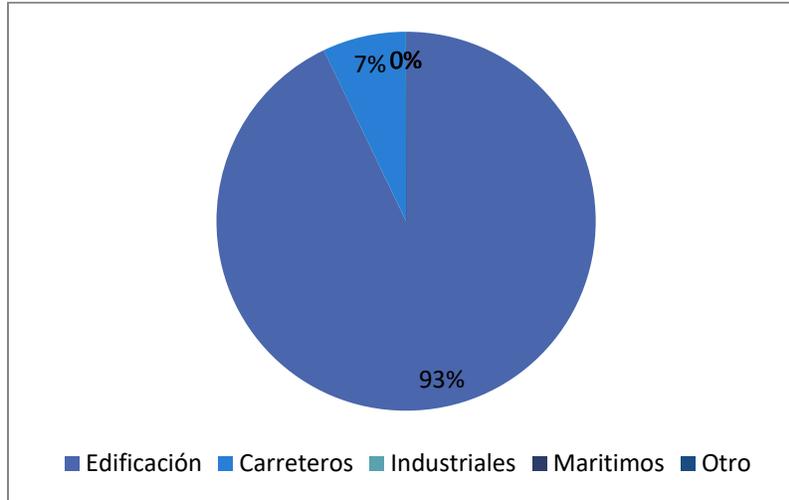
Pregunta 14.- ¿Cuántos años de experiencia tiene utilizando BIM?



Gráfica 32 Experiencia BIM / Fuente: propia

El 57% de la población que corresponde a 8 personas encuestadas argumenta que tiene entre 6 y 10 años de experiencia utilizando BIM mientras que solo 2 personas dicen haber trabajado con BIM menos de 5 años.

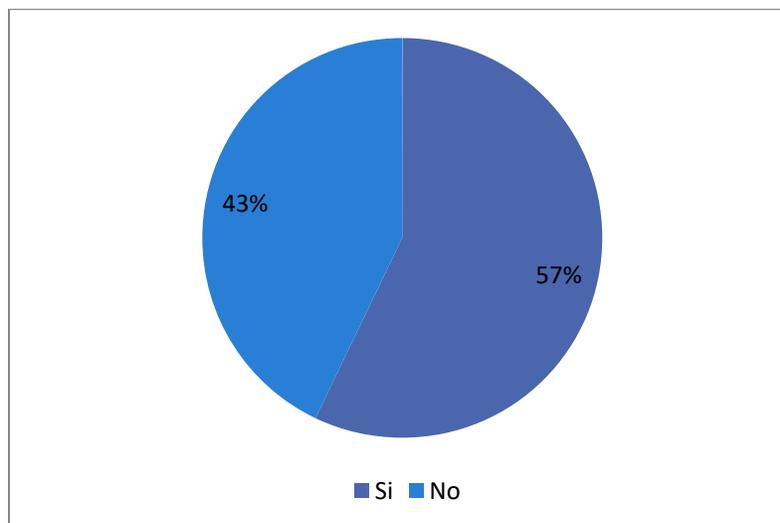
Pregunta 15.- ¿En qué tipo de proyectos ha utilizado BIM?



Gráfica 33 Proyectos BIM / Fuente: propia

La mayoría de los proyectos en los cuales ha trabajado la población de la encuesta ha sido en proyectos de edificación con el 93% de los participantes, y solo un 7% en proyectos carreteros.

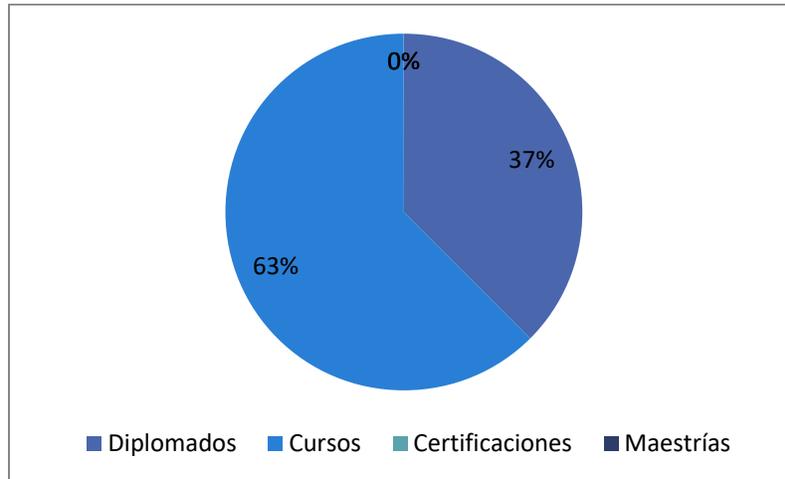
Pregunta 16.- ¿Ha tenido que realizar estudios adicionales a su profesión para poder utilizar BIM?



Gráfica 34 Estudios adicionales / Fuente: propia

El 57% de la población dice haber realizado estudios adicionales a su profesión para poder utilizar la metodología BIM.

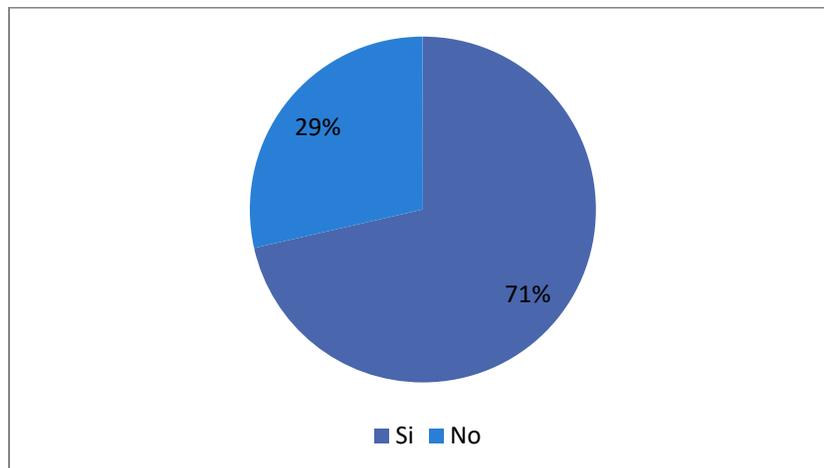
Pregunta 17.- Si respondió que sí a la pregunta anterior Mencione: ¿Qué tipo de estudios?



Gráfica 35 Estudios BIM / Fuente: propia

Los estudios que mayormente se han realizado corresponden a cursos y diplomados BIM.

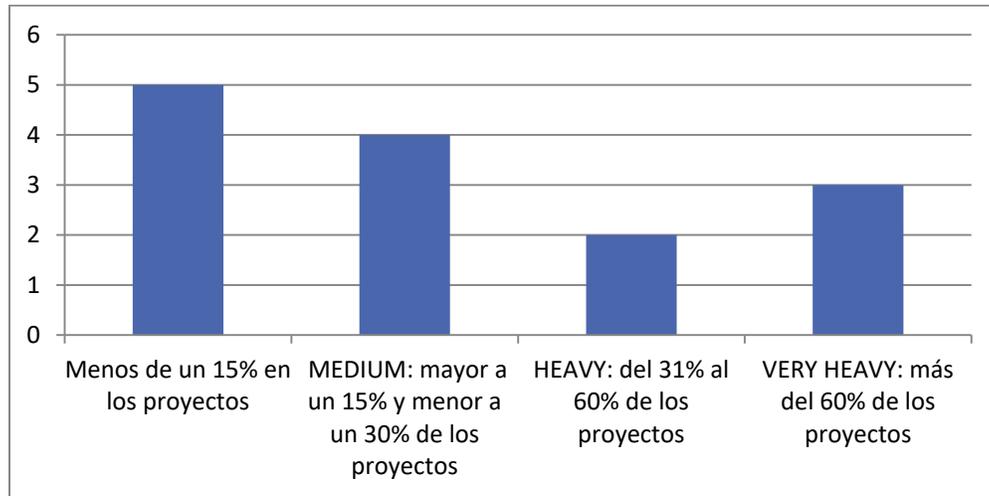
Pregunta 18.- ¿Cree usted que los profesionales que conocen de la aplicabilidad del BIM tienen mayor oportunidad laboral sobre quienes no lo conocen y/o utilizan?



Gráfica 36 Oportunidad Laboral / Fuente: propia

El 71% de la población cree que los profesionistas que conocen la metodología BIM tienen mayor oportunidad laboral vs los profesionistas que no la tienen.

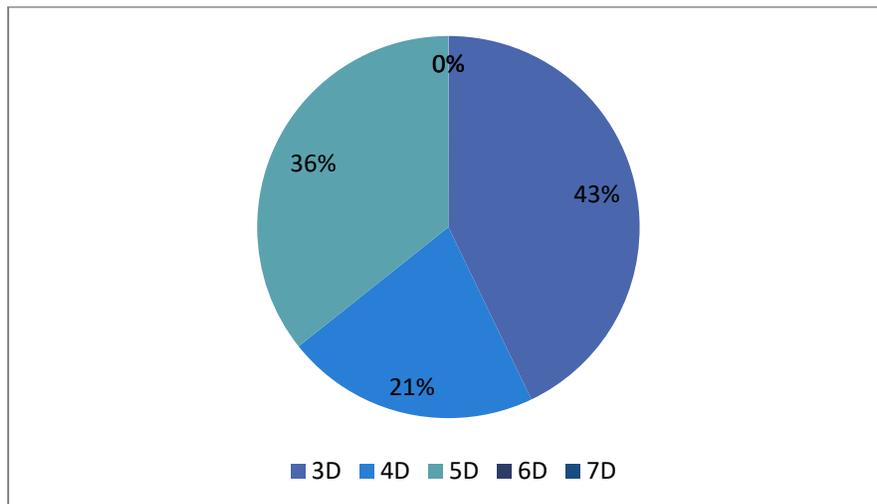
Pregunta 19.- En la empresa en la que labora, ¿Cuál es el porcentaje actual de implementación BIM o uso de BIM en los proyectos?



Gráfica 37 Porcentaje de Implementación BIM / Fuente: propia

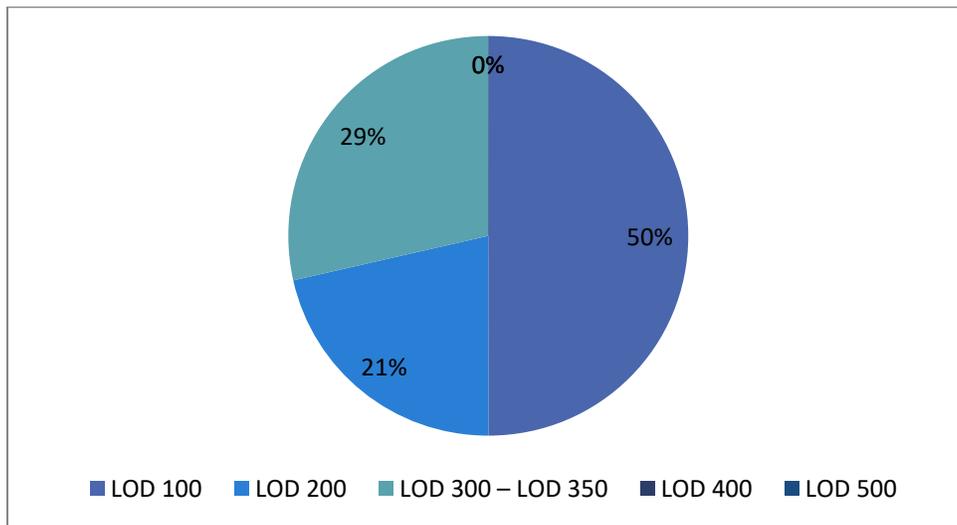
Según la población encuestada dice que en la empresa en la que actualmente labora solo tienen implementado BIM en un 15% de los proyectos que están ejecutando.

Pregunta 20.- ¿Para qué objetivo utilizo BIM dentro de la empresa en la que labora?



Gráfica 38 Dimensiones BIM / Fuente: propia

El 43% de la población argumenta haber utilizado BIM a en una dimensión 3D para modelado mientras que un 36% en una dimensión 5D para estimación de costos.

Pregunta 21.- ¿Hasta qué nivel ha desarrollado los proyectos con BIM?

Gráfica 39 LOD / Fuente: propia

El 50% de los encuestados dicen haber desarrollado los proyectos BIM a un nivel 100 mientras que un 29% dice haber desarrollado los proyectos a un nivel 300 y 350.

