

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

DIAGNÓSTICO DEL USO DE TECNOLOGÍAS EN LA CONSTRUCCIÓN Y FACTIBILIDAD FINANCIERA DE UN MODELO BIM 5D

JAVIER DURÁN ALARCÓN

Tesis presentada para optar por el grado de:

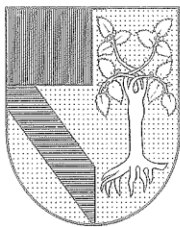
“Maestro en Administración de la Construcción”

Con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,

Según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99

Zapopan, Jal., noviembre de 2017.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Octubre 2017

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que el Sr. Javier Durán Alarcón, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

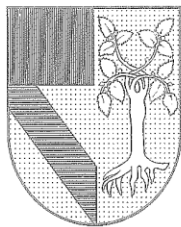
“DIAGNÓSTICO DEL USO DE TECNOLOGÍAS EN LA
CONSTRUCCIÓN Y FACTIBILIDAD FINANCIERA
DE UN MODELO BIM 5D”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

MTRO. RODRIGO NAVARRO GUERRERO



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C. Sr. Javier Durán Alarcón
P r e s e n t e.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

“DIAGNÓSTICO DEL USO DE TECNOLOGÍAS EN LA
CONSTRUCCIÓN Y FACTIBILIDAD FINANCIERA
DE UN MODELO BIM 5D”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN
DE EXAMENES DE GRADO

DEDICATORIAS

A Dios, por darme la dicha de llegar hasta este momento de plenitud espiritual, personal y profesional en mi vida.

A mis padres, Sonia y José Aurelio, por brindarme su respaldo, alentándome siempre a alcanzar mis sueños e inculcarme sus valores a través del ejemplo, gracias por su amor, esfuerzos y sabios consejos.

A mi hermana Mariana, por las alegrías e inigualables momentos vividos, espero ser un buen ejemplo a seguir para ti y, ante todo, ser tu mejor amigo con quien siempre podrás contar.

A las Familias Durán Ramírez y Alarcón Rodríguez, por su respaldo moral y por motivarme a alcanzar mis metas.

A mi novia Liliana, quien ha sido mi soporte y mejor amiga, brindándome en todo momento su comprensión y amor incondicional con palabras y gestos de aliento, gracias amor.

A mi primo y compadre, Raymond, por ser como un hermano para mí y apoyarme en mis decisiones personales y profesionales.

A mis amigos, con quienes he compartido inolvidables experiencias de mi adolescencia y juventud. Gracias por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Panamericana, por el conocimiento brindado y por la formación académica recibida.

Al Mtro. Rodrigo Navarro Guerrero, por su invaluable apoyo, compromiso y dedicación en la dirección y revisión de este trabajo, por las atinadas sugerencias para mejorar la calidad de esta investigación y sus consejos como maestro y amigo.

Al Mtro. Francisco Moreno Abril, por su distinguido profesionalismo para aportarme su experiencia y conocimientos, siempre con una gran vocación de enseñanza y también por su invaluable amistad.

A la Mtra. Verónica Cristina Ugalde Álvarez, por su respaldo, coordinación y amables sugerencias a lo largo de mis estudios de maestría y en el proceso de mi titulación.

A todos los profesores de la UP *Campus Guadalajara*, que participaron en mi formación académica; gracias por las herramientas y conocimientos ofrecidos en beneficio de mi desarrollo profesional y personal.

A mis compañeros de Generación, por la fortuna de haberlos conocido y compartir una parte relevante de mi vida. Mis mejores deseos para cada uno de ustedes, y en especial a: José Salazar, Anahí Lizárraga y Martín Hernández.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	1
1.2 Economía del sector de la construcción en México	3
1.3 Antecedentes del uso de Building Information Modeling (BIM)	6
1.4 Hipótesis y objetivos	8
1.4.1 Hipótesis	9
1.4.2 Objetivos generales	9
1.4.3 Objetivos específicos	9
1.5 Estructura capitular de la tesis	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Introducción	11
2.2 Building Information Modeling (BIM)	13
2.3 Beneficios de BIM	16
2.3.1 Técnicos	17
2.3.2 Económicos	18
2.3.3 Gestión del conocimiento en la integración de proyectos	19
2.4 Tipos de Modelos BIM	20
2.4.1 Modelos 3D	21
2.4.2 Modelos 4D	21
2.4.3 Modelos 5D	21
2.4.4 Modelos 6D	22
2.4.5 Modelos 7D	22
2.4.6 Modelos 8D	23
2.5 Retos y riesgos para la adopción de BIM	23
2.6 Administración de proyectos	25
2.6.1 Teorías de la administración	25
2.6.2 La administración contemporánea	27
2.6.2.1 Generación de valor económico agregado	28
2.6.2.2 Servicio a la comunidad	28

2.6.2.3	Desarrollo humano.....	29
2.6.2.4	Continuidad de la empresa	30
2.6.3	Liderazgo.....	31
2.6.4	Selección-contratación de personal	32
2.6.5	La estrategia comercial.....	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		34
3.1	Introducción.....	34
3.2	Tamaño de la muestra.....	34
3.3	Diseño del cuestionario	35
3.3.1	La encuesta.....	35
3.4	Modelo BIM 5D propuesto	36
3.4.1	Modelo tridimensional: BIM 3D	36
3.4.2	Programación y planeación: BIM 4D.....	37
3.4.3	Costos y presupuesto: BIM 5D	38
3.5	Diseño del Modelo Financiero	38
3.5.1	Propuesta administrativa	39
3.5.1.1	El organigrama social y administrativo	39
3.5.1.2	Funciones de los puestos administrativos	39
3.5.2	Evaluación financiera.....	41
3.5.2.1	Valor Actual Neto (VAN)	41
3.5.2.2	Relación Beneficio Costo ⁻¹ (R BC ⁻¹)	42
3.5.2.3	Tasa Interna de Retorno (TIR)	42
3.5.2.4	Tasa de Actualización (TA)	43
3.5.2.5	Razones financieras.....	44
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		45
4.1	Introducción.....	45
4.2	Resultados de la Encuesta	45
4.2.1	Discusión general de la encuesta	65
4.3	Resultados del Modelo BIM 5D propuesto.....	66
4.3.1	Modelo BIM 3D.....	66
4.3.2	Modelo BIM 4D.....	67

4.3.3	Modelo BIM 5D.....	68
4.4	Resultados del Diseño Financiero	71
4.4.1	Estados financieros	71
4.4.1.1	Estado de resultados	72
4.4.1.2	Balance General	72
4.4.2	Razones financieras	73
4.4.2.1	Razones de liquidez.....	73
4.4.2.2	Razones de rentabilidad	74
4.4.2.3	Razones de apalancamiento.....	74
4.4.3	Evaluación financiera.....	74
4.4.3.1	El flujo de efectivo	75
4.4.3.2	TIR del proyecto.....	75
4.4.3.3	Valor Actual Neto (VAN)	75
4.4.3.4	Relación Beneficio Costo ⁻¹ (R BC ⁻¹)	76
4.4.4	Discusión financiera del Modelo BIM 5D	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		78
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES		80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		81
ANEXOS		89

Índice de Tablas

Tabla 1. PIB trimestral de 2016 a junio 2017	4
Tabla 2. Teorías y características de la administración.....	26
Tabla 3. Resultados de la encuesta.....	46
Tabla 4. Resultados de las características y herramientas de BIM	47
Tabla 5. Costo directo de una vivienda.....	69
Tabla 6. Costos indirectos de oficina central.....	71
Tabla 7. Costos indirectos de oficina de campo.....	71
Tabla 8. Razones financieras.....	73

Índice de Figuras

Figura 1. Dimensiones BIM 8D	20
Figura 2. Características BIM 8D	22
Figura 3. Diagrama de procesos para la elaboración de un Modelo BIM 5D.....	37
Figura 4. Organigrama social y administrativo propuesto.....	40
Figura 5. Modelo BIM 3D en Revit 2017	67
Figura 6. Tabla de planificación/cantidades para cálculo de volumetrías	68
Figura 7. Programa de obra en MS Project de una vivienda	68
Figura 8. Flujo de egresos semanal para una vivienda. En pesos de 2017	70

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Profesión afín	49
Gráfica 2. Experiencia profesional más destacada	49
Gráfica 3. Práctica de representación gráfica más utilizada	50
Gráfica 4. Precisión de los planos en 2D en el desarrollo de los proyectos.....	51
Gráfica 5. Diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia	51
Gráfica 6. Método más utilizado para determinar volumetrías.....	52
Gráfica 7. Certidumbre de las volumetrías	53
Gráfica 8. Variabilidad entre lo presupuestado y el costo real.....	53
Gráfica 9. Implementación de software de costos en los presupuestos	54
Gráfica 10. Dificultad en el cobro de estimaciones por cambios en el proyecto	55
Gráfica 11. Frecuencia con la que se realiza planeación/programación.....	55
Gráfica 12. Continuidad en el control de avances	56
Gráfica 13. Interferencias entre obra civil e instalaciones	57
Gráfica 14. Vinculación de los volúmenes del proyecto a software de costos	57
Gráfica 15. Vinculación de los volúmenes de obra a un catálogo de conceptos	58
Gráfica 16. Conocimiento de BIM	59
Gráfica 17. Implementación de BIM en la industria	59
Gráfica 18. Importancia de diversas características que proporciona	60
Gráfica 19. Exigencia de BIM en proyectos	61
Gráfica 20. Sector que exige con mayor frecuencia BIM.....	61
Gráfica 21. Barrera principal para adoptar BIM.....	62
Gráfica 22. Mayor costo para implementar BIM	63
Gráfica 23. Sectores donde se considera relevante implementar BIM	63
Gráfica 24. Ventaja más importante para implementar BIM	64
Gráfica 25. Percepción de BIM en el futuro.....	65

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Tamaño de muestra, población finita.....	35
Ecuación 2. Valor Actual Neto (VAN).....	42
Ecuación 3. Relación Beneficio Costo (RBC ⁻¹).....	42
Ecuación 4. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	43
Ecuación 5. Razones de Liquidez.....	44
Ecuación 6. Razones de Rentabilidad	44
Ecuación 7. Razones de Apalancamiento.....	44

RESUMEN

Palabras clave: Construcción, Tecnologías, Modelo, BIM, Dimensión, Indicadores, Factibilidad y AEC/FM.

La globalización ha generado una agresiva competencia entre las empresas constructoras; en México, el sector tiene baja productividad por el uso de tecnologías tradicionales, reducido crecimiento y baja competitividad. Por esta problemática, los objetivos son: conocer el nivel de implementación de BIM y otras tecnologías en el sector constructor en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal., y determinar la factibilidad financiera de un Modelo BIM 5D con el VAN, la TIR y la RBC⁻¹.

Los profesionistas vinculados al sector son arquitectos, ingenieros civiles e industriales, con experiencias en construcción, gerencia, supervisión, diseño arquitectónico y presupuestos, de los cuales, la representación y visualización gráfica más utilizada es mediante planos CAD 2D, donde se incluyen los diseños arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios y eléctricos, que en su mayoría presentan variaciones entre lo presupuestado y el costo real debido a errores en el diseño e interferencias entre instalaciones y obra civil a pesar de implementar planeación y software de presupuestos y diseño.

La mayoría no usa BIM, pero lo consideran relevante; no analizan la sostenibilidad (6D), ni el programa de operación y mantenimiento (7D), salud, seguridad y bienestar (8D); creen relevante el trabajo interdisciplinario y el sector que más demanda BIM es el privado, aplicado en proyectos industriales, comerciales, de oficinas y residenciales; las principales barreras para su adopción son el desconocimiento del tema y factores organizacionales; el mayor costo mencionado es el tiempo a invertir para ser usuario avanzado, la capacitación y el costo del software, por otra parte, destacan que las ventajas más importantes son: el aumento de la rentabilidad y la productividad entre las disciplinas, la reducción del tiempo en diseño y construcción, interferencias, *retrabajos* y costos. La industria considera que el uso de BIM será una práctica común principalmente en el sector privado debido al aumento de la certidumbre técnica y financiera en la evaluación de proyectos AEC/FM.

ABSTRACT

Key Words: Construction, Technologies, Model, BIM, Dimension, Indicators, Feasibility and AEC/FM.

Globalization has generated aggressive competition among construction companies; in Mexico, the sector has low productivity due to the use of traditional technologies, reduced growth and low competitiveness. Due to this issue, the objectives are: to know the level of implementation of BIM and other technologies in the construction sector in the Metropolitan Area of Guadalajara, Jal., and to determine the financial feasibility of a 5D BIM Model with the NPV, the IRR and the ROI.

The professionals linked to the sector are architects, civil and industrial engineers, with experiences in construction, management, supervision, architectural design and budgets, of which the representation and graphic visualization most commonly used is through 2D CAD drawings, which include architectural, structural, hydro-sanitary and electrical designs, most of it present variations between budgeted and final cost due to design errors and interferences between installations and civil works despite the implementation of planning and budgeting and design software.