4.2 CONCLUSIÓN CAPITULAR

Sobre la encuesta "Implementación BIM" se concluye lo siguiente:

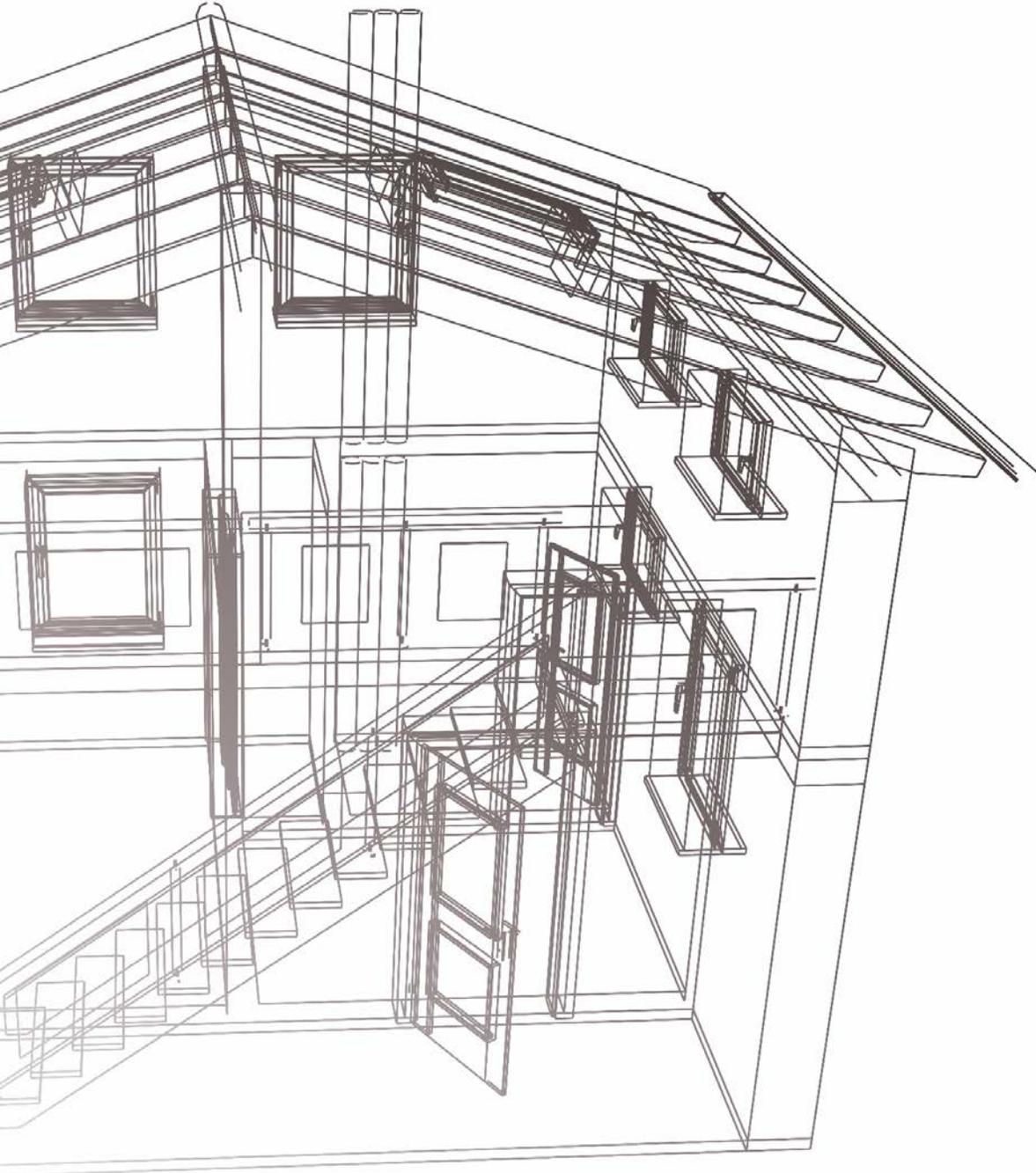
- La mayor parte de la población encuestada argumenta que la mejor planeación y mayor calidad en los proyectos son los beneficios más palpables con el uso de BIM, sin embargo, al implementarlo por primera vez, según su experiencia, los mayores retos a los que se han enfrentado son:
 - En primera el costo de la inversión inicial, incluso consideran el costo de la implementación como una desventaja frente a la filosofía tradicional de construcción y diseño en México.
 - En segunda el cambio de paradigma en los usuarios.

Sobre la encuesta "BIM en México" se concluye lo siguiente:

- Aunque más de la mitad de la población encuestada dice saber que es BIM y que significan sus siglas, los encuestados asocian más a este término con un programa o software más que a una metodología.

Más de la mitad de las personas encuestadas conocieron el término fuera de la escuela, es decir que solo un 17% conoció los términos básicos de BIM en la universidad, realmente se necesita poner más atención y fomentar con mayor auge este tema en la preparación de los futuros profesionistas del país, ya que toda la población encuestada esta consiente de que la utilización de BIM en los proyectos es una tendencia actual y con trascendencia.

CAPÍTULO 5. PLAN DE ADOPCIÓN BIM



5.3 GENERALIDADES

El caso de estudio se ejecuta en una empresa de edificación, la cual tiene completa disposición para la experimentación y cambio de paradigmas en el uso de su método tradicional.

- a. El estudio del caso tiene como objetivo realizar un plan de adopción BIM para el proyecto denominado Periférico Sur. Cabe mencionar que la empresa no tiene experiencia alguna trabajando con BIM y es parte de los alcances del plan de adopción lo siguiente: Realizar un diagnóstico identificando los flujos de trabajo acostumbrados, herramientas y competencias del personal en la empresa y que se involucren en la ejecución de los proyectos de construcción, tomando en cuenta las fortalezas y debilidades que se puedan evaluar en estos procesos y esto corresponderá como una etapa previa al plan de adopción.
- b. Crear un plan de adopción que contendrá lo siguiente:
 - Identificación de los objetivos y necesidades BIM para Periférico Sur.
 - Criterios de Adopción
 - Usos BIM
 - Necesidades de Infraestructura tecnológica
 - Roles organizativos y dotación de personal
 - Conclusiones.

La metodología que se siguió para la elaboración de este plan de adopción se dividió en dos fases, la primera consistió en investigar el proceso de gestión de proyectos que habitualmente usa la empresa, esta fase fue el primer acercamiento en cuanto a las expectativas que se tiene al incorporarse en materia BIM, en esta fase también se realizaron encuestas a los profesionistas que están involucrados directamente en los proyectos con el fin de saber su conocimiento y disposición para trabajar con este sistema, además de saber también las herramientas o software que ellos conocen o emplean actualmente.

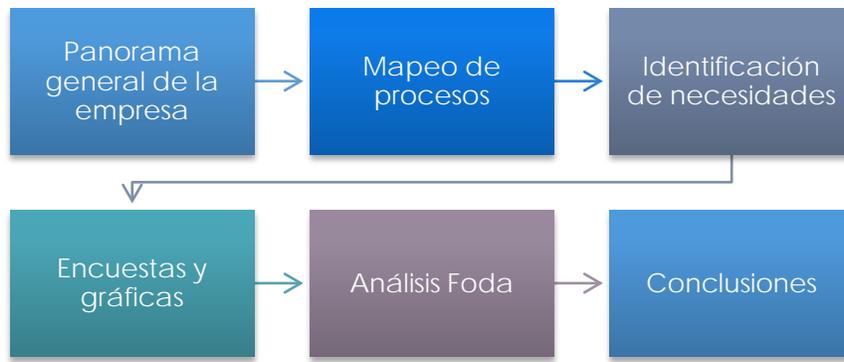


Ilustración 31 Primera fase / Ilustración: propia

La segunda fase, se realizó con base al análisis de la primera, en esta fase en particular se evaluó el proyecto denominado Periférico Sur, el cual, es un proyecto de edificación que pretende desarrollar la empresa, en él se analizó los requisitos que necesita para poder trabajar con este sistema y así poder integrar un plan de adopción BIM.



Ilustración 32 Segunda fase / Ilustración: propia

5.4 PANORAMA GENERAL DE LA EMPRESA

La compañía en la cual se realiza esta tesis por políticas de confidencialidad se denominará ARG, la cual es de origen mexicano, con más de 30 años de experiencia en el mercado, conformada por ingenieros civiles en su mayoría, dedicada principalmente a realizar proyectos de infraestructura comercial, industrial, habitacional y gerencia de proyectos entre otros, su giro comercial es la construcción. Sus clientes son tanto públicos como privados, entre ellos: PEMEX, SCT, Wal-Mart, Telmex, Santander, por nombrar algunos, todos ellos tienen un objetivo compartido en común: lograr de manera eficiente y con éxito sus proyectos.

ARG tiene una estructura de trabajo tradicional, sin embargo, se cuenta con disposición de la gerencia para salir del estado de confort y rutinas del procedimiento tradicional que actualmente se lleva a cabo. La necesidad de requerir el cambio radica principalmente en que los clientes con los que actualmente laboran solicitan adecuarse a la entrega de proyectos usando BIM y también por disposición propia de la empresa en entregar sus proyectos en menos tiempo y con mayor calidad.

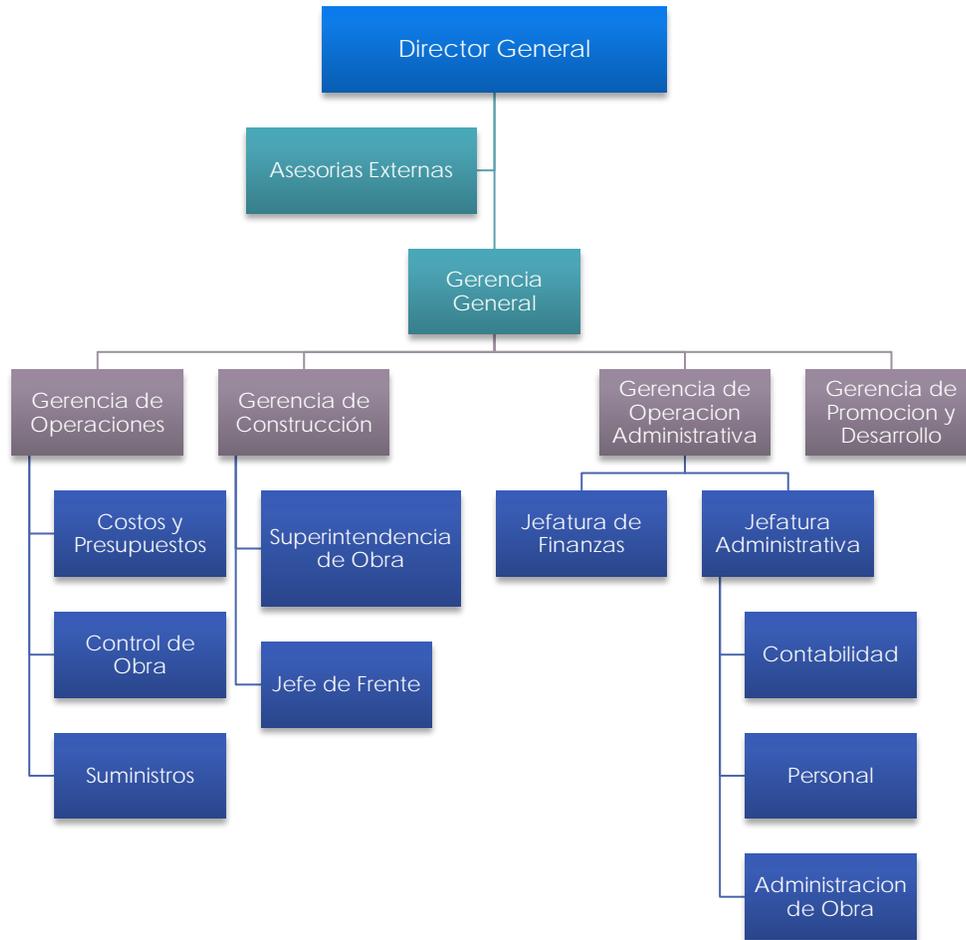
ARG pertenece al grupo de empresas denominadas PYMES donde según el Diario Oficial de la Federación publicado el 30 de junio 2009, las Pymes son clasificadas de la siguiente manera: micro, pequeñas y medianas, en donde ARG se agrupa dentro de la última.

Para entender el panorama general se realiza una primera entrevista a la Gerencia, con la cual se pretende obtener los primeros datos referentes a la ejecución de sus proyectos y metodología general que ARG ya tiene predefinida, más adelante se presentan otras encuestas con diferentes objetivos las cuales se irán detallando posteriormente.

A continuación, se presenta un resumen de las preguntas realizadas y que servirán como apoyo para la elaboración del plan de adopción.

1. ¿Cuántos proyectos se tienen a la vez?
De 3 a 4 proyectos al año
2. ¿Cómo se maneja el personal en cada proyecto?
Por cuadrillas independientes, realmente el personal lo contratamos por cada proyecto nuevo.
3. ¿Cómo se maneja la cuantificación de las obras actuales?
Se hace con hojas de Excel, en una plantilla o a mano.
4. ¿Qué tiempo es el que se tarda cuando se ustedes licitan a alguna dependencia?
2 semanas aproximadamente.
5. ¿Qué esperas al implementar BIM en tu empresa?
Reducción de tiempos y de costos.

- ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE ARG



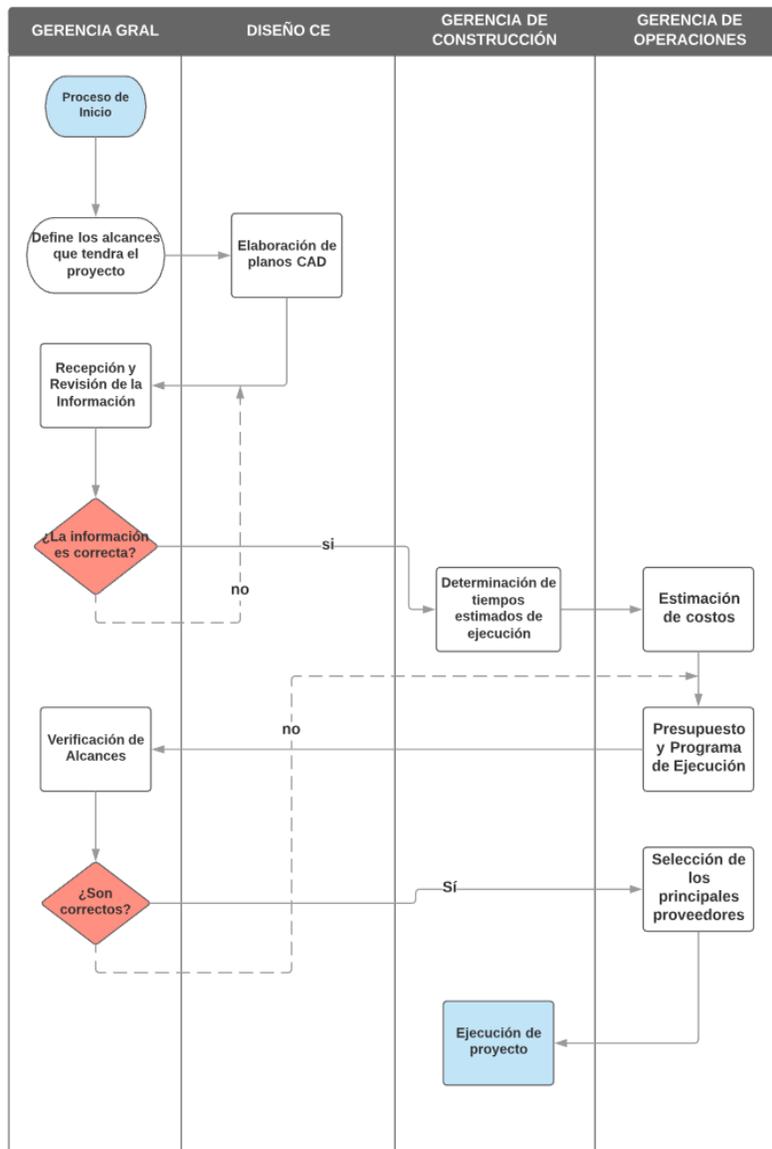
Dentro de la empresa no existe un área de diseño propiamente, pero cabe mencionar que se subcontrata a un despacho de arquitectos e ingenieros dedicados al diseño arquitectónico y estructural, por políticas de confidencialidad este despacho se denominara Diseño CE.

Cada proyecto nuevo es dirigido a Diseño CE para realizar el proyecto arquitectónico y estructural, el cual posteriormente se entregará a ARG e incluirá lo siguiente:

- Planos de ingenierías
- Planos arquitectónicos
- Memoria de cálculo estructural y de las ingenierías pertinentes.

Todos los planos se entregan de manera electrónica en formato .dwg a la Gerencia General para su revisión, si la información esta correcta y están de acuerdo con la proyección pasa a la Gerencia de Construcción en donde se estimaran tiempos de construcción y se externaran las observaciones pertinentes de acuerdo al proceso constructivo que es más factible llevar, posteriormente la Gerencia de Operaciones estimara los costos de construcción y emitirá un presupuesto de obra y un programa de ejecución el cual tendrá que ser revisado y comparado de acuerdo a los alcances acordados al inicio del proyecto por la Gerencia General, si esta correcto se remitirá a la Gerencia de Operaciones en donde se realizara la selección de proveedores y por último la Gerencia de Construcción es la encargada de ejecutar el proyecto.

MAPEO DE PROCESOS



5.4.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

Como la mayoría de las empresas constructoras mexicanas, ARG tiene la necesidad de optimizar sus procesos de diseño y de ejecución que actualmente realizan.

Por lo anterior, es preciso identificar los problemas que tiene la compañía en sus proyectos, para poder plantear los objetivos más adecuados y definir una estrategia BIM.

A través de entrevistas con los usuarios y la observación directa en los flujos de trabajo se puede identificar las siguientes necesidades a resolver:

- Se detectan re procesos o re trabajos ocasionados por las diversas modificaciones que hay en los proyectos y que tienen que ser modificadas de manera individual en cada plano, alzado, modelo o tabla, esto significa un aumento en los tiempos de entrega y en procesos de trabajo.
- El proceso de cuantificación es aproximado en cuanto a cantidades, requiere un excesivo tiempo para poder realizarlo de manera exacta
- Los clientes que tiene la empresa solicitan trabajar con la metodología BIM

5.4.2 ENCUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN

Para poder comprender el ambiente en el cual se pretende implementar BIM y con el fin de conocer a los profesionistas que trabajan en ARG, así como saber su conocimiento en el tema BIM y su preparación académica se realiza esta encuesta a todos los empleados de ARG que están involucrados propiamente en los proyectos de Edificación.

- Ficha Técnica de la Encuesta

Fecha de inicio:	01/septiembre/2018
Fecha de fin:	01/Noviembre/2018
Total de días:	62 días
Medio de difusión:	Correo electrónico
Cantidad de encuestados:	10
Número de preguntas:	19

▪ Lista de Preguntas

No.	Preguntas	Sin Conocimiento del Tema BIM	Con Conocimiento del Tema BIM
1	¿En qué rango de edad se encuentra? - Menor a 20 años - 21 años a 25 años - 26 años a 30 años - 31 años a 40 años - Mayor a 40 años	X	X
2	¿Qué grado académico tiene? - Preparatoria - Licenciatura - Maestría - Doctorado	X	X
3	¿Cuál es su Profesión?	X	X
4	¿Qué puesto desempeña?	X	X
5	¿Qué antigüedad tiene en la empresa? - Menos de 1 año - 2 años a 5 años - 5 años a 10 años - Más de 10 años	X	X
6	¿En qué tipo de proyectos ha trabajado en la empresa en la que actualmente labora? - Proyectos de edificación - Proyectos carreteros - Proyectos industriales - Otros.	X	X
7	¿Qué herramientas de software conoce? - Neodata - Staad Pro - Sketch Up - ArchiCAD - Revit - Tekla - Navisworks - Opus - Primavera - Project - Robot	X	X
8	¿Qué herramientas de software utiliza en su trabajo o alguna vez ha utilizado en su experiencia profesional? - Neodata - Staad Pro - Sketch Up - ArchiCAD - Revit - Tekla - Navisworks - Opus - Primavera - Project - Robot	X	X

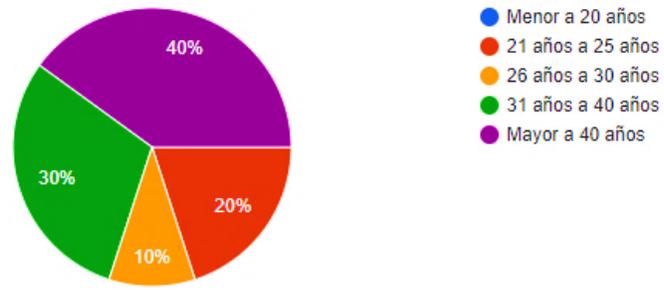
No.	Preguntas	Sin Conocimiento del Tema BIM	Con Conocimiento del Tema BIM
9	¿Tiene alguna certificación en el uso de algún software? - Sí - No	X	X
10	De acuerdo a su experiencia en la empresa que labora ¿Qué porcentaje de sobrecostos tienen los proyectos que realizan normalmente? - No hay sobrecostos - 1% - 20% - 21% - 50% - 51% - 80% - 81% o más	X	X
11	En la empresa en la que usted trabaja ¿Hay retrasos en la entrega de los proyectos? ¿Qué porcentaje? - No hay sobrecostos - 1% - 20% - 21% - 50% - 51% - 80% - 81% o más	X	X
12	Para Usted, ¿Cuáles son los factores que atribuyen a que los proyectos tengan sobrecostos y retrasos? - Incompleta definición de alcances - Re-trabajos - Inexactitud en los estimados de costos - Planeación deficiente	X	X
13	¿En la empresa en la que labora existe alguna metodología de administración de proyectos? - Si, adoptamos una metodología del PMI - Si, tenemos una metodología propia - No - No sé	X	X
14	¿Alguna vez ha escuchado hablar sobre BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)? - Sí - No	X	X

No.	Preguntas	Sin Conocimiento del Tema BIM	Con Conocimiento del Tema BIM
15	Usted cree que BIM es: - Una metodología - Un software - Un sistema constructivo - Una teoría de diseño	x	x
16	¿Qué tan dispuesto está usted en aprender un nuevo software para realizar su trabajo?	x	x
17	En donde conoció el concepto BIM: - En la universidad - En el trabajo - En una conferencia - CMIC		x
18	Usted cree que la utilización de BIM en los proyectos es: a) Una moda que no va a trascender b) Un fenómeno pasajero c) Es una tendencia actual en los proyectos y con trascendencia		x
19	Usted cree que la forma en la que tradicionalmente se ejecutan los proyectos en su trabajo ¿Debería mejorar? a) Si b) No		x

5.4.2.1 ESTADISTICAS

- Pregunta 1.

¿En que rango de edad se encuentra?

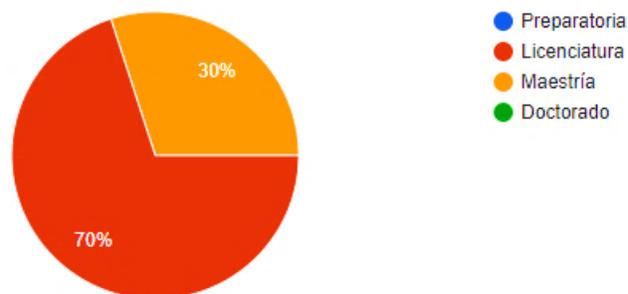


Gráfica 40 Rango de edades ARG / Fuente: propia

Con el fin de tener un perfil de la población encuestada se realizó esta pregunta, teniendo como resultado que un 40% de los encuestados son mayores de 40 años, seguidos del 30% en un rango de 31 a 40 años, un 20% entre 21 y 25 años y por ultimo un 10% entre 26 y 30 años.

- Pregunta 2.

¿Qué grado Académico tiene?

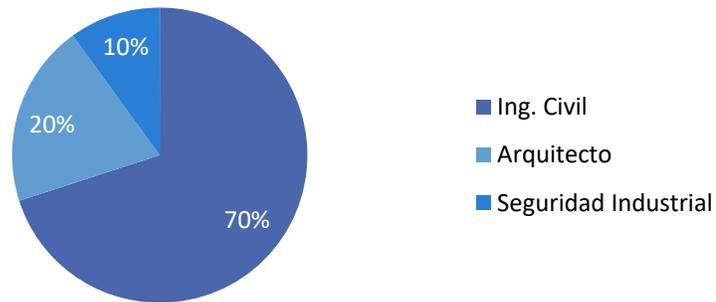


Gráfica 41 Grado académico ARG / Fuente: propia

Más de la mitad de la población encuestada argumenta tener el grado de Licenciatura mientras que un 30% el grado de maestría.