Most of them do not use BIM, but they consider it relevant; they do not analyze the sustainability (6D), nor the operation and maintenance program (7D), health, safety and welfare (8D); they believe in the interdisciplinary work to be relevant and the sector that most demands BIM is private, applied in industrial, commercial, office and residential projects; the main barriers to its adoption are ignorance of the topic and organizational factors; the highest associated cost for the use of BIM is the time to invest to be an advanced user, the training and the cost of the software, on the other hand, they emphasize that the most important advantages are: the increase of profitability and productivity between the disciplines, the reduction of time in design and construction, interferences, rework and costs. The industry considers that the use of BIM will be a common practice mainly in the private sector due to the increase of technical and financial certainty in the evaluation of AEC/FM projects.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

A pesar de los avances tecnológicos en el sector constructor y de la urgencia empresarial de trabajar en equipo, en la actualidad los diseñadores trabajan individualmente, realizan el diseño sin consultar al equipo constructor sobre lo que se está planteando; en muchas ocasiones se limitan únicamente a entregar el producto final, el diseño del proyecto. Estas malas prácticas frecuentemente generan errores durante el proceso constructivo, propiciando que se deban hacer cambios en el proyecto debido a las complicaciones surgidas y no estimadas durante la planeación y el diseño; esto genera imprevistos que afectan directamente al costo y duración del proyecto (Maldonado y Zaragoza, 2013). Estos investigadores destacan la necesidad de integrar los procesos de diseño y construcción para aumentar la eficiencia entre los equipos, para obtener mejores resultados y, por ende, mayor rentabilidad. El diseñador debe proporcionar los conocimientos y experiencia referentes a los aspectos conceptuales y espaciales del proyecto al equipo constructor, de manera que se conozca a detalle el proyecto ejecutivo y las especificaciones propuestas en el diseño, conforme se va desarrollando. Así mismo, los constructores deben aportar y complementar la información que el diseñador le vaya demandando, de manera que se consideren los posibles problemas y minimizar los errores que pudiesen presentarse durante la construcción.

Es necesario que cada parte, independientemente de la colaboración que deben tener durante el desarrollo del proyecto, se haga responsable del área correspondiente a su especialización, es decir, el equipo diseñador debe mantener el control del diseño y hacerse responsable por los resultados, mientras que el constructor debe hacerse responsable de los riesgos asumidos respecto a los medios y métodos de construcción, en otras palabras, se requiere un proceso integrado de diseño-construcción.

No obstante, la situación planteada en la actividad económica de la construcción, hoy en día se dispone de herramientas para promover su crecimiento y desarrollo, porque en el escenario global actual existen suficientes Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), derivadas principalmente de: el desarrollo de las telecomunicaciones, la apertura comercial, la transferencia de tecnología y de la generación de información suficiente y diversificada. En este contexto y mediante su adopción es posible promover el crecimiento económico y mejorar las condiciones sociales de los países (Orduz, 2012).

En la actual sociedad del conocimiento, continúa la búsqueda de mejorar la calidad de vida de la población, lo cual es factible mediante el aprovechamiento del conocimiento disponible, en este caso, en el sector constructor, con la aplicación de tecnologías innovadoras generadas con el respaldo de los avances e impactos de las telecomunicaciones. En este sentido, los países deben desarrollar empresarios innovadores, creativos y competitivos, para encaminar sus esfuerzos a la calidad total, en donde la Investigación y Desarrollo (I+D) juegan un papel relevante para aumentar la productividad, la calidad, la innovación y la rentabilidad de una industria cada vez más competitiva, pero que en México en los últimos años ha tenido un bajo crecimiento (Orduz, 2012).

Ortega y Bisgaard (2000) indican que las fallas en la construcción continúan presentándose en una tasa creciente ocasionando pérdidas financieras a diferentes actores involucrados en la industria. En una investigación realizada por Yates y Lockley (2002), establecen que las causas de las fallas constructivas incurren en deficiencias en: 1) Diseño, 2) Construcción, 3) Materiales utilizados, 4) Administración y 5) Mantenimiento.

Por lo anterior, las empresas que se desempeñan dentro de la industria de la construcción deben tomar la iniciativa para iniciar un proceso de estandarización que defina la información relevante que deben contener los proyectos para hacerla más rentable y competitiva (Maldonado y Zaragoza, 2013). Aquí, es donde sobresale la poderosa tecnología Building Information Modeling (BIM, por sus siglas en inglés), la cual no solo ayuda en el manejo óptimo de la información, sino también con todo el proceso de integración diseño-construcción.

1.2 Economía del sector de la construcción en México

En este apartado se describen variables macroeconómicas del sector de la construcción en México, como: Producto Interno Bruto (PIB), valor del PIB y generación de empleo.

En base a reportes del Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO), basados en datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el PIB total de la economía durante el primer semestre de 2017 fue del 2.3% considerando los tres grandes sectores (producción agropecuaria, industrial y prestación de servicios). La aportación del sector de la construcción fue del 7.7% en el mismo período, respecto al PIB total nacional (CMIC, 2017a).

Los crecimientos en el PIB de la construcción para los años 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y primer semestre del 2017 fueron del 2.5, -4.5, -1.9, 2.6, 1.8 y -0.1 %, respectivamente. Esto implica que durante el período enero 2012-junio 2017 este sector en México sólo creció en promedio un 0.067%, lo cual es preocupante, dado que los sectores más dinámicos para el mismo lapso y con las mayores participaciones en el PIB nacional fue el sector terciario (Comercio, Turismo y otros), seguido del sector primario (Agricultura, Ganadería y otros; CMIC, 2017a).

Dicho comportamiento de crecimientos negativos en algunos períodos se debe a la reducción de las inversiones públicas y al estancamiento de las inversiones privadas, impactado también por el aumento en las tasas de interés a nivel mundial.

Es muy relevante destacar que el PIB Privado de la construcción de enero de 2016 a junio de 2017, tuvo tasas trimestrales de crecimiento de -0.3, 1.8, 4.6, -6.5, 2.2 y 2.6 %, con un promedio del período de 0.733% (CMIC, 2017a).

Los subsectores más destacados en el PIB de la construcción durante el primer semestre de 2017 fueron: Manufacturas 19.7%, Comercio 17.2%, Servicios inmobiliarios 11%, Construcción 7.7%, Transportes 6.7%, Actividades gubernamentales 4.8%, Agricultura 4.2%, Servicios educativos 4.1% y Minería 3.9% mientras que los menos importantes fueron los subsectores de Corporativos y de Esparcimiento con aportaciones del -0.6% y 0.4%, respectivamente.

En la Tabla 1 se observa el Valor del PIB de los 3 Sectores económicos de 6 Trimestres correspondientes a 2016 y 2017. Puede observarse que aumentó de

13,960,223,000 a \$14,339,170,000, al pasar del primer trimestre de 2016 al segundo de 2017, y representó un incremento del 2.71% en este lapso de 6 trimestres (CMIC, 2017b).

Las cifras mencionadas son muy relevantes para conocer la evolución y crecimiento de los sectores económicos; para hacer pronósticos de crecimiento asociados a las decisiones de inversión en la economía de un país o un sector o subsector de interés.

Tabla 1. PIB trimestral de 2016 a junio 2017. En miles de pesos de 2017.

Concepto	2016				2017	
	1	2	3	4	1	2
PIB a precio de mercado	13,960,223	13,949,154	14,084,531	14,171,596	14,271,836	14,339,170
Sector Primario	434,935	448,089	454,848	457,251	461,041	452,218
Sector Secundario	4,745,868	4,673,723	4,681,317	4,689,740	4,696,809	4,697,603
Sector Terciario	8,779,420	8,827,342	8,948,366	9,027,605	9,113,986	9,189,349

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (CMIC, 2017b).

Respecto a la creación de empleos, la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) calculó que la industria aumentaría a una tasa del 2% en el 2016, con una generación adicional de 200,000 empleos. Eduardo Ramírez Leal, secretario de la institución, destacó que el sector privado compensaría significativamente la proyección de reducciones en obra pública municipal, estatal y federal en ese año. Actualmente, la CMIC concentra alrededor de 11,000 constructores en México, con aproximadamente 6 millones de trabajadores, la cual ha venido mejorando en los últimos dos años (CMIC, 2017c).

No obstante, la aportación económica y social que hace el Sector a la economía nacional, a través de sus importantes empresas, es evidente que el escenario es crítico, porque se observan tasas bajas e incluso negativas de crecimiento en ciertos períodos, es por esto, que el CEESCO, considera que las principales acciones para reactivar al sector son las siguientes:

- ⇒ Impulsar proyectos de infraestructura local, estatal, regional y federal.
- ⇒ Incentivar las asociaciones público-privadas con inversiones en proyectos de infraestructura.
- ⇒ Aumentar el apalancamiento financiero y disminuir las fianzas de la banca de desarrollo.
- ⇒ Promover nuevos mecanismos que impulsen la infraestructura en el mercado de capitales (CMIC, 2017a).

Por otro lado, el mismo organismo considera que se deben diseñar algunas estrategias para desarrollar la infraestructura nacional, como las siguientes (CMIC, 2017a):

- ⇒ Aplicar la reingeniería financiera al programa vigente de financiamiento del sector constructor (desarrollando préstamos segmentados hasta por cinco millones de pesos sin garantía).
- ⇒ Mejorar las condiciones actuales del crédito (tasa, plazos, montos, revolvencia y período de amortización).
- ⇒ Estructurar y estimular programas específicos de apoyo al sector de la construcción por parte de la banca de desarrollo.
- ⇒ Elaborar una relación de las Micro, Pequeñas y Medianas empresas (MIPYMES), para darle seguimiento al uso y desempeño de sus pasivos adquiridos.

En el contexto anterior, a pesar de la contribución de las compañías en el crecimiento económico y social de México, existen grandes retos y limitantes que afectan su desarrollo y rentabilidad; entre los factores más relevantes destaca la tecnología aplicada, debido a que, las empresas constructoras producen nuevos conocimientos acerca de sus procesos, productos y servicios, pero en general es insuficiente o se pierde, porque no se implementan las herramientas tecnológicas necesarias para su generación, distribución y capitalización.

Para la industria de la construcción, rica en conocimiento, es esencial el adecuado manejo de la información, especialmente en el entorno actual, distinguido por la competitividad creciente de las organizaciones empresariales en los mercados internacionales, con clientes más conocedores y exigentes, que determinan estándares más altos de calidad y mayor seguridad ambiental (Laufer, 2008).

Por las características específicas de la industria, la implementación de la gestión del conocimiento resulta ampliamente relevante (Carrillo y Chinowsky, 2006), porque ayuda a las empresas a confrontar de manera más eficiente los desafíos propios del tipo de trabajo a realizar, tales como: cambios competitivos en el entorno, altas rotaciones de personal operativo y en mano de obra calificada, e ineficiencias en el flujo de información entre la matriz y los proyectos; sin considerar que es posible innovar y mejorar en su desempeño, dado el cambiante y complicado ambiente en el que operan y al alto nivel de riesgo e incertidumbre que enfrentan. Por esto, es necesaria la implementación de nuevas tecnologías para promover la productividad y mejorar su competitividad (Kamara *et al*, 2002; Egbu, 2004).

En México, las tecnologías Building Information Modeling, que se traducen al español como “Modelado de Información para la Construcción”, recientemente se están introduciendo, y resulta esencial que estas técnicas sean ampliamente difundidas para fomentar su implementación en el país, de tal manera, que los directivos puedan con esta herramienta tecnológica, incrementar la rentabilidad de sus firmas, basados en su eficiencia en los procesos de producción, distribución y capitalización, mediante el análisis de información que proporcionan los datos específicos de un Modelo BIM.

Por lo anterior, la presente investigación con un Estudio de Caso de un proyecto de vivienda, expone y contribuye con una revisión teórica al destacar los beneficios en la industria de la construcción implementando nuevas tecnologías, dado que, muchos de los retos del sector se pueden resolver mediante esta herramienta altamente innovadora.

1.3 Antecedentes del uso de Building Information Modeling (BIM)

Tradicionalmente la colaboración entre los diversos actores y disciplinas de la industria de la construcción, tales como: arquitectura, ingenierías, contratistas, entidades gubernamentales, administradores e inversionistas, que interactúan en las diversas fases de un proyecto, se basan en el intercambio de documentos y planos en 2D (Singh *et al.*, 2011). Sin embargo, en años recientes esta metodología de colaboración se ha transformado debido a los problemas que acontecen por las repetitivas representaciones del proyecto, aisladas entre ellas, resultado de las

distintas áreas participantes, por lo tanto, cualquier modificación realizada en un componente no se refleja en el resto del proyecto (Prieto, 2012), lo cual se traduce en una ineficiente productividad durante el proceso constructivo que impacta directamente la rentabilidad del proyecto.

La industria de la construcción evoluciona lentamente, sin embargo, otras industrias y sectores ya están aprovechando los beneficios tecnológicos y virtuales para aplicarla en sus procesos de diseño, cálculo, simulación y producción; dentro de éstos sobresalen el sector aeronáutico, industrial y automotriz, los cuales, crean previo a su elaboración, diseños de prototipos virtuales y modelos tridimensionales completos que posibilitan realizar simulaciones (Prieto, 2012).

Algunas de estas nuevas tecnologías, que tienen un gran potencial y alcance en los proyectos de construcción e infraestructura, son la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y el método de trabajo BIM; estas herramientas permiten mejorar los canales de comunicación entre los actores participantes y aumenta de manera eficiente la calidad de la información.