- Pregunta 3.

¿Cuál es su Profesión?

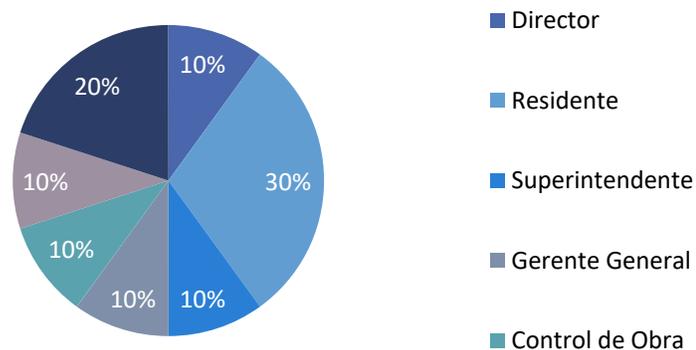


Gráfica 42 Profesión de los encuestados ARG / Fuente: propia

El 70% de la población de los encuestados son Ingenieros Civiles, el 20% Arquitectos y el 10% corresponden a Seguridad Industrial.

- Pregunta 4.

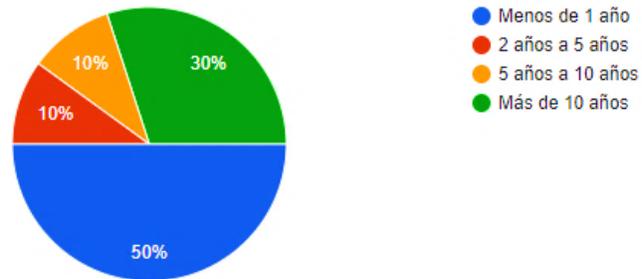
¿ Qué puesto desempeña?



Gráfica 43 Puesto desempeñado ARG / Fuente: Propia

- Pregunta 5.

¿Que antigüedad laboral tiene Usted dentro de la empresa?

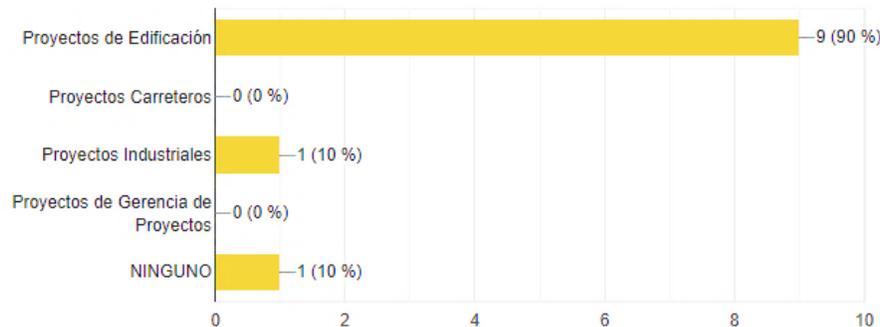


Gráfica 44 Antigüedad de los profesionistas ARG / Fuente: propia

La grafica muestra que la mitad de los empleados de ARG tienen una antigüedad de menos de 1 año, mientras que el 30% tiene más de 10 años.

- Pregunta 6.

¿En que tipo de proyectos ha trabajado en la empresa en la que actualmente labora?



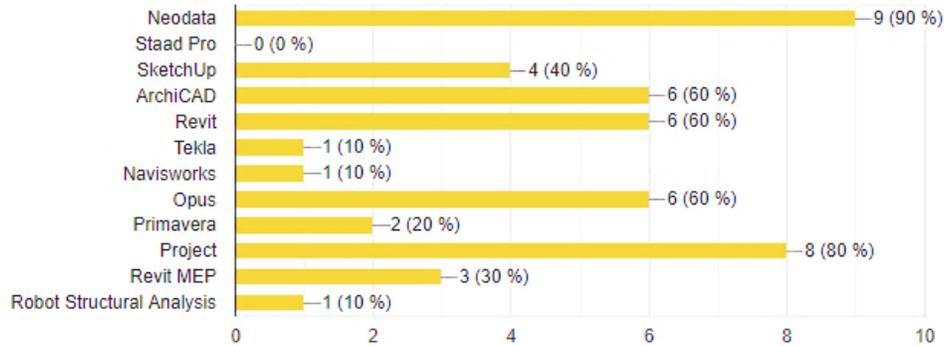
Gráfica 45 Experiencia en proyectos ARG / Fuente: propia

ARG es una empresa que principalmente se dedica a la edificación, por lo tanto no es sorpresa que la experiencia de la mayoría de los trabajadores es en este tipo de proyectos.

- Pregunta 7.

¿Que herramientas de software conoce?

10 respuestas



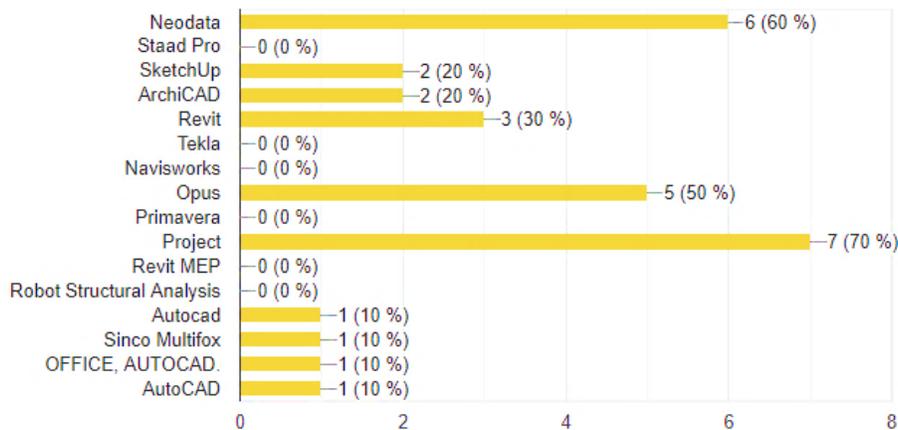
Gráfica 46 Conocimiento de software ARG / Fuente: propia

De acuerdo a la gráfica anterior, la mayoría de los encuestados conoce el software mencionado a excepción del programa Staad Pro, el software más conocido entre la población es Neodata y Project.

- Pregunta 8.

¿Que herramientas de software utiliza en su trabajo o alguna vez ha utilizado en su experiencia profesional?

10 respuestas



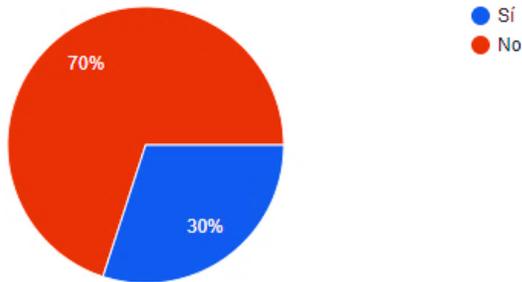
Gráfica 47 Experiencia software ARG / Fuente: propia

La experiencia en cuanto al uso de software, arroja que Project y Neodata son los programas más usados en ARG seguido de Opus y Revit.

- Pregunta 9.

¿Tiene alguna certificación en el uso de algún software?

10 respuestas



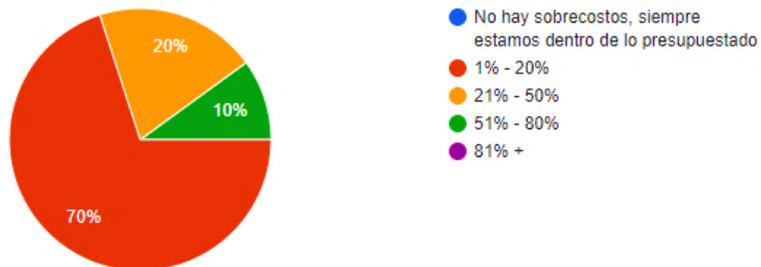
Gráfica 48 Certificación profesionistas ARG / Fuente: propia

El 70% (3) de los encuestados argumenta tener alguna certificación en algún software, como Neodata, AutoCAD e incluso uno de ellos argumenta tener un Diplomado BIM, no obstante, aún existen profesionistas en ARG que no cuentan con alguna certificación.

- Pregunta 10.

De acuerdo a su experiencia en la empresa que labora ¿Qué porcentaje de sobrecostos tienen los proyectos que realizan normalmente?

10 respuestas



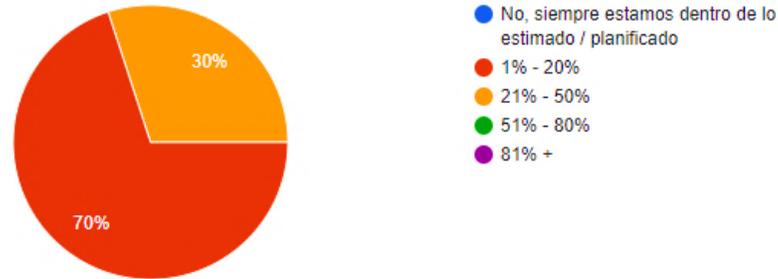
Gráfica 49 Sobrecostos ARG / Fuente: propia

Más de la mitad de la población encuestada dice tener de acuerdo a la experiencia trabajando en ARG entre el 1% - 20% de sobrecostos en los proyectos que realizan, el 20% corresponde al 21% - 50%, mientras que un 10% argumenta tener entre 51% - 80%.

- Pregunta 11.

En la empresa en la que usted trabaja ¿Hay retrasos en la entrega de los proyectos? ¿Qué porcentaje?

10 respuestas



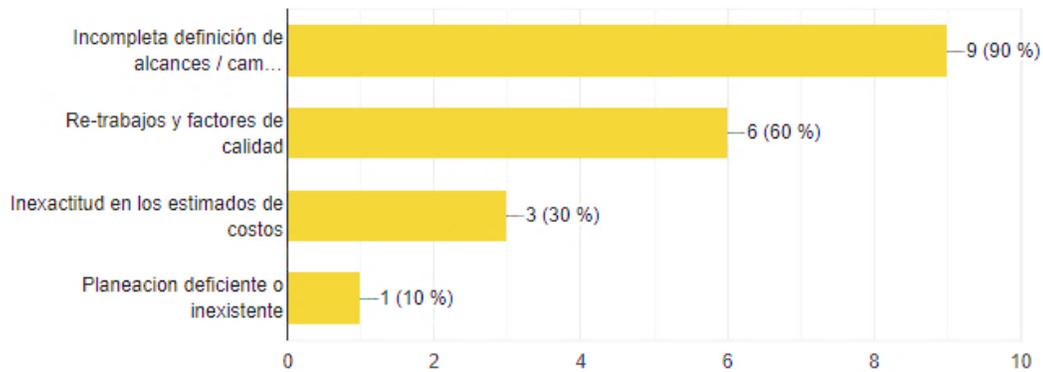
Gráfica 50 Porcentaje de retrasos de proyectos ARG / Fuente: propia

De acuerdo a la experiencia trabajando en ARG, la población encuestada argumenta tener entre 1% - 20% retrasos en los proyectos, y el 30% entre el 21% - 50%.

- Pregunta 12.

Para Usted, ¿Cuáles son los factores que atribuyen a que los proyectos tengan sobrecostos y retrasos?

10 respuestas



Gráfica 51 Factores de sobrecostos y retrasos ARG / Fuente: propia

Según la experiencia de los encuestados, la incompleta definición de alcances y cambios en los proyectos corresponde a una de las causas para que los proyectos tengan sobrecostos y retrasos, los Re-trabajos y factores de calidad en segundo lugar, en tercer lugar la inexactitud de los estimados de costos y por último, la planeación deficiente o inexistente.

- Pregunta 13.

¿En la empresa en la que labora existe alguna metodología de administración de proyectos ?