Si bien son numerosas las definiciones acerca de BIM, las cuales han surgido de acuerdo a su aplicación, todas están orientadas a explicar un método de colaboración basado en el modelado de edificaciones, que generan componentes gráficos e información técnica de los mismos, lo que permite un eficiente control de los proyectos y sus costos previo a su desarrollo.

La implementación de BIM es cada vez más fuerte en Norteamérica (Estados Unidos de América -EUA- y Canadá), La Unión Europea (UE), Reino Unido (RU), Singapur, Emiratos Árabes Unidos (EAU), India, Hong Kong y Australia, según diversos estudios de la industria de la construcción (McGraw Hill Construction, 2009).

De acuerdo con el informe *Smart Market Report* en su artículo *The Business Value of BIM* elaborado por McGraw Hill Construction, publicado en 2009, se dio a conocer un crecimiento del uso de BIM en Norteamérica, que pasó del 28% en 2007 al 48% en 2009, es decir, creció a una tasa del 71.43% en 2 años. De igual manera, se pudo determinar que las fases que aportan mayores beneficios son: la generación de documentos (planos) con 55% y el desarrollo del diseño con 54%, seguido en importancia por la fase de construcción, fabricación, diseño esquemático, prediseño y mantenimiento.

Los profesionistas que obtienen mayores beneficios son: los arquitectos (52%), que lo usan en la fase de representación y diseño; los ingenieros estructurales (46%), para la configuración de estructuras; y contratistas (42%) para el manejo de programas y presupuestos de obra.

En 2010, el artículo *Business Value of BIM in Europe*, concluyó que aproximadamente del 36% de las firmas constructoras ubicadas en el Oeste Europeo aplican BIM. Los profesionistas y técnicos que implementaron esta tecnología fueron arquitectos (47%), ingenieros (38%) y contratistas (24%). Los países que principalmente explotan este método de trabajo son: Reino Unido (35%), Alemania (36%) y Francia (38%; McGraw Hill Construction, 2010).

Los pronósticos elaborados por la firma *Pike Research*, indican que América Latina, Europa Oriental y África, aumentarán sus índices de aplicación hasta el año 2020, para corroborar que, en las regiones más desarrolladas del mundo se resuelvan los problemas técnicos y comiencen a reflejarse sus beneficios (Building.co.uk, 2017).

En Latinoamérica, es probable que la industria chilena y colombiana dedicadas a la minería aporten incrementos en el largo plazo, y se espera que México se beneficie por su mano de obra calificada y de bajos costos; el informe pronostica aumentos anuales de adopción del 5% en México y del 4% en Chile y Colombia.

En el caso particular de México, la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA) ha desarrollado un área especializada (ICA-BIM), para un eficiente control en la ejecución de sus proyectos, que ha permitido prácticas ingenieriles y arquitectónicas más eficientes, las cuales se usan en más de 70 proyectos que tienen como finalidad mejorar sus procesos internos en diversos proyectos en construcciones urbana y pesada, puertos, aguas y minas, entre otras (ICA, 2014).

1.4 Hipótesis y objetivos

La creciente competencia entre las compañías derivada de la globalización económica, con clientes cada vez más exigentes, requiere de una asignación óptima de los recursos al ejecutar un proyecto para lograr las expectativas de todos los socios participantes y de los clientes. Mediante la implementación de la metodología BIM,

enlazada con un correcto análisis financiero se pueden cumplir estas expectativas con mayor certidumbre.

1.4.1 Hipótesis

Las hipótesis de esta investigación son las siguientes:

- ⇒ **La industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) implementa BIM en sus proyectos.**
- ⇒ **La aplicación del método BIM genera información suficiente que contribuye a determinar la factibilidad financiera del proyecto.**

1.4.2 Objetivos generales

- ⇒ Conocer el nivel de implementación de BIM y otras tecnologías en el sector constructor en la ZMG.
- ⇒ Determinar la factibilidad financiera de un Modelo BIM 5D para un proyecto de vivienda en Iguala de la Independencia, Guerrero.

1.4.3 Objetivos específicos

Los objetivos específicos para lograr los objetivos generales son los siguientes:

- ⇒ Conocer el nivel de uso de las herramientas de diseño y modelado (3D), Planeación y Programación (4D) y Presupuestos (5D) aplicadas por la industria.
- ⇒ Conocer cómo se calculan los volúmenes y costos, y cómo difieren respecto a los proyectos.
- ⇒ Identificar las características/herramientas de BIM que son de mayor interés para la industria.
- ⇒ Conocer las principales limitantes para la adopción de BIM.
- ⇒ Identificar los beneficios percibidos con la aplicación de BIM.
- ⇒ Conocer los tipos de proyectos y sectores donde podría aplicarse BIM.
- ⇒ Determinar la factibilidad financiera de un proyecto inmobiliario al utilizar el Método BIM 5D.
- ⇒ Generar recomendaciones para los profesionistas del sector.

1.5 Estructura capitular de la tesis

La presente investigación contiene 6 capítulos:

- ⇒ **El Capítulo I, Introducción**, incluye: la justificación, la economía del sector constructor en México, los antecedentes del uso de BIM, las hipótesis y objetivos, y la estructura capitular de la tesis.
- ⇒ **El Capítulo II, Marco Teórico**, comprende la revisión de literatura sobre la industria de la construcción, que incluye conceptos, observaciones y comentarios de las distintas fuentes de información consultadas en libros, tesis, artículos científicos, entre otras fuentes.
- ⇒ **El Capítulo III, Metodología**, consiste en la descripción del proceso de la investigación e incluye: el tamaño de la muestra, el diseño del cuestionario y el modelo BIM 5D propuesto.
- ⇒ **En el Capítulo IV, Resultados y discusión**, se realiza una discusión de los resultados obtenidos con el procedimiento metodológico descrito en el capítulo anterior; y se complementa con los resultados y opiniones generadas por algunos de los investigadores incluidos en el Marco Teórico de esta tesis. Se presentan diversas Figuras, Tablas y Gráficas derivadas de la encuesta y/o del modelo propuesto, donde sobresalen: los niveles de adopción de BIM en la industria de la construcción en la ZMG y los resultados de la evaluación financiera de un proyecto inmobiliario, que permite tomar decisiones de inversión en el sector privado.
- ⇒ **En el Capítulo V, Conclusiones**, se ofrecen las respuestas a los Objetivos e Hipótesis del trabajo de investigación.
- ⇒ **En el Capítulo VI, Recomendaciones**, se enumeran diversas recomendaciones en base a: la revisión de literatura, los resultados de la encuesta y del proyecto inmobiliario. También se sugieren las posibles líneas de investigación futuras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En este capítulo se incluye el marco teórico, que sirve como fundamento y referente para desarrollar esta investigación.

La información para sustentar la presente tesis se obtuvo de diversas fuentes bibliográficas consultadas de artículos científicos, libros y tesis publicados por diversas instituciones como: ELSEVIER, la Universidad Panamericana (UP), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Pontificia Universidad Católica de Chile y de portales en línea de la CMIC y Autodesk, entre otras.

El presente trabajo se enfoca en estimar los beneficios de realizar una coordinación digital con tecnologías BIM y fundamentar la importancia que tiene realizar un correcto análisis financiero mediante la determinación del flujo de efectivo y el cálculo de los indicadores de evaluación, que contribuyen en la toma de decisiones de inversión con mayor certidumbre.

Maldonado y Zaragoza (2013) destacan que la exitosa integración del diseño y la construcción ocasiona un cambio positivo en la estructura y cultura de los involucrados en el proyecto. Se fomenta el trabajo en equipo apoyando a la innovación y la tolerancia en caso de que se presenten errores. Así mismo, se forman fuertes vínculos laterales contribuyendo a un proceso descentralizado de toma de decisiones y transparencia en todos los procesos. La integración diseño-construcción apoya y fomenta internamente la mejora continua y el aprendizaje mediante el uso eficiente del conocimiento y una constante retroalimentación, para alcanzar las máximas rentabilidad y competitividad.

Adicionalmente al trabajo en equipo que se requiere para que la complementación del diseño y construcción sea exitosa, también se necesita contar con la información adecuada y detallada para llevar a cabo la ejecución de lo que se haya planteado en la etapa de diseño. Este detalle se hace cada vez más necesario a medida que la complejidad de los nuevos proyectos aumenta.

Actualmente el intercambio de información dentro del sector de la construcción se lleva a cabo de manera segregada, separando los planos, documentación técnica y legal, etc. Por lo tanto, se pone en duda la habilidad para entregar la información en tiempo y forma, con la calidad y la cantidad adecuadas.

De acuerdo con Bjork (1995), en las etapas de diseño y construcción, la cantidad, la diversidad y el manejo de información son considerables, por: la complejidad y el tamaño del proyecto, la necesidad de visualización y análisis técnico en su etapa de diseño o por la gran variedad de procesos y materiales que se requieren en la etapa de construcción. Estos cambios han traído consecuencias como: fallas en la colaboración y coordinación entre quienes gestionan los proyectos, la pérdida de información al trasladarse entre etapas y otros factores.

Por su parte, Reddy (2012) establece que el uso de nuevas tecnologías de información contribuye para atenuar dichos efectos. La adopción y uso actual de BIM proporciona una base para la gestión y conducción de proyectos, cuyo aspecto más interesante a largo plazo es la extracción y análisis de la información contenida en un modelo inteligente, la cual es variada y programada en objetos específicos o componentes del modelo de una manera estructurada, que se relacionan a las fases de los proyectos de edificación.

El modelo inteligente, se crea para eliminar las ineficiencias que se presentan en la ejecución del proyecto, porque contiene datos de manera organizada y definida, lo cual permite la identificación, manejo e intercambio de información con mayor facilidad. Además, determina todos los cambios realizados en el diseño virtual. Para esto, se deben tener los datos actualizados en cada etapa del proyecto, pudiendo transferir la información sin pérdida o duplicación, es decir, se logra un modelo consistente.

Diversos estudios del diagnóstico de *Reformulando la Construcción* (Egan, 1998), y *Construyendo el Equipo* (Latham, 1994), indican las causas que reducen la eficiencia de las constructoras son: procedimientos habituales, improductivos y fraccionados; la desconfianza de los consumidores; la desvalorización de los trabajadores, y la mínima colaboración entre contratistas. En el escenario internacional, algunas firmas de AEC/FM (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Administración de Inmuebles), se dedican a la tarea permanente de incrementar su rendimiento a través de la implementación de tecnologías, como BIM, la Realidad Virtual (RV) y Aumentada

(RA), Lean Construction (Construcción sin Pérdidas), LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) que juntas proporcionan ventajas competitivas para las firmas (Hilario, 2017).

Solís *et al.* (2009) mencionan que la gestión de los materiales es llevada a cabo de manera muy particular por cada organización, pero ya se han integrado modelos a seguir para hacerlo de manera más eficiente. Dichos autores proponen 9 diferentes fases involucradas: 1) La planeación, 2) La negociación, 3) El pedido, 4) La recepción, 5) El almacenamiento, 6) El uso, 7) El resurtido, 8) El pago y 9) El control, así como la gran variedad y tipos de materiales utilizados en el proceso de construcción. Por su parte, Navon y Berkovich (2006) identificaron cinco unidades en la administración de materiales: 1) Entrada, 2) Compras, 3) Seguimiento, 4) Análisis y 5) La unidad de salida.

Por otro lado, Tirado (1998) propone un Sistema de Administración de Materiales (SAM) para la edificación masiva de vivienda, que integra siete etapas del proyecto: 1) Elaboración del proyecto ejecutivo para la vivienda tipo, 2) Definición y planeación estratégica, 3) Programación y logística, 4) Cotización, negociación y selección de proveedores, 5) Pedidos y pagos a proveedores, 6) Requisición de materiales, y 7) Salida de materiales para consumo.

2.2 Building Information Modeling (BIM)

BIM, describe una variedad de actividades orientadas al Diseño Asistido por Ordenador (CAD, por sus siglas en inglés), que apoya la representación de elementos de construcción en función de sus atributos y relaciones geométricas o no geométricas (funcionales) en tres dimensiones (3D) y se traduce al español como “Modelado de Información para la Construcción”. Por lo tanto, BIM se refiere a un conjunto de tecnologías y soluciones destinadas a mejorar la integración-coordinación en las prácticas de diseño, construcción y mantenimiento de inmuebles (Miettinen *et al.*, 2014).

Fallon y Palmer (2007) establecen que la tecnología BIM es una plataforma que tiene el potencial de integrar, al menos informáticamente, los diferentes procesos del diseño y construcción. Esta tecnología logra administrar la información en dichos procesos

mediante un modelo tridimensional con objetos paramétricos que representan cada uno de los elementos del proyecto. También han señalado la utilidad de BIM para generar de manera automática y precisa el programa de suministros a partir del modelo 3D, además de que dicha información podría transferirse fácilmente a: las bases de datos y hojas de cálculo de los estimadores, los encargados de las compras y los diseñadores. Ellos también se refirieron a la producción de los programas de manera rápida y sin errores, la reducción en el tamaño de los equipos de estimación, y la mejora en la noción de los costos conforme se va desarrollando el diseño o la construcción.

Schlueter y Thesseling (2009) concluyen que, el compartir la información generada de manera confiable, sirve de respaldo en la toma de decisiones por parte de los participantes durante el ciclo de vida del proyecto. Por su parte, Kymmell (2008) destaca como característica de BIM, la simulación de la construcción de un proyecto en un ambiente virtual, con la ventaja de llevarse a cabo en una computadora a través del uso de software, lo cual implica que es posible practicar la construcción para experimentar y hacer ajustes al proyecto antes de su ejecución. Por lo que, en caso de errores virtuales, no se tienen consecuencias serias por lo general, siempre y cuando sean identificados lo suficiente para que puedan ser evitados durante la operación.

El modelado en 3D inició en los años setenta, basándose en tecnologías CAD desarrolladas por diversas industrias (Eastman *et al.*, 2011). Como resultado, la industria de la construcción implementó inicialmente el diseño en 2D para mejorar el Diseño Asistido por Ordenador (CAD; Volk *et al.*, 2014).

El concepto de BIM fue introducido a principios de 2000 (Penttilä *et al.*, 2007), con la finalidad de integrar “textura” informativa a los objetos diseñados en términos de sus propiedades, materiales, ciclo de vida y otros datos (Eastman *et al.*, 2011).

A finales de la década de los 50, la empresa Itek Corporation, contratista del Departamento de Defensa de los EUA, introdujo un sistema de gráficos por computadora, propiamente para la ingeniería de diseño, lo cual fomentó el desarrollo de sistemas de representación visual para la elaboración de productos. El concepto se convirtió posteriormente en una máquina de dibujo electrónico (Electronic Drafting Machine, EDM), la cual, a mediados de la década de los 60 ya había sido comercializada para su uso por otras empresas (Weisberg, 2008).

Durante los años 70 y principios de los 80, Applicon ofrecía productos para tareas especializadas en diseño electrónico. Esto incluía, los diseños esquemáticos y físicos de circuitos eléctricos impresos y un producto llamado “BRAVO!”, destinado al diseño mecánico y dibujo, el cual evolucionó significativamente a principios de los 80 (Weisberg, 2008). Posteriormente, Autodesk se convirtió en el principal competidor de Applicon y otros proveedores de tecnología CAD y ha continuado como pionero en este campo, actualmente ofrece productos especializados en el diseño estructural, monitoreo y análisis de energía de edificios, control, programación y seguimiento de construcción, entre otras aplicaciones (Becerik-Gerber *et al.*, 2011; Guzmán y Zhu, 2015).

BIM adquirió un uso generalizado después de que Jerry Laiserin, analista de la industria de la construcción, sostuviera en 2002 que el término debería ser un estándar en la industria; el concepto atrajo a Autodesk y comenzó a promoverlo en gran medida en torno a sus productos (Hannus, 2007). El concepto de BIM se introdujo como un medio para mejorar la eficiencia, reducir los costos y como una ayuda de gestión global durante todas las etapas de construcción (Succar, 2009).

Smith (2014) establece que durante décadas los usos de CAD compuestos habitualmente por sistemas improductivos para la gestión de la información, y por la nula interoperabilidad entre software como las hojas de cálculo y de texto y el correo electrónico, entre otras, han estado vigentes en los proyectos. Sin embargo, en años recientes, las tecnologías BIM están convenciendo a los profesionistas del sector por su potencial de integrar toda la información en un modelo y desarrollar múltiples conceptos, que van desde el diseño 3D para la geometría de los objetos, 4D programación y control, 5D costos, 6D sostenibilidad, 7D operación y mantenimiento, y recientemente 8D para la salud, seguridad y bienestar de los usuarios. El origen, desarrollo y expansión de BIM ha reflejado en gran medida el nivel de crecimiento de las TIC.

2.3 Beneficios de BIM

A través del tiempo, la ejecución de los proyectos de construcción e infraestructura han sufrido una evolución en sus procesos, los cuales, enfocan sus tareas primordialmente en la creación del producto final, el cual se concibe mediante sub-proyectos (Halpin, 2006), con niveles mucho más altos de segmentación en comparación con otras industrias (Pathirage, 2006), debido al elevado número de actores y etapas implicadas. Esta circunstancia conlleva a tener una eficiencia menor a la esperada (Kamara *et al.*, 2002), además de presentar dificultades en los procesos de comunicación y análisis de la información (Nitithamyong y Skibniewski, 2004). El uso de nuevas herramientas tecnológicas contribuye para que dichos efectos sean mitigados. La aceptación e implementación de BIM en la actualidad proporciona una base para la gestión y administración de proyectos, cuyo aspecto más relevante es la recopilación y análisis de la información contenida en un modelo inteligente (Reddy, 2012), la cual es diversa y programada en distintos componentes del modelo en forma estructurada que propicia la superioridad técnica, capacidades de interoperabilidad, captura temprana de información, mecanismos de control de costos mejorados, reducción de conflictos y mayor desempeño de los equipos de trabajo.

Los usuarios de BIM han descrito los beneficios a corto y largo plazos de usarlo. El impacto más importante del primero es que minimiza los errores en los planos. Esto fue seguido por su uso como una herramienta de marketing para las empresas y menor rotación de personal.

Su aplicación reduce las reclamaciones contractuales y los costos de construcción; incrementa los beneficios en el largo plazo, además de mantener relaciones comerciales recurrentes con los clientes.

El Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas de la Universidad de Stanford confirmó que la aplicación de BIM tiene una serie de beneficios: Elimina las modificaciones imprevistas hasta en 40%, proporciona una estimación de costos con un umbral de error de 3% y se reduce el tiempo de diseño hasta en 80% para su generación. También permite la detección de colisiones, lo cual ahorra hasta 10% del valor del contrato y reduce el tiempo de finalización del proyecto hasta en 7% (Chien *et al.*, 2014).

2.3.1 Técnicos

BIM representa un avance técnico sustancial sobre el CAD tradicional, ofreciendo más inteligencia y capacidades de interoperabilidad (Lee y Eastman, 2006). La representación digital de las características de una instalación permite a los usuarios transferir datos de diseño y especificaciones entre diferentes aplicaciones de software, tanto dentro de una organización, como más ampliamente en un equipo multidisciplinario. Dado que la información se almacena para hacer una base de datos y cualquier cambio requerido durante el proceso de diseño se puede realizar y administrar lógicamente durante todo el horizonte del proyecto.

Para el diseño, el modelado 3D proporciona una visualización más realista para todas las disciplinas y se puede lograr una mejora continua para optimizar las edificaciones, lo que reduce significativamente los errores y las omisiones. Cualquier cambio realizado en el modelo 3D puede generar inmediatamente planos en 2D.

En caso de cambios en el diseño, las herramientas BIM pueden integrar y sistematizar los cambios con los principios de diseño y administrarlos en capas (layers) para el proyectista (Autodesk, 2002).

BIM ha sido descrito como "la tecnología de generación y gestión de un modelo paramétrico de un edificio" (Son *et al.*, 2015). También se considera un fenómeno multifacético en evolución con un Modelo 3D Orientado a Objetos de una estructura para permitir la interoperabilidad y el intercambio de información (Miettinen *et al.*, 2014).

Las tecnologías BIM están continuamente expandiéndose y desarrollando nuevas funcionalidades, por lo tanto, BIM es un creciente campo de investigación que integra los diversos dominios del conocimiento AEC/FM (Succar, 2013). Estas herramientas permiten nuevos niveles de visualización espacial, simulación del comportamiento del edificio, gestión eficaz del proyecto y colaboración operativa de los miembros del equipo.

2.3.2 Económicos

Un impulsor fuerte para la adopción de esta tecnología es el beneficio económico que aporta. El Retorno Sobre la Inversión (ROI, por sus siglas en inglés, Return On Investment), es un valor clave a considerar en las inversiones. Diversos análisis han reportado altos resultados del ROI y confirman que el impacto de BIM en la prevención de retrasos en el programa de obra tiene la mayor influencia en el incremento de este indicador, mientras que las prevenciones por *retrabajos*, basadas en la validación/evaluación inicial del modelo también son un factor clave (Lee *et al.*, 2012).

BIM permite determinar la planificación inicial y los estudios de viabilidad de los proyectos con mayor certidumbre. Puede crearse un Modelo de construcción conceptual con información de costos para ayudar a los proyectistas a estimar si un edificio de un tamaño determinado, un nivel de calidad y con los requisitos deseados, es posible construirlo dentro de un presupuesto de costos y tiempo determinados.

Posteriormente, en la fase de construcción pueden extraerse estimaciones de costos para mantener a todos los interesados informados acerca de las implicaciones de costos a medida que el diseño evoluciona (Bernstein *et al.*, 2012), y determinar el comportamiento del flujo de efectivo del proyecto, que consiste en entradas y salidas de capital. El ingreso de efectivo es el resultado de los pagos de avances (estimaciones) recibidos por los propietarios. Las salidas de efectivo provienen de los egresos del contratista, tales como materiales, mano de obra, equipo, pagos a subcontratistas y gastos generales, entre otros (Kishore *et al.*, 2011).

La gestión y previsión de las entradas y salidas de efectivo son cruciales para asegurar el éxito del proyecto y del contratista (Park *et al.*, 2005). Más del 60% de los fallos de los contratistas se deben principalmente a factores económicos (Russell y Jaselskis, 1992). Otras empresas constructoras fracasan debido a la falta de liquidez en el apoyo a sus actividades diarias por una gestión inadecuada de recursos (Kangari, 1988; Kaka y Price, 1991; Navon, 1996; Pate-Cornell *et al.*, 1990; Park *et al.*, 2005). Una mala gestión de la información puede resultar en flujos de efectivo inadecuados y, por lo tanto, socavar la sostenibilidad de un proyecto (Cui *et al.*, 2010). La inadecuada gestión del flujo de efectivo puede presentarse en momentos en que la disponibilidad de efectivo es muy baja, lo que podría alterar el proyecto o incluso llevarlo a la quiebra.

2.3.3 Gestión del conocimiento en la integración de proyectos

Las herramientas BIM generan información completa sobre el proyecto al ser capturada durante el proceso de diseño, desde componentes y ubicaciones de edificios individuales hasta las relaciones entre esos objetos. BIM incorpora información de edificios que van desde geometría, relaciones espaciales, geográfica; cantidades y propiedades de materiales de construcción, especificaciones, accesorios, acabados, costos, emisiones de carbono y análisis de luz, entre otros. Estas características, a su vez, ayudan a los diseñadores e ingenieros a realizar un seguimiento de las relaciones entre los componentes del edificio y sus respectivos detalles de operación y mantenimiento. Si bien los beneficios de BIM son comprendidos implícitamente por el diseñador, pueden ser explícitos para otros actores del proyecto, tales como propietarios, contratistas, subcontratistas, empresas de mantenimiento y acondicionamiento, etc. (Saldías, 2010).

Un modelo proporciona cantidades precisas de materiales para construcción y sus componentes involucrados dentro del diseño (Irizarry *et al.*, 2013). Con esto se logra coordinar el proceso de adquisición y suministro de materiales durante las fases de diseño y construcción (Grilo y Goncalves, 2011). También puede servir como un modelo de diseño preciso para la fabricación de componentes en la edificación como: vigas, columnas, elevadores, puertas, ventanas, etc. (Lu, 2010).

Cuando un modelo de construcción está vinculado con el tiempo (4D), es posible simular el proceso constructivo, detectar colisiones y ofrecer mejoras antes de que comience la construcción (Azhar *et al.*, 2015). La capacidad de las herramientas BIM para modelar conceptos de diseño de edificios complejos proporciona a los arquitectos libertad de creatividad sin dejar a un lado la *constructabilidad* del inmueble (Johansson *et al.*, 2015).

BIM se considera una solución clave para la mejora futura de la vivienda y de edificios inteligentes (Ghaffarianhoseini *et al.*, 2015).

Además de los beneficios descritos, BIM se enfoca a razonar y actuar de manera distinta; demanda evolucionar de la perspectiva tradicional, a un nuevo planteamiento integral, en donde los involucrados trabajan de manera colaborativa; así, el modelo es la parte medular del equipo (Smith, 2014).