10 respuestas



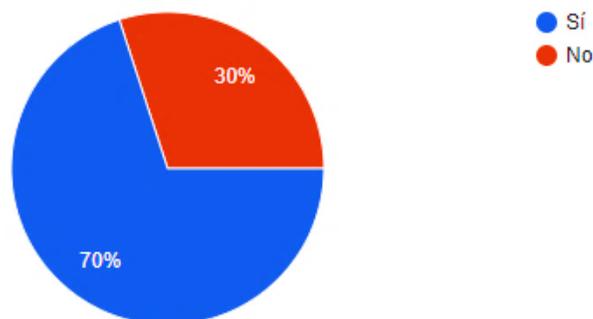
Gráfica 52 Metodología de administración de Proyectos en ARG / Fuente: propia

El 40% de los encuestados argumenta que en ARG no se tiene una metodología de administración de proyectos, mientras que el 30% dice que en ARG cuentan con una propia, y el otro 30% dice no saber si existe en ARG.

- Pregunta 14 Filtro 01

¿Alguna vez ha escuchado hablar sobre BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)?

10 respuestas



Gráfica 53 Filtro 01 conocimiento de BIM en ARG / Fuente: propia

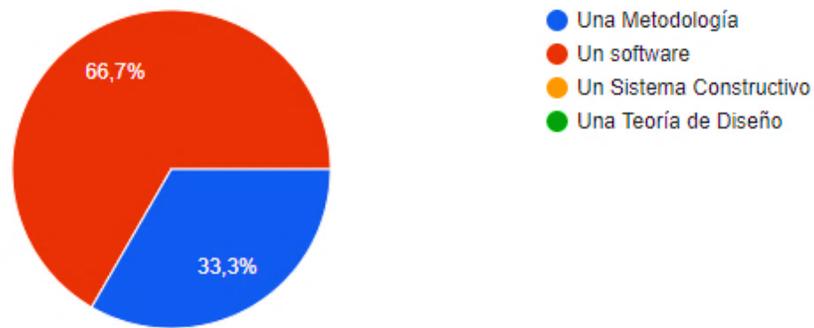
Con esta pregunta se pretende dividir a la población en los profesionistas que tienen algún tipo de conocimiento y los que no tienen conocimiento del tema BIM. De acuerdo a sus respuestas más de la mitad argumenta conocer que es BIM, mientras que solo un 30% dice no saber a qué se refiere este término.

Preguntas pertenecientes al Filtro "Sin conocimiento del tema BIM"

- Pregunta 15.

Usted cree que BIM es:

3 respuestas



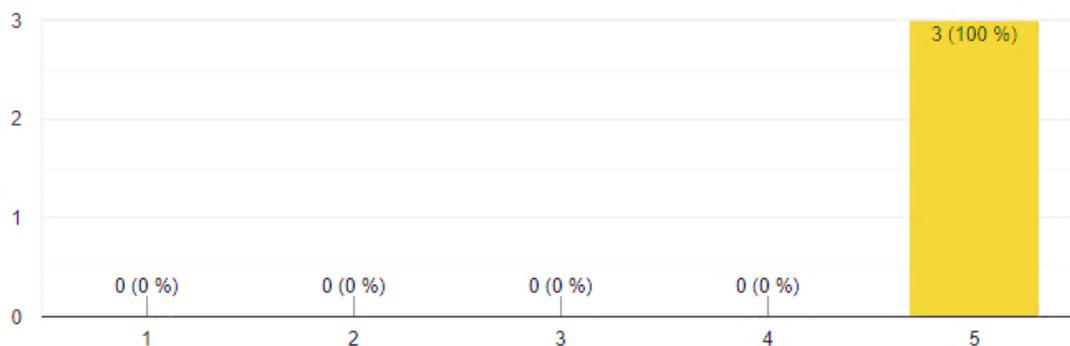
Gráfica 54 Conocimientos de BIM parte 2 ARG / Fuente: propia

De acuerdo con las respuestas de la población que no tiene conocimiento en el tema BIM, más de la mitad de ellos asocia el término con un software, mientras que el resto como una metodología.

- Pregunta 16.

¿Qué tan dispuesto está usted en aprender un nuevo software para realizar su trabajo?

3 respuestas



Gráfica 55 Motivación profesionistas ARG / Fuente: propia

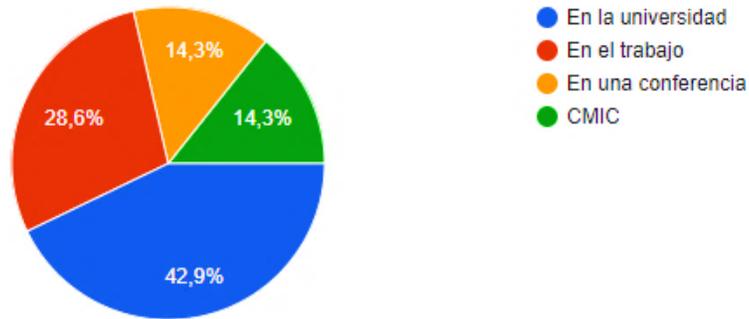
Todos los encuestados dicen tener la disponibilidad de aprender un nuevo software para realizar su trabajo.

Preguntas pertenecientes al Filtro "Con conocimiento BIM"

- Pregunta 17.

En donde conoció el concepto BIM

7 respuestas



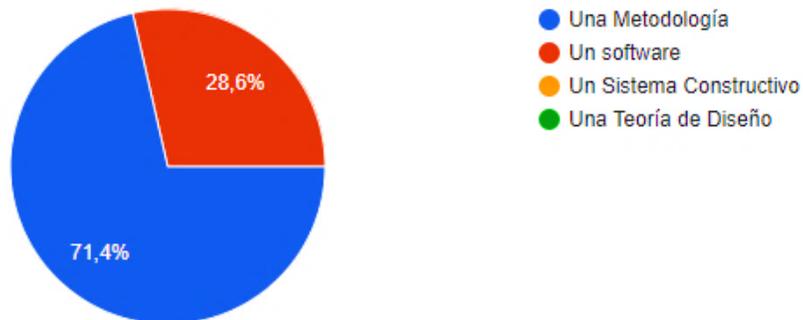
Gráfica 56 Filtro 02 ¿Donde conoció BIM? / Fuente: propia

El 42.9% de la población dice haber conocido el termino en la Universidad, mientras que el 28.6% en el trabajo, el resto por partes iguales dice conocerlo por haber asistido a una conferencia y por la CMIC.

- Pregunta 15 perteneciente al filtro "Con conocimiento BIM".

Usted cree que BIM es:

7 respuestas



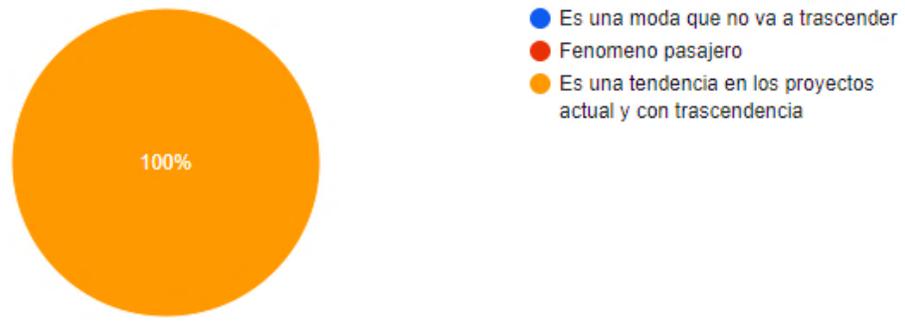
Gráfica 57 Conocimientos de BIM ARG / Fuente: propia

A pesar de que la población en este filtro dice conocer sobre el tema BIM, aún existe entre ellos la creencia de que BIM es un software (28.6%) mientras que más de la mitad sabe que es una metodología.

- Pregunta 18.

Usted cree que la utilización de BIM en los proyectos es:

7 respuestas



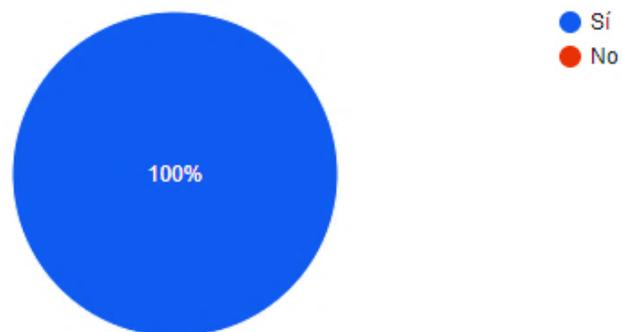
Gráfica 58 Creencias sobre BIM en los proyectos ARG / Fuente: propia

Todos los encuestados argumentan que BIM es una tendencia en los proyectos actual y con trascendencia.

- Pregunta 19.

Usted cree que la forma en la que tradicionalmente se ejecutan los proyectos en su trabajo ¿debería de mejorar?

7 respuestas



Gráfica 59 Mejora en ejecución de los proyectos ARG / Fuente: propia

¿Porqué?

7 respuestas

- Porque siempre todo es mejorable
- para mejorar procedimientos
- Porque en la actualidad existen mayores herramientas las cuales nos ayudarían a un mejor desarrollo del proyecto.
- Para obtener mejores resultados
- PORQUE GENERALMENTE LOS PROYECTOS SE TERMINAN A DESTIEMPO Y CON IMPORTANTES SOBRECOSTOS
- Se deben incorporar todas las herramientas disponibles en el mercado que faciliten la gestión de los proyectos
- Porque se necesita tener un mayor control en la construcción, para evitar tanto sobrecosto

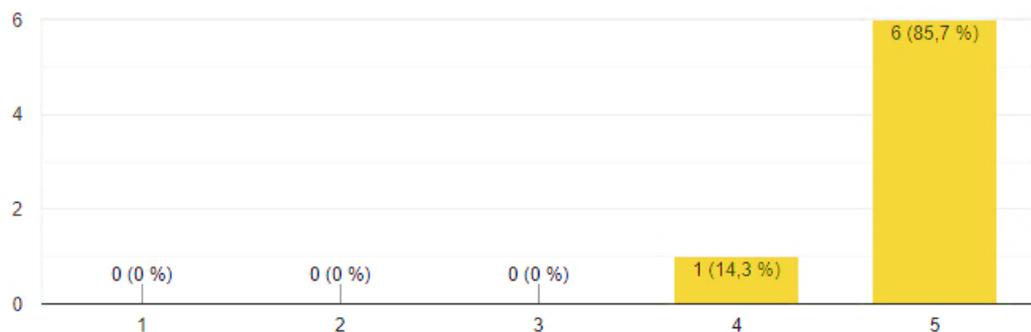
Gráfica 60 ¿Por qué deberían mejorar los proyectos en ARG? / Fuente: propia

Todos los entrevistados creen que la forma en la cual se ejecutan los proyectos en su trabajo debería mejorar, las razones por las cuales deberían de mejorar son variadas, sin embargo, entre ellas está evitar sobrecostos y obtener mejores resultados en la ejecución de los proyectos.

- Pregunta 16 perteneciente al filtro "Con conocimiento BIM".

¿Qué tan dispuesto esta usted en aprender un nuevo software para realizar su trabajo?

7 respuestas



Gráfica 61 Motivación profesionistas parte 2 / Fuente: propia

La mayoría de los entrevistados, correspondiente al 85.7% están dispuestos en un 100% a aprender un nuevo software para desempeñar su trabajo.

5.4.3 ANALISIS FODA

Para estudiar las características internas y situación externa de la empresa, se decidió realizar una análisis FODA y poder plantear las estrategias para implementar BIM.

Tabla 12 Matriz FODA de ARG

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -LA EMPRESA ES DIRIGIDA POR EL MISMO PROPIETARIO DE LA EMPRESA Y CUENTA CON UN PRESTIGIO EN EL MERCADO -EQUIPO CONSIENTE Y COOPERATIVO FRENTE AL CAMBIO DE PARADIGMAS -RECURSOS FINANCIEROS Y ADQUISITIVOS 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -FALTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO EN PROCESOS -SOBRESATURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA TÉCNICA ANTE NUEVOS PROYECTOS.
<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -COMPETENCIA DE NUEVAS EMPRESAS -ECONOMIA ACTUAL -INCERTIDUMBRE SOBRE LA RENOVACION DE CONTRATOS 	<p><u>ESTRATEGIAS FA</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - CON UN EQUIPO CON DISPONIBILIDAD AL CAMBIO DE PARADIGMAS SE PUEDE ADOPTAR LA METODOLOGÍA BIM CON MAYOR FACILIDAD Y PODER COMPETIR CON LAS NUEVAS EMPRESAS QUE INCURSIONAN EN EL MERCADO - CON EL PRESTIGIO QUE TIENE LA EMPRESA SE PUEDE CONSEGUIR NUEVOS CONTRATOS CON CLIENTES POTENCIALES SIN DESCUIDAR A LOS CLIENTES QUE YA SE TIENE ALGUN TIPO DE EXCLUSIVIDAD - CON LOS RECURSOS FINANCIEROS Y ADQUISITIVOS QUE TIENE LA EMPRESA SE PUEDE HACER FRENTE A LA ECONOMIA ACTUAL, DISMINUYENDO LA NECESIDAD DE FINANCIAR LOS PROYECTOS POR MEDIO DE PRÉSTAMOS BANCARIOS. 	<p><u>ESTRATEGIAS DA</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM SE PODRÁ MITIGAR LA FALTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS -CON LA IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGÍA BIM SE TENDRA MEJOR RESPUESTA TECNICA ANTE LOS NUEVOS PROYECTOS Y POR LO TANTO UN MEJOR CUMPLIMIENTO DE CONTRATO CON EL CLIENTE Y ASI TENER MAS CERTIDUMBRE EN CUANTO A LA RENOVACIÓN DE CONTRATOS.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -SE CUENTA CON UN MERCADO NACIONAL AMPLIO -EXISTEN CAPACITACIONES DE LA METODOLOGÍA BIM -EXISTE UN MERCADO AMPLIO DE CAPACITACIONES DE SOFTWARE BIM -PROMOVER SU DIVERSIFICACIÓN EN OTROS SECTORES DE LA CONSTRUCCIÓN 	<p><u>ESTRATEGIAS FO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -CON UN EQUIPO COOPERATIVO SE PODRA APROVECHAR LAS CAPACITACIONES PARA LA METODOLOGIA BIM Y TAMBIEN LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS -CONTAR CON PRESTIGIO EN EL MERCADO PERMITIRÁ QUE LA EMPRESA CONTINUE EN LA COMPETENCIA DONDE EL MERCADO ES AMPLIO Y SU DIVERSIFICACION EN DIVERSOS SECTORES DE LA CONSTRUCCIÓN -CON LOS RECURSOS FINANCIEROS Y ADQUISITIVOS QUE TIENE LA EMPRESA TIENE LA OPORTUNIDAD DE CAPACITARSE EN HERRAMIENTAS BIM QUE MAS SATISFAGAN A LAS NECESIDADES EN LOS PROYECTOS. 	<p><u>ESTRATEGIAS DO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -CON LA IMPLEMENTACION DE UNA NUEVA METODOLOGÍA SE PODRA SOLVENTAR LA FALTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS, ESTO HARÁ A LA EMPRESA MAS COMPETITIVA EN EL MERCADO NACIONAL - CON LAS DIVERSAS CAPACITACIONES QUE EXISTEN DE LOS SOFTWARES Y LA METODOLOGÍA BIM SE HARÁ FRENTE A LA SOBRESATURACIÓN DE RESPUESTA TECNICA A LOS NUEVOS PROYECTOS QUE PUEDAN SURGIR.

5.5 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Para poder dar una visión general de lo que este proyecto incluye, en esta parte del capítulo se describirá el caso con la ayuda del proyecto ejecutivo, de las principales estructuras de organización y de sus partes involucradas.

5.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: PERIFÉRICO SUR

Periférico Sur es un proyecto de edificación de vivienda de interés medio, ubicado al sur de la Ciudad de México en un terreno de aproximadamente 180.50 m², estará conformado por 5 niveles de departamentos, los cuales tendrán amenidades como gimnasio, salón de juegos infantiles y algunos de ellos bodegas, tendrá 1 planta de estacionamiento construida a nivel de calle y su ubicación será privilegiada por estar en esquina colindando con una de las principales vías de comunicación en la CDMX.



Ilustración 33 Ubicación del Proyecto / Fuente: Google Earth

En la siguiente tabla se muestra la distribución de acuerdo a los pisos y áreas del proyecto ejecutivo.

DISTRIBUCION AREAS	AREA (m ²)
GENERAL	
AREA POR CONSTRUIR	961.7 m ²
AREA DE TERRENO	180.5 m ²
PLANTA BAJA	
ESTACIONAMIENTO	120.8 m ²
VESTIBULO	17.7 m ²
BODEGA	3.5 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
CASETA	12.8 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
PLANTA PRIMER PISO	
VESTIBULO	15.4 m ²
BODEGAS	30.4 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
BAÑOS	9.1 m ²
SALON DE JUEGOS	50.6 m ²
PLANTA SEGUNDO PISO	
DEPARTAMENTO	100.6 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
VESTIBULO	4.0 m ²
PLANTA TERCER PISO	
DEPARTAMENTO	100.6 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
VESTIBULO	4.0 m ²
PLANTA CUARTO PISO	
DEPARTAMENTO	100.6 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
VESTIBULO	4.0 m ²
PLANTA QUINTO PISO	
DEPARTAMENTO	100.6 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
VESTIBULO	4.0 m ²
PLANTA SEXTO PISO	
DEPARTAMENTO	100.6 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
ESCALERA Y ELEVADOR	13.4 m ²
VESTIBULO	4.0 m ²
PLANTA AZOTEA	
ESCALERA	14.1 m ²
CUBO DE LUZ	12.3 m ²
AZOTEA	104.7 m ²

Tabla 13 Áreas del Proyecto Periférico Sur

El proyecto arquitectónico y estructural fue realizado por Diseño CE, ARG se encargará de construirlo y gerenciarlo de principio a fin.

Una de las razones por la cual ARG ha decidido involucrarse en la metodología BIM con este proyecto en específico, es porque, juega el papel de dueño y constructor, por lo tanto, tiene la injerencia de solicitar a sus subcontratistas los requerimientos necesarios para poder realizar este proyecto con BIM.

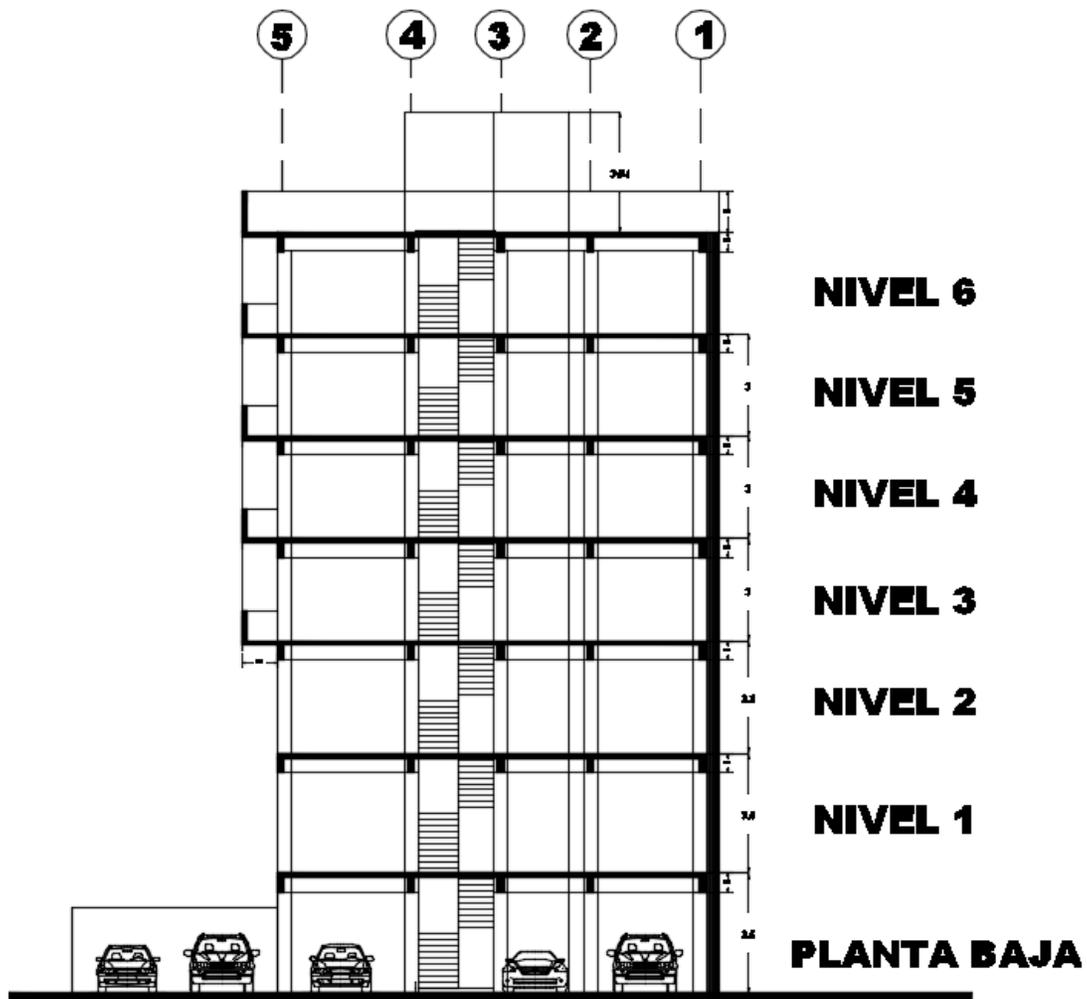


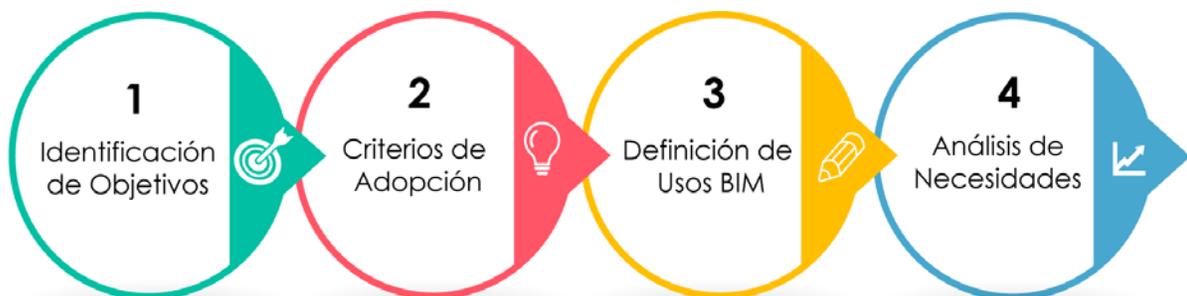
Ilustración 34 Planta esquemática del proyecto

5.6 DIAGNOSTICO Y PLAN DE ADOPCIÓN

En México el desarrollo de proyectos con BIM es un tema relativamente nuevo, debido a esto, aun no existe como tal un protocolo o estándares de calidad que permitan adoptar la metodología de manera directa de las guías existentes, pues principalmente, no se cuenta con el nivel de organización o capacidad que recomiendan esas guías; además de que, es importante mencionar, que en ellas se hablan de los planes de ejecución, los pasos y recomendaciones que debe de seguir la empresa en el camino de implementar BIM, sin embargo, como se menciona en el marco teórico, no es de manera general que se pueda aplicar, si no, que requiere un análisis particular en cada compañía.

La propuesta de realizar un plan de adopción conseguirá una previa visión en cuanto a temas de objetivos, usos potenciales de BIM, capacitaciones requeridas para el personal de la empresa, requerimientos necesarios en el área de diseño, y todas aquellas actividades previas para hacer una evaluación y preparación para un adecuado plan de ejecución que permita la inclusión a este método.

Cabe mencionar que en estos documentos o guías existen puntos que son rescatables y que pueden servir como base para la elaboración de un plan de adopción, como por ejemplo: el "BIM Project Execution Planning Guide" (Guía de planificación de ejecución de proyectos BIM), en donde se describen estrategias generales para desarrollar un plan de ejecución y que será tomados en cuenta para el caso de estudio.



5.6.1 IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS

El plan de adopción comienza al analizar las necesidades del proyecto y por ende de la empresa para poder incorporar el flujo de trabajo BIM a la metodología que actualmente se tiene en el proceso del desarrollo del proyecto Periférico Sur.

A continuación, se presenta una tabla en la cual se plantean los objetivos que tiene ARG por cumplir con sus clientes, así como el uso potencial de BIM dentro de estos objetivos.