2.4 Tipos de Modelos BIM

Existen varios tipos de Modelos BIM, lo que comercialmente se le denomina “Dimensión” (D), los cuales dependiendo de sus características de servicio pueden ser de 3D hasta de 8D (Figura 1). Es importante destacar que diversos autores incluyen recientemente los modelos en 8 dimensiones (BIM 8D, Seguridad, Salud y Bienestar), que coadyuvan a instaurar los planes de seguridad y tienen como propósito fomentar el bienestar físico, psicológico y colectivo de los usuarios; evitar accidentes y muertes, además de crear estímulos mentales positivos (Sullivan, 2007)

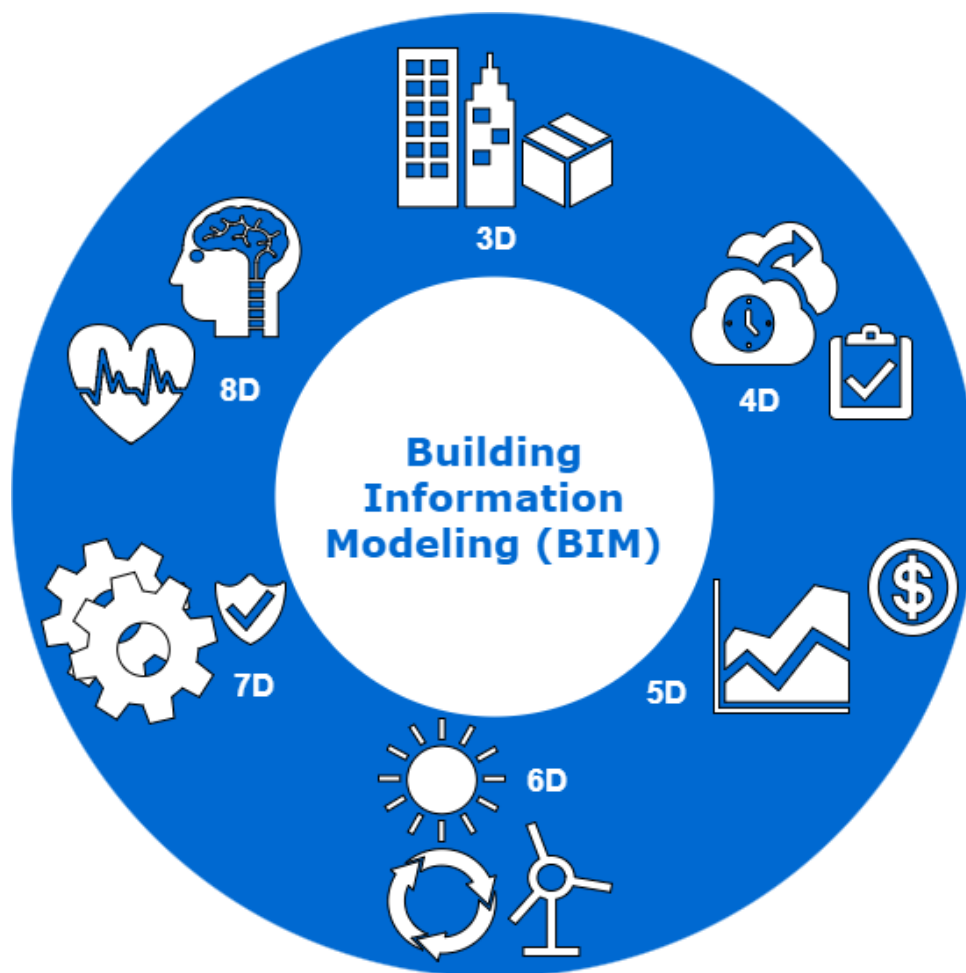


Figura 1. Dimensiones BIM 8D.

2.4.1 Modelos 3D

Los modelos 3D son la esencia de la metodología BIM, debido a que posibilitan la visualización geométrica de cada uno de los elementos que integran el proyecto a través de su periodo de vida y comprueban que lo que se está diseñando es *constructible* con la finalidad de minimizar y evitar equivocaciones, atrasos y pérdidas (Smith, 2014). Los modelos 3D tienen que responder cualquier incógnita que se manifieste sin la intervención de los clientes, en comparación de otros métodos, como los tradicionales, que permiten la representación de los modelos, sin embargo, demandan la intervención progresiva de los usuarios finales (Figura 2; Ramos, 2011).

2.4.2 Modelos 4D

Los modelos 4D (Figura 2) representan el tiempo al simular el procedimiento constructivo asociado a un modelo 3D. Se desarrolla a través del vínculo de las tareas programadas en un calendario de obra a los elementos del modelo, con la intención de valorar los riesgos intrínsecos y extrínsecos del proyecto al llevarlo al ambiente virtual y detectar cualquier imprevisto antes de su ejecución, (Fischer & Koo, 1998) lo que propicia una adecuada toma de decisiones y reduce la presencia de conflictos, como por ejemplo las colisiones entre obra civil e instalaciones (Clash Detection; NBS, 2015).

2.4.3 Modelos 5D

Los modelos 5D (Figura 2) proporcionan estimaciones más precisas de los costos y cantidades del modelo y tienen como finalidad calcular el alcance, los avances y los costos financieros del proyecto. Debido a la superioridad técnica de BIM, aumenta la certeza al evaluar un proyecto inmobiliario y se conoce con mayor exactitud su rentabilidad (Smith, 2014).

Actualmente la iniciativa Open BIM en coordinación con los desarrolladores de software están trabajando coordinadamente en la estandarización de los protocolos y normas para mejorar y potencializar el alcance de los modelos 5D (Constructech, 2015).

2.4.4 Modelos 6D

Los modelos 6D o BEM (Building Energy Modeling, traducidos al español como Modelado de Energía de Edificios; Figura 2) posibilitan el análisis de sostenibilidad, el cual va orientado en la valoración de las escalas de bienestar, los gastos de energía y las radiaciones de carbono emitidas a la atmosfera, análisis de luz, entre otros (Design Builder Latinoamerica, 2015).

3D: Modelo tridimensional	• Visualización e información geométrica • Recorridos virtuales y renders • Constructabilidad
4D: Programación y planeación	• Simulación de fases y procesos • Detección de colisiones • Diseño del plan de ejecución
5D: Costos	• Cantidades de costos y materiales • Flujo de efectivo • Valor ganado
6D: Sostenibilidad	• Análisis energético • Ingeniería de valor • Seguimiento LEED
7D: Operación y Mantenimiento	• Control logístico • Modelo de operación y mantenimiento • Administración de inmuebles
8D: Salud, seguridad y bienestar	• Bienestar físico, psicológico y colectivo de los usuarios • Evitar accidentes y muertes

Figura 2. Características BIM 8D.

2.4.5 Modelos 7D

Los modelos 7D (Figura 2) se utilizan para establecer y dirigir la fase de operación y mantenimiento de los inmuebles (CRC, 2007); al respecto, es elemental recalcar que es necesario la implementación de diversos softwares para asegurar el buen funcionamiento de la infraestructura a través del manejo de la información, la cual, permite planificar los bienes y administrar la cartera de clientes e insumos; además, se puede gestionar la adquisición de equipos y tener un eficiente control de inventarios. Estos modelos no se desarrollan de manera convencional, una vez terminada la construcción, es raro el proyecto que llega hasta esta dimensión y preserva su información vigente (Eastman *et al.*, 1974).

2.4.6 Modelos 8D

Los modelos 8D implementan los planes de Salud, Seguridad y Bienestar (Health, Safety, Welfare) y su finalidad es fomentar la comodidad de los usuarios, evitar accidentes y propiciar un entorno agradable (Figura 2; Sullivan, 2007). Estos modelos recientemente se están introduciendo en la industria donde se realizan simulaciones de alto riesgo que representen peligro. Habitualmente los modelos 8D se realizan externamente de las herramientas BIM.

Zaragoza *et al.* (2013) establecen que las posibilidades de la tecnología BIM parecen no tener límites; esto ha quedado de manifiesto dado que otros procesos han comenzado a ser abordados desde este enfoque, tales como: el aprovechamiento de espacios, el diseño energético, la ventilación, la iluminación, la operación de edificios, etc.

En el mercado se tienen a disposición de los usuarios herramientas para la gestión de modelos BIM, tales como: Autodesk Revit, ArchiCAD y Bentley Systems, entre otras. Sin embargo, a pesar del lanzamiento al mercado de dichas herramientas, su demanda ha sido lenta para aplicarla en los procesos de mejora sostenidos.

Las aplicaciones actuales necesitan de la conjunción de distintas disciplinas tales como: Arquitectura, Construcción, Ingeniería Civil, de Software y de Procesos, etc., es decir se requieren para el uso óptimo de estos modelos de la *multidisciplinariedad* y también de *transdisciplinariedad*, como bases fundamentales de la tecnología BIM (Zaragoza *et al.*, 2013).

2.5 Retos y riesgos para la adopción de BIM

A pesar de los diversos beneficios potenciales de la implementación de BIM, las estrategias desarrolladas para su aplicación (Smith y Tardif, 2012) y las probables futuras tasas de adopción (Kensek y Noble, 2014; Smartmarket Report, 2014), existen diversos retos y riesgos para la aplicación de esta tecnología. Las razones más importantes para no adoptar BIM incluyen la falta de demanda de la industria, los elevados costos del hardware y software y la capacitación de los recursos humanos.

Entre otras dificultades prácticas del uso de BIM sobresalen: el desconocimiento del tema, la falta de interoperabilidad del software y el formato no amigable para algunos usuarios, así como las pocas habilidades y experiencia.

Las empresas más pequeñas tienden a sufrir más, por la amortización en mayor tiempo de su inversión, porque su participación en proyectos BIM es menor y, por lo tanto, sus profesionistas están menos experimentados. Al respecto Bernstein *et al*, afirman que la adopción exitosa en una firma requiere de inversiones significativas en software, hardware, capacitación y otros rubros, así como el desarrollo interno de nuevos procedimientos de gestión de proyectos.

BIM ha sido adoptado cada vez más en la industria de la construcción desde su creación en la década de los 70, sin embargo, no ha sido plenamente explotado, incluso en contextos de liderazgo empresarial. Por ejemplo, en el Reino Unido, el gobierno está activamente alentando a la industria hacia este ambiente colaborativo, sin embargo, una de cada cinco empresas desconoce de la existencia de BIM (Waterhouse, 2012). En contraste, las perspectivas prometedoras indican una tasa de adopción potencialmente exitosa en un futuro próximo (SmartMarket Report, 2014).

En general, en todo el mundo se percibe que los problemas asociados con la adopción general del método, en combinación con proyectos de construcción deficientes son significativos, porque las empresas se preocupan específicamente por el costo inicial y los efectos potenciales a largo plazo de invertir en tecnología rápidamente obsoleta sin el tiempo suficiente para lograr el retorno de la inversión.

Finalmente, es relevante destacar que, en esta área de investigación, actual y futura, existe la necesidad de cuantificar exhaustivamente la Relación Beneficio Costo⁻¹, más allá del nivel de estudios de casos simples, para proporcionar pruebas claras de su efectividad y viabilidad financiera. Es decir, se requiere proporcionar a la industria mayor cantidad y calidad de información, para decidir sobre tecnologías clave, plataformas y niveles de inversión con una expectativa razonable de rentabilidad.

Por lo expuesto, fue motivo suficiente para que en esta investigación se calcule la rentabilidad del proyecto con los indicadores siguientes: el Valor Actual Neto (VAN), la Relación Beneficio Costo⁻¹ (R BC⁻¹), y la Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad (TIR), que son descritos en el capítulo de Metodología.

2.6 Administración de proyectos

La administración de proyectos comprende los recursos humanos que diseñan, operan y administran la empresa; en esta área se toman las decisiones generadas en todos los espacios de la iniciativa. Aquí destaca la participación del Gerente o Administrador de la nueva unidad económica, dado que, es el responsable de la rentabilidad de la empresa, para que en el largo plazo la haga competitiva, es decir, se requiere un verdadero liderazgo gerencial.

2.6.1 Teorías de la administración

La administración de empresas tiene cinco funciones básicas: Planeación, Organización, Dirección, Integración-Coordinación y Control.

La administración se analiza como ciencia y proceso. Como ciencia es la acumulación de conceptos que incluyen teorías y principios. Por otra parte, comprende acciones y funciones como proceso, que los profesionistas realizan para lograr las metas de la firma. Por lo anterior, se puede anunciar que: La administración es la dirección lógica de esfuerzos, recursos y actividades de una organización, resultando esencial para su existencia, crecimiento y desarrollo. La estructura organizacional se define acorde a los requerimientos propios para ejecutar el proyecto y las teorías para definirla son variadas.

La teoría clásica de la organización se basa en los principios de la administración propuestos por Henri Fayol (1916) que consiste en lo siguiente: a) La división del trabajo para lograr la especialización, b) Dirección por parte de un administrador que tiene como objetivo el cumplimiento de los objetivos, c) La centralización, y d) El principio de autoridad y compromiso. Sin embargo, existen otras teorías de la administración como se observa en la Tabla 2 (Hernández, 2007).

Tabla 2. Teorías y características de la administración.

Teoría	Autor	Característica
Administración Científica	Frederick W. Taylor (EUA,1916)	1. Objetivo: asegurar mayor prosperidad a empleados. 2. Busca elevar la administración a categoría de ciencia. 3. Selecciona y desarrolla empleados por método científico. 4. Cooperación continua y sistemática entre dirección y empleados. 5. Distribución equitativa del trabajo entre dirección y empleados. 6. La teoría se implanta entre los 4 y 5 años.
Administración Clásica	Henri Fayol (Francia, 1916)	1. Se enfatiza en la estructura organizacional. 2. Analiza niveles altos de dirección y niveles bajos de operación. 3. La administración significa: planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar. 4. Principios del 1^{er} proceso administrativo son: división del trabajo, mando y obligaciones; disciplina; unidad de mando y dirección; priorizar el bienestar colectivo; retribución a los colaboradores; centralización; jerarquía; equidad; sostenibilidad y espíritu de equipo.
De las Relaciones Humanas	Eltón Mayo (EUA, 1927)	1. La productividad depende de factores fisiológicos y psicológicos. 2. La empresa es un sistema social con dos funciones: a) Económico: Produce bienes o servicios. b) Social: Distribuir satisfacciones entre sus participantes propiciando cooperación y equilibrio interno. 3. Los métodos que convergen en la eficiencia y no en la cooperación humana, crean un ambiente conflictivo entre los objetivos de la empresa y objetivos personales de los empleados. 4. En toda empresa existen grupos sociales formales e informales, los primeros constituyen la organización humana de la empresa y definen sus propias reglas de comportamiento. 5. Cambiar de actividad afecta la productividad de la empresa, pero eleva la moral de todo el grupo. 6. El trabajo es una actividad grupal; motiva y satisface la necesidad de estar juntos y de ser reconocidos. 7. El individuo no reacciona aisladamente, sino como miembro de un grupo social.
Del Comportamiento	McGregor, Maslow y Herzberg (EUA, 1947)	1. La organización es un sistema de organizaciones y decisiones. 2. Siempre existe conflicto entre objetivos individuales y organizacionales. 3. El enriquecimiento de funciones sencillas a complejas; satisface y motiva al individuo.
Del desarrollo organizacional	Movimiento sindical (1962)	A. Considera 4 variables: 1. Medio ambiente: conocimiento, tecnología, comunicación, etc. 2. Organización: capacidad de sobrevivir al ambiente dinámico. 3. Grupo social: liderazgo, relación interpersonal, motivación, etc. 4. Individuo: actitudes, necesidades, motivaciones, etc. B. Se enfoca a cambiar actitudes, valores, comportamiento y estructura organizacional para adaptarse a mercados, tecnologías, problemas y desafíos del mundo cambiante. C. Establece diversos procedimientos para solucionar conflictos.