Prioridad (1-3) 1=Muy importante	Objetivos	Uso potencial de BIM
1	Estimar con precisión las cantidades de material	5D Estimación de Costos
1	Mantenerse dentro de las restricciones presupuestarias	5D Estimación de Costos
2	Incrementar la productividad	Coordinación en 3D, Revisiones de diseño
1	Eliminar posibles conflictos en la construcción	Coordinación en 3D

Tabla 14 Objetivos y usos potenciales de BIM

5.6.2 CRITERIOS DE ADOPCIÓN

Según Bilal Succar "...Para implementar BIM se requiere el desarrollo de esfuerzos en tres áreas, como son: Área de Tecnología, Área de Procesos y Área de Políticas." (Succar,2008), como se muestra en la siguiente ilustración.

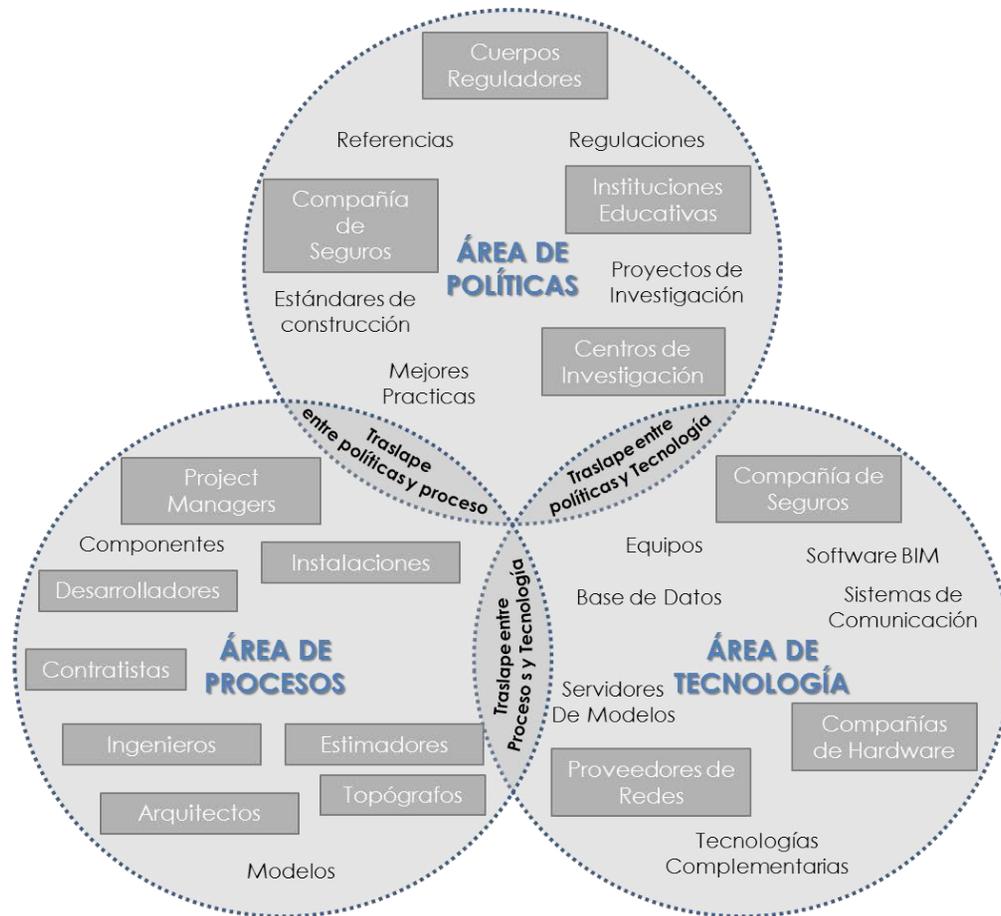


Ilustración 35 Criterios de Adopción / Fuente: Bilal Succar 2008 / Ilustración: propia

- **ÁREA DE TECNOLOGÍA**

Esta área se refiere a la inversión que se tiene que hacer para la adquisición de hardware y software, además de las capacitaciones que serán en su caso requeridas entre los profesionistas que laboran en ARG.

En esta propuesta solo se hará referencia al software y a las capacitaciones del personal tomando en cuenta los objetivos de ARG, la interoperabilidad entre los programas y el perfil de los profesionistas y trabajos hechos con anterioridad.

- **ÁREA DE PROCESOS**

Esta área se refiere a documentar los procesos, procedimientos y requisitos que serán empleados a lo largo del proyecto y que principalmente se presentan en "mapas de procesos".

Estos documentos deberán de establecer los atributos organizacionales, comunicativos, estratégicos, técnicos y todos aquellos que se enfoquen a la calidad del proyecto.

En esta propuesta se hará referencia a los procesos de diseño y de costos que servirán como base para realizar posteriormente el plan de ejecución BIM en donde se desarrollarán más específicamente.

- **ÁREA DE POLITICAS**

Esta área se refiere a los principios o reglas para guiar la toma de decisiones y que deben de estar por escrito, requiere una formalización a través de la creación de áreas especializadas para la aplicación de BIM, así como centros de investigación, soporte técnico, áreas para la preparación de profesionales, etc.

Siendo este nivel el más avanzado y que requiere mayor detalle por la estructura que conlleva en la presente investigación se trabajara en el plan de adopción los dos primeros campos que son el de software y capacitaciones del personal y el de procesos.

5.6.3 USOS BIM

De acuerdo a la tabla 1 que se presentó en el punto 6.6.1, los usos de BIM que ya fueron identificados se someten a una evaluación para su empleo, identificando lo siguiente:

1. Usos potenciales de BIM
2. Responsables
3. Valor de la capacidad de cada responsable para cada uso BIM identificando:
 - Recursos (R): ¿Tiene ARG los recursos necesarios para implementar BIM?
 - Competencia (C): ¿La parte responsable tiene el know-how del éxito?
 - Experiencia (E): ¿Tiene experiencia en cuanto al uso de BIM la parte responsable?
4. Identificar los recursos adicionales o competencias requeridas
5. Determinar si se debe o no de implementar cada uso BIM de acuerdo a las características tanto del proyecto como del equipo.

Tabla 15 Usos BIM

USOS BIM	VALOR PARA EL PROYECTO	ENTIDAD / RESPONSABLE	VALOR PARA LA ENTIDAD / RESPONSABLE	EVALUACIÓN DE CAPACIDADES			RECURSOS ADICIONALES O COMPETENCIAS REQUERIDAS	SEGUIMIENTO
	ALTO/MEDIO/BAJO		ALTO/MEDIO/BAJO	ESCALA 1-3 (1 = BAJO)				
				R	C	E		
Modelado 3D	Alto	Espacio CE	Alto	1	2	1	Requiere capacitación para trabajar en modelos en 3D y software	SI
Coordinación en 3D	Alto	Gerencia de Operaciones	Alto	1	1	1	Requiere habilidad para navegar, revisar y manipular un modelo en 3D	SI
		Subcontratistas	Alto	1	1	1		
		Gerencia de Construcción	Alto	1	1	1		
Estimación de los costos	Alto	Gerencia de Operaciones	Alto	2	1	2	Capacitación para manipular los modelos para adquirir cantidades	SI
Coordinación de la construcción	Medio	Gerencia de Construcción	Alto	1	2	1	Requiere habilidad para navegar, revisar y manipular un modelo en 3D	SI
		Gerencia de Operaciones	Alto	1	2	1		
		Subcontratistas	Alto	1	1	1		

5.6.4 NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

▪ SOFTWARE

Teniendo en cuenta la variedad de herramientas BIM que existen en el mercado y según los objetivos de negocio que ARG desea lograr, se propone a la empresa utilizar Revit como parte de la nueva infraestructura tecnológica necesaria para la coordinación en 3D, tomando en cuenta los siguientes criterios de selección:

- La interfaz del software es fácil de usar y similar a AutoCAD, además de que hay distintas capacitaciones a este software y certificaciones, también es conocido por la mayoría de los empleados de ARG y por lo tanto se considera que podría tener una excelente aceptación y adaptación en los proyectos por parte del personal.
- Existe una compatibilidad entre AutoCAD y Revit
- Existen en el mercado una extensa variedad de productos del software Revit que cubren todas las disciplinas de la construcción

▪ HARDWARE

Los software BIM requieren una buena capacidad de almacenamiento y memoria RAM, tarjeta gráfica y procesador potente, por lo tanto, el hardware es una herramienta fundamental en la implementación BIM por el manejo de información de distintos usuarios y disciplinas.

La elección del Hardware no es tema de este plan de adopción sin embargo se hace la recomendación de elegir el hardware con mayor demanda y más apropiado para la mayoría de los Usos BIM.

Especificaciones:

Sistema Operativo Windows 10 64 bits,
Procesador i7, RAM 16 GB, Video de 2GB, Tarjeta de
Red, monitor 17" etc.

5.6.5 ROLES ORGANIZATIVOS Y DOTACIÓN DE PERSONAL

Los roles y responsabilidades del personal encargado del proyecto deben de ser asociados a cada uso de BIM que se ha seleccionado con anterioridad.

En ARG como caso particular por ser una empresa que no cuenta con experiencia BIM se deben de incorporar los siguientes perfiles, los cuales conformaran un equipo de planificación que será el encargado de ver el número necesario de personal por puesto de trabajo para completar los usos de BIM, las horas de trabajo estimadas, las ubicaciones principales del equipo que completará el uso y la identificación del contacto principal del equipo para ese uso.

Se pretende que la incorporación de estos nuevos perfiles sea para dar fluidez en los procesos BIM que se pretenden incorporar a ARG, así como agregar valor a cada área de trabajo.

Se entiende que estos nuevos perfiles tienen ya el conocimiento de las herramientas BIM que se utilizaran durante el proyecto.

Disciplinas (Rol)	Responsabilidades en el Plan de Ejecución	Responsabilidades en la aplicación de BIM
BIM Manager	Coordinar los usos de BIM en el proyecto, compartir actividades, control de calidad, responsabilidades del modelo y documentos.	Supervisar, coordinar, gestionar, ejecutar, e intercambio de información del modelo.
Coordinador BIM	Formular con el BIM manager el mapa de uso BIM para la construcción y pre-construcción	Modelar, revisión e intercambio de información del modelo.

5.6.5.1 NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EXISTENTE

Inicialmente se opta por sugerir la capacitación de acuerdo a las áreas y usos de BIM presentados anteriormente, es importante definir en un inicio la plataforma de software en la cual se estará trabajando para ayudar a remediar posibles problemas de interoperabilidad.

USO BIM	ENTIDAD / RESPONSABLE	SOFTWARE	AÑO
Modelo 3D	Diseño CE	Autodesk Revit	2019
Estimación de Cantidades	Gerencia de Operaciones		
Coordinación 3D	Gerencia de Construcción		
Coordinación de la Construcción	Gerencia de Construcción Gerencia de Operaciones		

5.6.5.2 ESTANDARIZACION DEL MANEJO DE LA INFORMACION

La siguiente propuesta se hace con el fin de lograr tener productos con la suficiente información de detalle posible y con el contenido LOD requerido de acuerdo a los usos BIM de ARG.