Fuente: Elaboración propia con información de Hernández (2007).

2.6.2 La administración contemporánea

De acuerdo con Llano (1997) y Pérez (2002), las funciones directivas constituyen una tarea especial que tienen todas las empresas por pequeñas y diversas que estas sean. El sentido común suele llevar a concluir que, si algo va mal en una organización, en principio el fallo estará en una tarea especial –la dirección– no cumple bien sus funciones. La acción directiva es la responsable de que la empresa opere eficientemente, porque su misión consiste en garantizar un óptimo funcionamiento. La finalidad o meta debe ser una acción conjunta, de lo contrario no se le puede llamar organización.

El director debe tener la capacidad de formular objetivos que permitan generar valor para los productos y/o servicios que es capaz de generar la organización a través de sus operaciones. En otras palabras, el estratega es quien ha de descubrir las oportunidades para la aplicación de las capacidades productivas de la empresa, por ello es fundamental no dejar de lado la dimensión estratégica que desempeñará el director, porque sin ella y por buenas que sean las intenciones, existe el riesgo de que ésta deje de existir en el corto o mediano plazos. Aunque es evidente que lo más importante es lograr la trascendencia de la compañía, es primordial trazar el camino para llegar a este punto, porque sin una estrategia, las finalidades últimas no pasarán de ser utopías.

Un directivo obtiene autoridad en la medida en que usa éticamente el poder de que dispone, es decir, usar correctamente el poder asociado a su autoridad.

La *ejemplaridad* del directivo en su comportamiento es la manera más eficiente de ayudar a otros para que actúen a su vez por motivos trascendentes, porque esto permite ascendencia en las personas y como finalidad le otorga autoridad, por el contrario, si no genera ascendencia en las personas, esto solo le otorgará únicamente poder.

La empresa no es solo una mezcla de componentes y de actividades, sino un acoplamiento de individuos; el trabajo de las firmas es cada vez más especializado. Es por ello que la acción primordial del director será unir las diversas cualidades y dirigirlas hacia un objetivo.

Desde la óptica de Carlos Llano, y como lo describe en su obra “*Dilemas éticos de la empresa contemporánea*”, el propósito de la empresa se enumera en cuatro fines:

2.6.2.1 Generación de valor económico agregado

Carlos Llano resalta que el valor agregado no es el valor resultante entre la compra-venta. Agregar valor envuelve otras temáticas: cuáles son esos parámetros para medir el valor; qué elementos contribuyen en la generación y de qué manera se asocian; cómo debe remunerarse ese valor agregado entre los individuos que lo han propiciado; cómo influyen en las metas de la empresa, y qué criterios son los correctos.

La globalización ha cambiado la perspectiva de la empresa; los productos y servicios se comercializan alrededor del mundo, lo cual ha permitido crear lazos comerciales en los que proveedor-cliente generan una relación de enseñanza y aprendizaje, donde la calidad, precio, tiempo y forma de entrega sean los mejores.

Este sistema de empresa, en la que lo valioso es la unión entre éstos, ha recibido el nombre de *empresa virtual*.

Se llama *virtual* a aquella causa que, contando con todos los factores para producir un determinado efecto, aun no lo ha producido: así, una empresa sería virtualmente internacional porque su producto es mundialmente competitivo; se podría decir que un ejecutivo es un virtual presidente de la firma si estando en condiciones de serlo, no ha recibido aún el nombramiento.

2.6.2.2 Servicio a la comunidad

La primera cuestión moral que debe plantearse a la hora de estudiar el servicio a la comunidad como una finalidad de la empresa es la de decir si el *servicio* tiene o no prioridad sobre la ganancia. De lo cual surgen dos problemas antiéticos: el servicio como medio o como fin. Llano afirma que actualmente, a nivel ideológico no hay quien sostenga que la finalidad de la empresa es únicamente la de ganar. En contraparte analiza qué es servir, qué es ganancia y de qué manera los servicios son valorados, y plantea tres razones fundamentales basándose en los servicios sociales públicos:

- ⇒ Mediante el cobro al usuario lo pongo en condiciones de que manifieste si le sirvo o no como él quiere ser servido.
- ⇒ Gracias al cobro que hago al usuario por mi servicio, me pongo en condiciones de seguir sirviendo.

⇒ Las empresas públicas hacen eficientes sus servicios cuando se mercantilizan.

La calificación del servicio viene dada intrínsecamente por la calidad real del servicio mismo, independientemente del calificativo con el que se le determine. En cambio, no se le puede llamar servicio a lo que resuelve una demanda superflua que solo demerita el crecimiento del hombre; solo se le considera servicio a lo que resuelve una necesidad humana.

2.6.2.3 Desarrollo humano

Además de generar un valor agregado y servir a la sociedad, la empresa tiene institucionalmente la finalidad de desarrollar a las personas que la componen". La empresa que no generase valor, no sirve a la sociedad, ni desarrolla a los hombres, tal vez no podría dársele el calificativo de *empresa*, sino "negocio causal" o cualquier otra cosa.

Los conocimientos son en la empresa los componentes que logran gradualmente mayor rendimiento, y viceversa, los objetos y todo aquello a lo que se le otorga un valor monetario van desvalorizándose; los más valiosos entre estos conocimientos son los que se encuentran en las personas. En esta época, el desarrollo de las personas debe seguir la línea del conocimiento: "deben saber más, pensar mejor, y ser más creativos; debe incentivarse su curiosidad y su imaginación" sin adueñarse de la persona o de sus conocimientos, por lo que la empresa no tiene más opción que la de alentar, invertir y apostar a los conocimientos personales, sin embargo, no solo es la línea de los conocimientos la que marca y dirige el desarrollo personal, se requiere, además, el crecimiento de las virtudes, y únicamente se contagia mediante las relaciones interpersonales.

Llano nos habla de la importancia del trabajo directivo en la cual hace mención de las virtudes fundamentales que debe tener un director (prudencia, justicia, fortaleza y templanza), y advierte que deben cultivarse en el ambiente mismo en que han de ser ejercidas, es decir, el director debe ser congruente en lo que piensa, dice y hace, lo que generará ascendencia y le dará la *autoridad* para dirigir la empresa.

2.6.2.4 Continuidad de la empresa

La continuidad o sustentabilidad de la empresa, es una finalidad subsecuente, porque es sin lugar a dudas una consecuencia del logro de las anteriores, de lo contrario sencillamente no habría compañía.

Lo que debe hacerse, por tanto, para la subsistencia en el tiempo de la actual empresa, es generar un valor agregado suficiente y repartirlo con equidad; otorgar un servicio a la comunidad, respondiendo a sus necesidades como colectivo humano y no solo a sus demandas superficiales y, finalmente, desarrollar a las personas que trabajan en la empresa.

Lo más importante para la continuidad de la empresa es el capital humano, en segundo lugar, el servicio, y en tercero el valor agregado. Por lo que es necesario generar el valor agregado adecuado para conservarlo y repartirlo equitativamente entre directivos y operarios, y también para poder generar reservas económicas; y fondos para pensiones, investigación y activos para la expansión de la empresa.

Para lograr la trascendencia en la empresa se deben entender las necesidades del cliente, las cuales van directamente relacionadas con la eficiencia y eficacia del servicio o producto que se esté ofertando, lo que logrará dejar huellas emocionales, sin dejar a un lado la calidad funcional y circunstancial, lo que posteriormente generará calidad residual en las personas.

Como empresa se debe tener la suficiente flexibilidad de adaptarse a los cambios comerciales, tecnológicos, administrativos y financieros.

En la era del conocimiento, el desarrollo de los recursos humanos que conforman la empresa debe basarse en éste. El núcleo del desarrollo personal es sin lugar a dudas, el desarrollo de las virtudes fundamentales. Es por ello que todo trabajo operativo debe englobar una cierta dimensión de *directividad*. Por lo que el hombre debe tener un desarrollo integral; la empresa, ha de dar ese espacio al trabajador de expandirse en otros ámbitos, inclusive en otros trabajos; la compañía debe desarrollar a su capital humano, sin embargo, estos no le pertenecen.

La continuidad de la empresa no debe centrarse únicamente, en las reservas de valor económico agregado que se vaya acumulando, depende más de los activos que no se pueden percibir a simple vista y, sobre todo, del servicio, de la confianza y de la

pertinencia que genera en la sociedad ese servicio en particular. La continuidad de la empresa tiene como principal fundamento el desarrollo humano.

La tradición y la constancia en una empresa tienen la forma de comunicación personal, la que, por sus características, requiere de una virtud especial: la lealtad. Por ello la empresa necesita darles esa confianza a sus trabajadores para que se sientan vinculados existencialmente a ésta. Es fundamental la lealtad de los clientes, pero no se puede conseguir esta lealtad, si no logramos previamente la lealtad entre los inversionistas y la de nuestros trabajadores.

Las virtudes de la continuidad son sobre todas, la magnanimidad y la constancia, que es una manera explícita de la fortaleza. Pero en un nivel más profundo, adquirirá relevancia la virtud de la magnanimidad. Es por ello que la ejemplaridad del director es el modo más eficaz de lograr la trascendencia, es en sí, la única forma de conseguir autoridad ante las personas y esto traducido en resultados generará un mejor clima laboral, maximizará los beneficios y, por el contrario, habrá menos desperdicios, se reducen las incidencias y robos, propicia la permanencia de los socios, se disminuye la rotación de personal; hay mejores prácticas de aprovechamiento y propicia el acercamiento entre todos.

2.6.3 Liderazgo

El liderazgo es la capacidad de guiar a un grupo hacia el logro de los objetivos y metas planteados de una organización.

Silva (2009) establece que ser un líder, se interpreta como la acción de las personas para emprender un proyecto, firma u organismo, con o sin fines de lucro.

Por su parte Casares (1994), destaca que un líder es quien adquiere compromisos y consigue sus metas a través de su equipo de trabajo; estimular, coordinar, construir y desarrollar a sus integrantes.

De acuerdo con Rubio (2006), el liderazgo debe visualizarse como una competencia de los equipos de trabajo, una parte del carácter, el talento de llegar a acuerdos, la aptitud de influir y persuadir y un instrumento para lograr metas.

Orozco (2012) concluye en su investigación Doctoral que, el Liderazgo es, en términos generales, el factor que mayor repercusión tiene sobre los índices de

competitividad en la industria de la construcción, lo que significa que para cualquiera que sea la meta establecida por la compañía contratista, se debe trabajar en dicho aspecto.

2.6.4 Selección-contratación de personal

Es muy importante decidir qué solicitantes de empleo deben ser contratados para la nueva empresa. El proceso inicia en el momento en que una persona solicita un empleo y termina cuando se produce la decisión de contratar a uno de los solicitantes, es decir, es un proceso de Selección-Contratación de personal para ejecutar y operar el proyecto.

Contratación. En muchos departamentos de personal se integran las funciones de reclutamiento y selección en una sola función que puede recibir el nombre de contratación. Para compañías grandes se asigna la función de contratación a un gerente específico. En los más pequeños, el gerente de la empresa puede desempeñar esta labor.

La selección adecuada de recursos humanos es la base para integrar un equipo laboral técnico, comercial, administrativo y financiero para alcanzar las metas de la empresa y hacerla rentable y después competitiva.

2.6.5 La estrategia comercial

De acuerdo con Durán (2009), el objetivo de la estrategia comercial, es penetrar, mantenerse y lograr una posición sólida, ventajosa y competitiva en el mercado; estará influenciada especialmente por las particularidades del consumidor, e incidentalmente por el competidor. La estrategia comercial que se diseñe deberá basarse en cinco aspectos fundamentales que influyen individual y globalmente en la rentabilidad de la empresa o en el flujo de efectivo del proyecto: el producto, la plaza, el precio, la promoción y la postventa; a estos cinco rubros o variables también se les denomina mezcla de mercadotecnia.

El producto es el elemento central, alrededor del cual giran el resto de las variables. Es el signo que hace distinguible a una empresa frente a sus competidores. El

consumidor, en definitiva "compra" mucho más que un conjunto de atributos físicos, en especial busca la satisfacción de sus necesidades de cualquier tipo en la escala de Maslow.

La plaza comprende la microlocalización de venta del producto, en este caso, el domicilio del proyecto inmobiliario. En ocasiones hay mercados que están muy bien controlados por la competencia y resulta difícil tener acceso a los mismos, por esta razón se deben analizar las posibilidades y las limitaciones, con el objeto de tener la mayor seguridad posible de vender el producto a un precio remunerador.