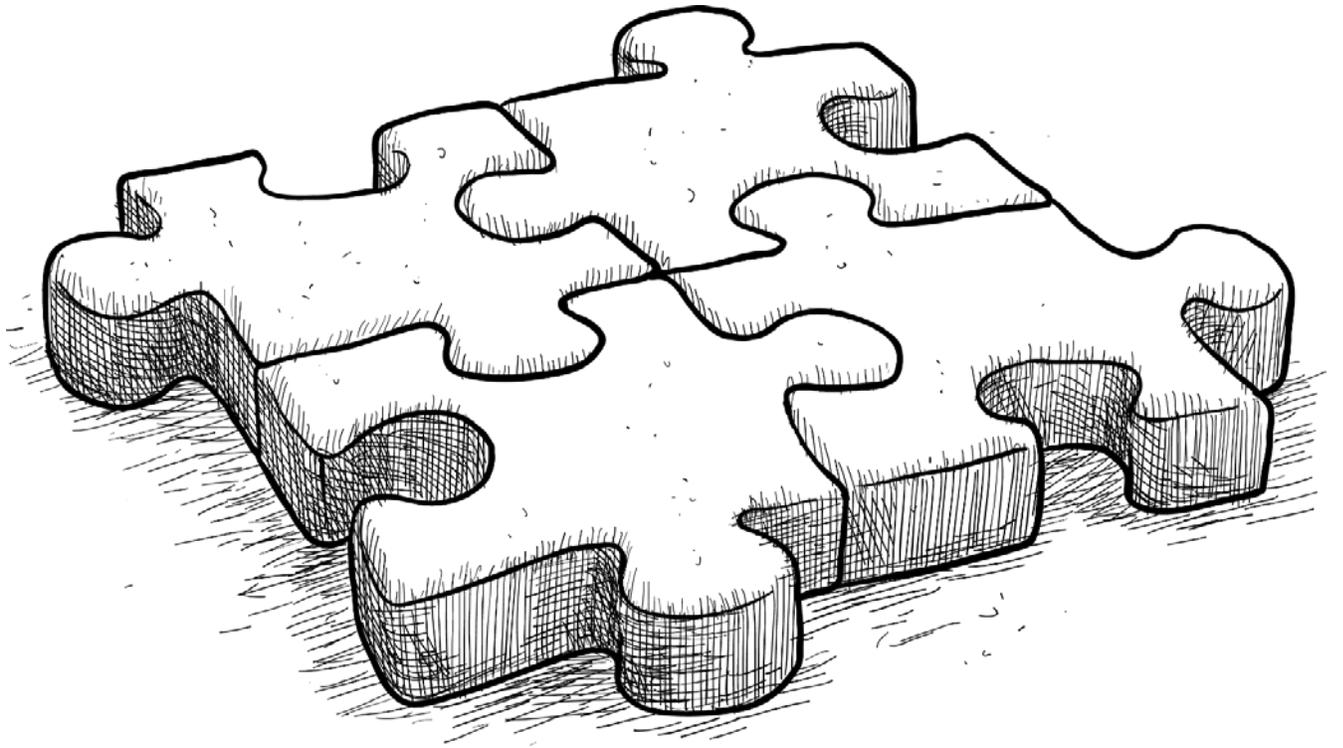
Los formatos de intercambio de archivo se proponen de la siguiente manera:

- Modelo Arquitectónico: Los modelos arquitectónicos deben de estar realizados con Revit con la versión del software antes preestablecida con Diseño CE.
- Modelo Estructural: se requiere que los modelos estén realizados en Revit con la versión del software antes preestablecida con Diseño CE, ambos modelos (Arquitectónico y Estructural) al ser trabajados por otras oficinas y al tener la intención de usarlos para una dimensión 5D se requiere un nivel de desarrollo de un LOD 300 - 350 donde pueda detallar los soportes y conexiones.
- Modelo MEP: Los modelos de instalaciones deben de estar realizados con Revit con la versión del software antes preestablecida con Diseño CE.

5.7 CONCLUSIÓN CAPITULAR

- Como en cualquier inicio la adaptación a una nueva metodología de trabajo requiere su tiempo, por esto es conveniente realizarlo por partes y por fases.
- En conclusión, la empresa ARG ha comenzado con la primera fase que es investigar y generar un diagnóstico de acuerdo a las necesidades de su empresa y usos muy particulares que requiere de BIM.
- Si bien esta fase, aunque resulta ser un tanto general, el análisis de esta, tiene suma importancia para la implementación y la elaboración de un plan de ejecución BIM, ya que en esta fase se puede identificar los puntos fuertes de la empresa y la identificación particulares de la misma.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES



Como se ha podido comprobar a lo largo de esta investigación, la metodología BIM hace más eficiente el método tradicional de trabajo, sin embargo, representa un gran cambio en la ejecución de los proyectos y esto repercute notablemente, entre otras razones, a la lenta adopción que se presenta en la actualidad en las empresas. La lenta adopción de acuerdo a las encuestas realizadas, figura como una de las mayores desventajas de esta metodología, sin embargo, la cuestión técnica no es la mayor barrera en la adopción, pero sí lo son los recursos humanos, para poder tener una adopción exitosa es necesario que todos los agentes participen en el cambio. Sin duda la implementación de BIM en las organizaciones depende en gran medida de que el mayor interesado sea la gerencia general, para que tomen la iniciativa y sensibilicen a los demás involucrados.

El aporte de BIM a la gerencia de proyectos es de suma importancia, como se pudo constatar a lo largo de la investigación y en el caso de éxito, la comunicación y coordinación entre los participantes se vio beneficiada y potenciada con el uso de este método, tanto es así que en Torre Chapultepec su empleo intervino desde las fases iniciales hasta la culminación de la obra, el trabajo colaborativo de los participantes trajo consecuencias como la disminución de tiempos de entrega, eficiencia en la comunicación de la información e integración de las disciplinas en las diferentes etapas del proyecto, además de esto, el uso del modelo en tres dimensiones (3D), resulto ser un gran beneficio para la visualización de los elementos, detección de interferencias e incoherencias, actividades que no resultan ser tan fáciles de detectar en un modelo en dos dimensiones (2D).

En las encuestas realizadas en el capítulo 4, se puede constatar que los profesionistas tienen conceptos básicos de BIM, sin embargo, muchos de ellos siguen pensando que es solo una herramienta de software, el desconocer las metodologías emergentes y la nueva tecnología genera temor y resistencia al cambio y por consecuencia trae consigo paradigmas como " si algo está funcionando, no debe de ser cambiado, así sea para mejorar", es necesario que las universidades capaciten a sus estudiantes de licenciatura y formen o promuevan la creación de un posgrado en áreas BIM o afines, esto es conveniente para el país, ya que, la industria de la construcción es de vital importancia para la economía del mismo, por lo tanto el tener a los profesionistas capacitados y actualizados repercutirá en tener mayores oportunidades laborales para todos.

A través de las encuestas, se pudo confirmar, contrariamente a lo que se creía que era factor fundamental para el interés y/o adaptación a este método de trabajo, la edad no ha jugado ni ha sido impedimento, según las encuestas y el caso de éxito, para hacer una adopción exitosa, ni tampoco ha sido generadora de resistencia al cambio, esto se puede ver, ya que mayormente la población encuestada a pesar de no tener formación académica en este tema en su etapa universitaria, adquirieron el conocimiento a través de la práctica profesional, otros por medio de cursos extracurriculares y otros más auto capacitándose.

Con respecto al plan de adopción se concluye lo siguiente:

- Se puede constatar que el tema BIM no es una metodología que sustituye a la actual, pero sí es una que acompaña y sirve como herramienta a la gerencia de proyectos que viene relacionada con aspectos del PMI y de otros métodos, que a su vez el trabajar conjuntamente con ellos, lejos de complicar o entorpecer la ejecución, por el contrario, se complementan unos con otros pudiendo coexistir entre ellos y con esto enriquecer notablemente el proyecto.
- El recurso humano, como se ha demostrado a lo largo de esta tesis, es pieza clave, por lo cual en el plan de adopción fue de vital importancia realizar un diagnóstico del personal, para así hallar la manera más eficiente de involucrar según su perfil a cada uno y tener el mejor ambiente posible dentro del proyecto, sin embargo, en el estudio del caso fue una limitante la colaboración que tuvieron algunos profesionistas en cuanto a su participación, de haber sido el caso contrario el trabajo podría ser más enriquecedor en las encuestas de implementación y por lo tanto también en el diagnóstico y plan de adopción.
- El haber identificado el uso BIM dentro del proyecto conforme a las necesidades tanto de capacitación de personal como del software ayudara a la empresa a abatir los costos de implementación.
- Un rol fundamental que se pudo reconocer al plantear el plan de adopción es el BIM manager, el cual es el agente que supervisa y monitorea la implementación, se recomienda que aunque este rol debe de tener una capacitación principal en este tema, también debe de conocer las demás variantes, es decir Lean, IPD, PMI, ya que como se había comentado todas estas se complementan.

Finalmente se concluye que de acuerdo con el trabajo de investigación la implementación de BIM debería de realizarse en las empresas sin importar su tamaño, con tan solo ver los beneficios que trae consigo en la gestión de los proyectos el pasarlos por alto generaría una verdadera desventaja competitiva para cualquier compañía.

BIBLIOGRAFÍA



OBRAS CONSULTADAS.

- Alcántara Rojas Paul. Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. Universidad Nacional de Ingeniería Lima, Perú. Tesis de licenciatura, año 2013.
- Aliia Sharafutdinova. BIM in practice. Saimaa University of Applied Sciences, Programme in Civil and Construction Engineering. Tesis de licenciatura. Finlandia año 2015.
- Aya Hasan Alkhereibi. A Framework for Value Engineering Methodology Application Using Building Information Modeling (BIM). The Islamic University Gaza, Faculty of Engineering. Tesis de maestría, año 2017.
- Bentley Keith, CTO. Does the building industry really need to start over?. Bentley Systems, Incorporated, año 2003.
- Hannes Lindblad. Study of the implementation process of BIM in construction projects. KTH Architecture and the Built Environment, Department of Real Estate and Construction Management. Tesis de maestría. Stockholm 2013.
- Inmaculada Oliver Faubel. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de grado en arquitectura técnica / ingeniería de edificación: diseño de una propuesta. Universitat Politècnica de València, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Tesis doctoral. València, Octubre año 2015.
- Leonid Popov. Implementation of BIM in construction project. Saimaa University of Applied Sciences, Programme in Civil and Construction Engineering. Tesis de licenciatura. Finlandia año 2016.
- McGraw Hill Construction. The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012), SmartMarket Report. Estados Unidos, 2012, 72 págs.
- Pennsylvania State University. Project execution planning guide. Pensilvania, Estados Unidos, 2010, 133 págs.
- Poo Rubio Aurora. El sector de la construcción en México. Arquitectura CYAD, Administración para el diseño. Anuario 2003.
- Porras-Díaz, Hernán; Sanchez-Rivera, Omar Giovanni; Galvis-Guerra José Alberto; Jaimez-Plata, Néstor Albeiro; Castañeda-Parra, Karen Milady. Tecnologías "Building Information Modeling" en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado. Enero - Junio, 2015 vol. 11, no. 1, p. 230-249,

Price Waterhouse Coopers México PWC. Tendencias en proyectos de construcción en México. Publicación en Octubre 2013.

Ramírez Rodríguez David. Aplicación de BIM (Building Information Modeling) en la formulación de proyectos inmobiliarios. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Tesis de maestría, año 2018.

R.G.A. Prinsze. Transformation from 3D modelling to building information modelling, The implementation of BIM in an engineering organization. Delft University of Technology, Construction Management and Engineering. Tesis de maestría, año 2014.

Rueda Callejas Araceli. Implementación del sistema BIM en una empresa constructora. Instituto Politécnico Nacional (IPN), Tesis de licenciatura, año 2018.

Salazar Alzate Manuel Fernando. Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de los proyectos de construcción en la ciudad de Manizales. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de maestría, año 2017.

Tlalpan Bureos Alejandra. Estrategia para la implementación de la tecnología BIM en la empresa Tecnosuelo S.A. de C.V. Instituto Politécnico Nacional (IPN), Tesis de licenciatura, año 2017.

University of British Columbia and École de Technologie Supérieure. Best Practices, Project Report. November 30, 2011, 182 págs.

PUBLICACIONES PERIÓDICAS CONSULTADAS.

Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción CEESCO. Situación actual y perspectivas de la industria de la construcción en México, 10 de agosto 2018, 5 págs.

McKinsey&Company. "Navigating the digital future: The disruption of capital projects" en publicación octubre 2017, 12 págs.

National Building Specification NBS. National BIM Report 2018. Publicado en Mayo 2018, Reino Unido, 27 págs.

----- National BIM Report 2016. Publicado en Abril 2016, Reino Unido, 31 págs.

OTRAS FUENTES CONSULTADAS.

Andrade Roberto. La industria de la construcción. El Economista, dirección de internet: <https://www.economista.com.mx/opinion/La-industria-de-la-construccion-20180130-0110.html>. Fecha de consulta: 29 de marzo 2019.

Arreola, Javier. "La productividad en la construcción, muy baja". Forbes México, dirección de internet: <https://www.forbes.com.mx/la-productividad-en-la-construccion-muy-baja/>. Fecha de consulta: 14 de noviembre 2018.

Bimetriclab. Episodio 10: Efecto del BIM en las fases del ciclo de vida de un proyecto. Espacio LEAN BIM construcción colaborativa, dirección de internet: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto/>. Fecha de consulta: 9 de junio 2018.

Filipe Barbosa, Jonathan Woetzel, Jan Mischke, Maria Joao Ribeirinho, Mukund Sridhar, Matthew Parsons, Nick Bertram y Stephanie Brown. Reinventando la construcción a través de una revolución de la productividad. Instituto Global McKinsey, dirección de internet: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>. Fecha de consulta: 20 de enero 2019.