La determinación del precio es importante para la proyección de los ingresos de la empresa; se recomienda basarse en lo siguiente: La competencia y el segmento de mercado seleccionado; El costo unitario de construcción; La diferenciación del producto (marca y calidad, por ejemplo, Casas GEO y URBI Desarrollos Urbanos); La forma de pago (de contado, crédito o una mezcla); Las tendencias del mercado; y el desarrollo de nuevos productos y competidores, entre otros aspectos.

La promoción tiene como fin diferenciar el producto de los demás, o si éste es nuevo, tiene que ser de calidad y a un precio competitivo. La promoción comercial incluye: relaciones públicas, ventas personales, publicidad y promoción de ventas (descuentos, ofertas, regalos, rifas, etc.)

La posventa tiene como propósito darle seguimiento al proceso de venta para atender las observaciones de los clientes con el fin de tener una mejora continua o para innovar en nuevos productos, buscando siempre la calidad total.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

En este capítulo sobresalen dos partes esenciales: 1) La aplicación del Cuestionario para conocer el nivel de uso de BIM y otras tecnologías en la industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal., (ZMG) y 2) El diseño de un Modelo BIM 5D para un proyecto de vivienda en Iguala de la Independencia, Gro.

El diagnóstico de la industria permite conocer las prácticas más usadas; en el capítulo de Resultados se presentan diversas gráficas, y se describen algunos aspectos sobre el uso de herramientas para el diseño, control de costos y programación/planeación de obra, entre otros parámetros. Para este análisis, la población corresponde al padrón de constructores inscritos en la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), delegación Jalisco, y a partir de ésta se determinó el tamaño de la muestra.

La segunda parte relevante de este capítulo, consiste en diseñar un Modelo BIM 5D que se utilizó para realizar el análisis y la evaluación financiera del proyecto de vivienda planteado, con el objetivo de determinar la factibilidad de la inversión.

La metodología, es decir, el proceso de elaboración de la presente tesis contiene tres aspectos medulares: 1) La obtención de la información (Marco teórico), 2) La aplicación del Cuestionario y 3) La generación del Modelo BIM 5D para un proyecto inmobiliario.

3.2 Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra cuando el universo es finito, es decir, medible, y la variable de tipo categórica, primero se debe conocer "N", es decir, el número total de casos esperados o tamaño de la población objetivo (Herrera, 2017).

En nuestro caso la población es finita. Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la fórmula siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Ecuación 1. Tamaño de muestra, población finita.

$$n = \frac{496 \cdot 1.96^2 \cdot 0.05 \cdot 0.95}{0.065^2 \cdot (496 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.05 \cdot 0.95} = 39.8 \approx \mathbf{40 \text{ encuestas}}$$

Donde:

- N = Total de la población
- $Z_{\alpha} = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en su investigación use un 6.5%)

3.3 Diseño del cuestionario

El cuestionario incluye 25 preguntas (Anexo 1). Las respuestas son de selecciones única, múltiple o abierta. Está integrado en 2 partes: la primera recauda los datos personales de los encuestados y agrupa los datos acerca de las técnicas de representación, utilización de software de costos, planeación y control. La segunda, busca conocer los niveles de conocimiento y de implementación de BIM en la industria, además, se destaca la percepción de los usuarios acerca de las principales barreras para su adopción, pero también las principales ventajas de aplicar esta tecnología.

3.3.1 La encuesta

El método de diagnóstico para esta investigación es mediante la encuesta, donde se investigan los métodos de visualización y modelado utilizados por la industria. Para este estudio, la muestra arrojó un total de 40 personas a encuestar, sin embargo, se consultó a 45 profesionistas de diferentes edades, profesiones, experiencias y sectores laborales, con el propósito de aumentar la precisión de los datos generados.

La encuesta se realizó electrónicamente en la plataforma Google Forms para agilizar las respuestas y realizar un procedimiento eficiente del análisis de datos.

3.4 Modelo BIM 5D propuesto

El diseño del modelo propuesto consta de cuatro etapas: inicialmente, se realiza un modelo BIM 3D; en este proyecto se utilizó el software Autodesk Revit 2017, que sirve de base para determinar las volumetrías para la elaboración de una vivienda. En la segunda etapa, se realiza la programación y planeación de la vivienda (BIM 4D), para ello se contó con el apoyo de Microsoft Project 2016. En la tercera etapa se obtiene el costo directo de una vivienda (BIM 5D) y, finalmente en la cuarta etapa, se diseña un Modelo Financiero en Microsoft Excel, en el que se contemplan las proyecciones de ventas (ingresos) y los egresos, es decir los costos directos e indirectos para un proyecto de vivienda, que tendrá un horizonte de 5 años, donde se tiene contemplada la construcción de 8, 12, 20, 30 y 50 viviendas, dando un total de 120. Con estos datos, se calcula el flujo de efectivo, que sirve como base para realizar la evaluación financiera (Galvis *et al.*, 2014). En la Figura 3 se muestra un diagrama de la metodología para la elaboración del Modelo BIM 5D y el Modelo Financiero que será descrito a continuación:

3.4.1 Modelo tridimensional: BIM 3D

En esta etapa inicial de la metodología, se genera un Modelo BIM 3D (Figura 3), el cual permite calcular las cantidades de obra de una manera ágil y precisa sin la necesidad de realizar cubicaciones manuales, además, mide con mayor exactitud las cantidades necesarias para la construcción de cada elemento de acuerdo a su unidad de medición como: kilogramos y metros lineales, cuadrados y cúbicos, entre otros (Beltrán, 2012).

Al modelo 3D se le introducen especificaciones de los materiales y sus propiedades, especificaciones técnicas y detalles en particular, de los cuales se pueden obtener de una manera eficiente y detallada representaciones visuales en 2D, 3D.

3.4.2 Programación y planeación: BIM 4D

Una vez obtenidas las volumetrías y cantidades de obra, se realiza la programación y planeación de la vivienda, en la cual se asignan las duraciones de cada actividad y se detalla la secuencia que tendrá el proceso constructivo, posteriormente se asignan los recursos (subcontratos, materiales, mano de obra, herramientas y equipos), a las partidas generadas (Figura 3).

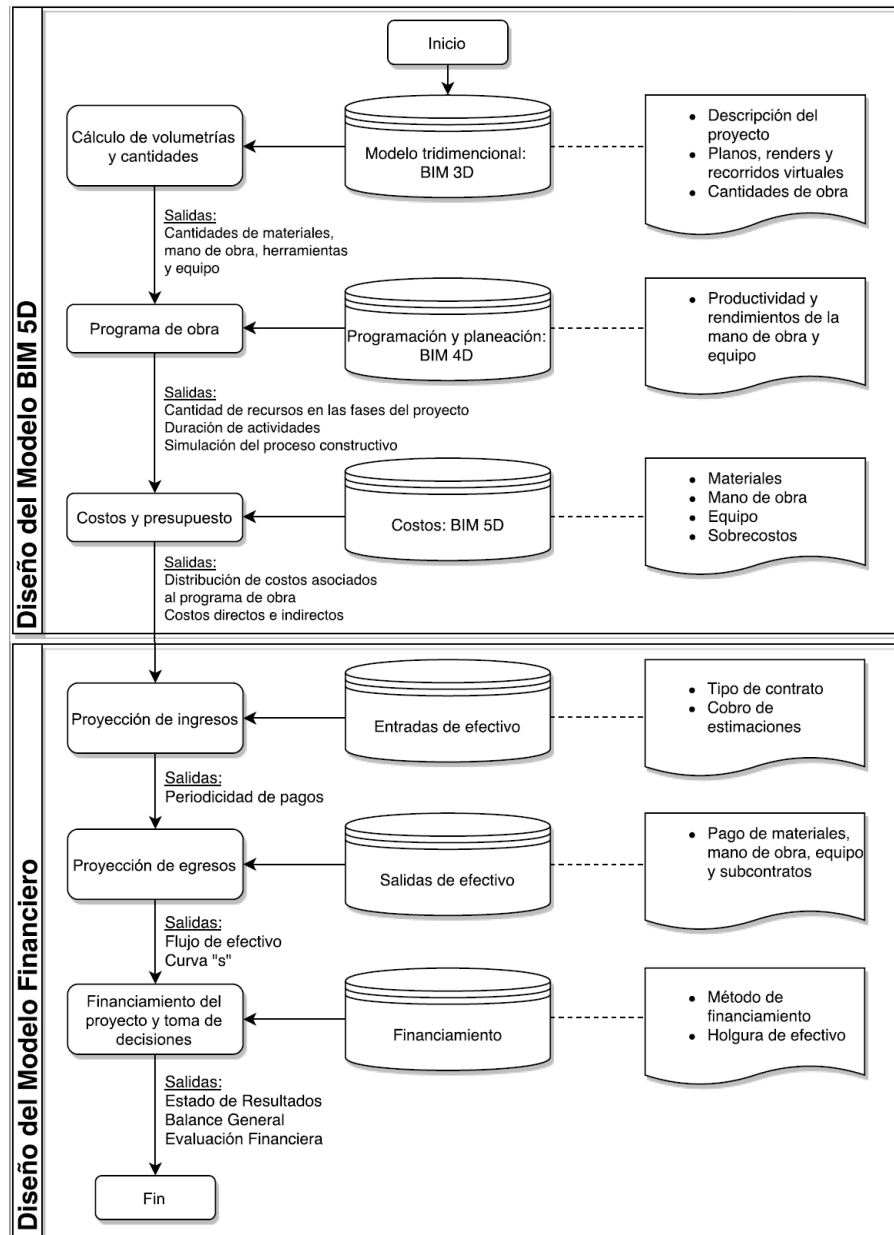


Figura 3. Diagrama de procesos para la elaboración de un Modelo BIM 5D.

Fuente: Elaboración propia, con información de Lu et al, 2016.

3.4.3 Costos y presupuesto: BIM 5D

Después de obtener las volumetrías del modelo 3D y realizada la programación y planeación (4D), se lleva a cabo el Análisis de Precios Unitarios (APU). El objetivo principal es determinar los precios por unidad de construcción asociados con las volumetrías calculadas, teniendo en cuenta la cantidad de materiales, fuerza de trabajo y traslados necesarios para la ejecución por unidad de construcción y de las actividades requeridas para la ejecución del proyecto (Figura 3; Mejía y Hernández, 2007).

Para estimar los precios unitarios, es necesario cuantificar la productividad de cada actividad, lo cual consiste en determinar los rendimientos de los recursos, es decir, evaluar el desempeño de las actividades del proyecto respecto al tiempo (Mercado, 1998), en el cual, se deben tener presentes factores como el clima, la modalidad de contratación, la experiencia y el lugar de trabajo, entre otros (Botero, 2002).

Posteriormente, con los volúmenes a ejecutar y el costo por unidad de construcción, calculado en base a los precios unitarios, es posible obtener el costo directo.

3.5 Diseño del Modelo Financiero

El proceso de análisis del caso estudiado se realiza mediante la evaluación de una propuesta administrativo-financiera, donde se describen las actividades, roles y la estrategia que seguirá la empresa para la ejecución del proyecto inmobiliario y, de esta manera, realizar el cálculo de los costos indirectos de acuerdo a las exigencias y ritmo de crecimiento del proyecto. Para este estudio de caso, se diseña un Modelo Financiero en Microsoft Excel, que permite calcular la proyección de ingresos y egresos, con la finalidad de generar el flujo de efectivo. Con esta información puede determinarse si el proyecto requiere de financiamiento y con diversas iteraciones es posible realizar distintos escenarios para gestionar créditos.

Finalmente, con el estado de resultados, el balance general y el flujo de efectivo se calculan los índices de evaluación para determinar la factibilidad financiera del proyecto.

3.5.1 Propuesta administrativa

En este apartado se propone una estructura organizacional para lograr el éxito del proyecto. Incluye los rubros siguientes: Organigrama (Figura 4) y funciones del personal.

3.5.1.1 El organigrama social y administrativo

El organigrama propuesto para esta empresa tiene dos componentes: 1) La constitución de la Sociedad Anónima de Capital Variable (S.A. de C.V.), integrada en la parte superior por: la asamblea de accionistas y el consejo de administración vigilado por uno o varios comisarios; esto se basa en la Ley General de Sociedades Mercantiles (LGSM; Durán, 2009); y 2) El organigrama administrativo que parte del Gerente, del cual dependen los Jefes de Compras y Ventas y de Construcción, éste es apoyado por el personal operativo.

3.5.1.2 Funciones de los puestos administrativos

De manera concreta las funciones que desarrollarán los elementos que integran el organigrama administrativo de la empresa son:

A. Gerente. Tiene como función principal la aplicación y rentabilidad del conocimiento a través de los procesos de planeación, organización, dirección, coordinación y control; ser el mediador de la sociedad frente a terceros a fin de lograr los objetivos establecidos; reportar las actividades mensuales realizadas y el estado de cuenta de la empresa al Consejo de Administración. Tener a su cargo a los Jefes de Construcción y de Compras y Ventas; Supervisar el proceso constructivo y las compras de equipo, herramientas, materiales y otros insumos y servicios para el proyecto; Supervisar la promoción y venta del producto (Casa-habitación); Llevar el control financiero del flujo de efectivo con el apoyo de un contador externo, y Asegurar la liquidez y la rentabilidad de la empresa.

B. Jefe de Construcción. Sus funciones serán: Reclutar, seleccionar y capacitar al personal operativo, Supervisar el proceso constructivo desde el inicio de la obra hasta la terminación del producto final; Elaborar los presupuestos de obra y modelos BIM;

Realizar la programación, control y seguimiento de la obra, Asegurar el cumplimiento en calidad y tiempo del producto; Supervisar la seguridad e higiene del personal operativo, Coordinarse con el Jefe de Mercadotecnia y el Gerente para una adquisición óptima de los insumos, y Cumplir con todas las instrucciones del Gerente.

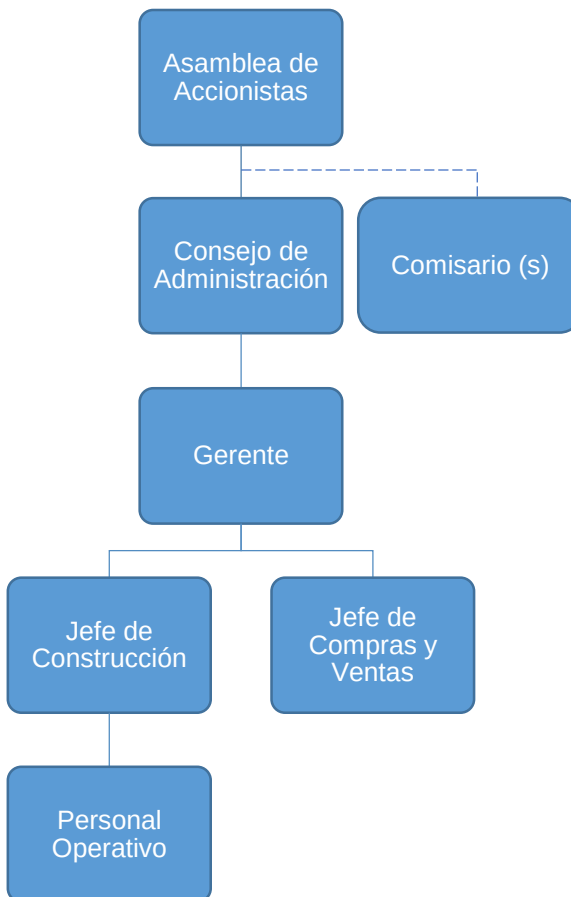


Figura 4. Organigrama social y administrativo propuesto.

C. Jefe de Compras y Ventas. Sus funciones son: Adquirir los materiales, equipos, herramientas y demás insumos y servicios, haciendo una previa cotización con al menos 3 proveedores en cada caso; Implementar la estrategia comercial, Programar y realizar promociones de venta maximizando las características del producto; Informarse como corren los precios con otras empresas constructoras para establecer un precio competitivo; Coordinarse con el Jefe de Producción; Adecuar los programas de producción-venta y de compra de insumos de acuerdo al proyecto; y las demás que le instruya el Gerente.

D. Personal operativo. El personal operativo estará a cargo del Residente de obra, seleccionado del mismo personal. Entre sus funciones sobresalen: Cumplir con el programa de obra, Aplicar las especificaciones técnicas del proyecto, Manejar con eficiencia los materiales, el equipo, las herramientas y demás insumos; Coordinarse con el área de compras para adquirir con oportunidad los insumos; Reportar las necesidades y anomalías al jefe de construcción, y las demás que le instruya el Gerente.

3.5.2 Evaluación financiera

La evaluación financiera, a través de diversos indicadores, determina la factibilidad de la inversión para aceptar o rechazar el proyecto, al aplicar diversos criterios de decisión descritos más adelante en este apartado.

Para realizar la evaluación financiera es importante determinar el flujo de efectivo del horizonte de 5 años del proyecto.

El procedimiento para el cálculo del flujo de efectivo es el siguiente:

1) Distribuir los recursos para la fabricación de las viviendas, es decir, asignar los costos directos del proyecto, 2) Asignar costos indirectos 3) Determinar el ritmo de ventas para calcular los ingresos, y 3) Calcular el flujo de efectivo.

Finalmente, para determinar la factibilidad del proyecto, se calculan los indicadores siguientes: El Valor Actual Neto (VAN), la Relación Beneficio Costo⁻¹ (R BC⁻¹) y la Tasa Interna de Retorno (TIR; Durán, 2009).

3.5.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es la diferencia entre los Ingresos y los Costos actualizados (Ecuación 2, Coss 1993). Representa la rentabilidad o Ingreso Neto a valor presente, calculado en base a una Tasa de Rentabilidad Mínima Aceptable (TREMA); para aplicarlo se requiere obtener los flujos netos de efectivo del proyecto y trasladarlos a valor actual mediante la aplicación de un factor de actualización (F.A.) o TREMA. El resultado final está constituido por la suma algebraica de dichos flujos actualizados, lo cual genera el

valor presente; si a estos montos se les restan las inversiones realizadas en el Horizonte del Proyecto, en este caso de 5 años, se obtendrá el VAN.

El criterio del indicador es el siguiente: $VAN \geq 0$ (proyecto factible), es decir, se acepta el proyecto para su ejecución con un VAN igual a cero, porque en este escenario, únicamente se recuperan todos los Costos, más una Tasa de ganancia exigida por el inversionista; lo más recomendable siempre será obtener un VAN mayor a cero (Durán, 2009).

$$VAN = \left(\frac{\sum_{t=1}^{t=n} Bt}{(1+i)^n} \right) - \left(\frac{\sum_{t=1}^{t=n} Ct}{(1+i)^n} \right)$$

Donde:

Bt = Beneficios o ingresos anuales

Ct = Costos anuales

t = 1,2...n años

i = Tasa de actualización o TREMA

Ecuación 2. Valor Actual Neto (VAN).

3.5.2.2 Relación Beneficio Costo⁻¹ (R BC⁻¹)

La R BC⁻¹ expresa la utilidad por cada peso invertido en el proyecto. Se dividen los ingresos entre los costos, ambos actualizados (Ecuación 3, Coss 1993).

El criterio de decisión es una R BC⁻¹:

> 1 el proyecto es factible

= 1 el proyecto es indiferente

< 1 el proyecto se rechaza

Donde:

Bt = Beneficios anuales

Ct = Costos anuales

t = 1,2...n años

i = Tasa de actualización

$$R BC^{-1} = \left(\frac{\sum_{t=1}^{t=n} Bt}{(1+i)^n} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^{t=n} Ct}{(1+i)^n} \right)^{-1}$$

Ecuación 3. Relación Beneficio Costo (RBC⁻¹)

3.5.2.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR (Ecuación 4, Coss 1993) de una inversión, es la tasa de Rentabilidad Anual Promedio de toda la vida útil del proyecto. Se obtiene cuando el VAN es igual cero, porque con esta tasa los ingresos y los costos actualizados son iguales, es decir, la diferencia es igual a cero.

Con la TIR, el proyecto se acepta siempre y cuando sea mayor o igual a la TREMA o tasa de actualización que se aplicó para actualizar los costos y beneficios del proyecto en todo su horizonte.

$$TIR = \sum_{t=1}^{t=n} Bt (1 + r)^{-t} - \sum_{t=1}^{t=n} Ct (1 + r)^{-t} = 0$$

Ecuación 4. Tasa Interna de Retorno (TIR).

Criterio de decisión: $TIR \geq TREMA$ (Proyecto Factible)

Donde:

Bt = Beneficios anuales

Ct = Costos anuales

t = 1,2...n años

i = Tasa de actualización

r = Tasa de retorno

3.5.2.4 Tasa de Actualización (TA)

La TA es aquella Tasa de Rentabilidad Mínima Aceptable (TREMA), exigida por el inversionista y permite recuperar la inversión o costo total del proyecto más una Prima de Riesgo (PR). Representa la tasa de interés a la cual los valores futuros se actualizan. Para actualizar los flujos se empleará aquella tasa de rendimiento mínima esperada por el inversionista por debajo de la cual no conviene invertir (Durán, 2009).

Para seleccionar la TREMA, es posible basarse en cualquiera de las opciones siguientes:

- ⇒ Tasa inflacionaria pronosticada por el Banco de México, más una prima de riesgo (PR).
- ⇒ El costo de oportunidad del capital (tasas de interés del mercado), más una PR.
- ⇒ La tasa de interés del préstamo (s) para financiar el proyecto, más una (PR). Tiene la inconveniencia de verse influida por las cambiantes condiciones financieras.

En este proyecto se consideró una TREMA del 10%, considerando el 5% como promedio de las primeras 2 opciones descritas: el pronóstico de crecimiento del índice precios al consumidor (inflación) que determinó el Banco de México para 2017 y el rendimiento financiero de las instituciones bancarias de 2017, más un 5% de Prima de Riesgo por diversos factores como: inseguridad y reducción en la demanda del producto, entre otros.

En general, para la recuperación del capital invertido en un proyecto, o por prioridad se deben obtener: los costos de construcción y de inversión, una tasa real de oportunidad y una prima contra el riesgo, es decir, un porcentaje para seguridad de la inversión, dada la incertidumbre de cada proyecto (Durán, 2009).

3.5.2.5 Razones financieras

Las razones o índices financieros ayudan a la toma de decisiones para diversos actores en la empresa y sirven a cada de acuerdo a lo que se quiera medir; las cifras que deben tener una relación lógica entre sí, siendo su resultado pesos, porcentajes, días, veces, o factores, cuyo valor radica en su interpretación (Ecuaciones 5, 6 y 7; Navarro, 2017)

A. Razones de Liquidez:

$$\text{Índice de liquidez} = \frac{\text{Activos Circulantes}}{\text{Pasivos Circulantes}}$$

$$\text{Prueba del ácido} = \frac{\text{Activos Circulantes} - \text{Inventarios}}{\text{Pasivos Circulantes}}$$

Ecuación 5. Razones de Liquidez.

B. Razones de Rentabilidad

$$\text{Retorno Sobre Activos (ROA)} = \frac{\text{Utilidad Neta Despues de Impuestos}}{\text{Activos Totales}}$$

$$\text{Retorno Sobre Capital Contable (ROE)} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital Contable}}$$

Ecuación 6. Razones de Rentabilidad.

C. Razones de Apalancamiento

$$\text{Razón de deuda (\%)} = \frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Activo Total}}$$

$$\text{Pasivo a Capital} = \frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Capital Contable}}$$

Ecuación 7. Razones de Apalancamiento

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Introducción

En este capítulo de la investigación se realiza una discusión de las mediciones descritas en el capítulo anterior, generadas a partir de las opiniones y percepciones de los usuarios a través de la encuesta, para hacer un análisis de las opciones de modelado y visualización en la construcción, y conocer cuáles herramientas se utilizan en la industria en el desarrollo de los proyectos.

También se incluye la discusión de los resultados del Modelo BIM 5D propuesto para un proyecto de inversión de vivienda.

La parte central del capítulo es responder las Hipótesis planteadas en esta investigación:

- ⇒ **La industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) implementa BIM en sus proyectos.**
- ⇒ **La aplicación del método BIM genera información suficiente que contribuye a determinar la factibilidad financiera del proyecto.**

4.2 Resultados de la Encuesta

En este apartado se discuten los 25 reactivos aplicados. En la Tabla 3 se concentran los resultados de la encuesta de los parámetros siguientes: 1) La disparidad entre lo presupuestado vs. El Costo Real en proyectos de construcción, donde el 42% contestó que algunas veces; 2) En la dificultad de realizar estimaciones debido a cambios en el proyecto; el 40% destacó que algunas veces también; 3) La frecuencia y el nivel de implementación de herramientas de control de costos, planeación y avances, en donde la mayoría contestó que siempre; 4) Respecto a las interferencias entre obra civil e instalaciones el 49% señaló que algunas veces, mientras el 38% indicó que nunca.

En esta Tabla 4 se observan los resultados de mayor importancia de algunas de las características y herramientas que proporciona BIM para los profesionistas de la construcción, las respuestas son: alta, media, baja y no califica. Por ejemplo, el 62% considera que con BIM se logra una eficiente integración de los proyectos mediante la colaboración de las diferentes disciplinas, es decir, consideran alta la aplicación de BIM, tal como lo resaltan Lee y Eastman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013). También así lo consideran para las características siguientes: dispone de objetos predeterminados que proporciona actualizaciones de forma automática cuando se realiza un cambio, debido a que todos los elementos están asociados entre sí; realizar cubicaciones y presupuestos con mayor precisión (Beltrán, 2012); desarrollo de los proyectos en diversas escalas de detalle, lo que se conoce en la industria como LOD (por sus siglas en inglés de Level Of Detail) para lo cual la metodología BIM maneja desde 100 hasta 500; la visualización de los proyectos 2D y 3D; la representación de los objetos del Proyecto asociados al programa de obra (4D; Grilo y Goncalves, 2011), la representación de los objetos del Proyecto asociados al presupuesto (5D; Chien *et al.*, 2014), y la representación de los objetos del Proyecto asociados al plan de operación y mantenimiento (7D; Smith, 2014).

Por último, el 38 % considera que BIM permite el análisis de sostenibilidad del Proyecto (6D), en forma media. Al respecto, Smith (2014), afirma que la sostenibilidad del proyecto debe incluirse, sobre todo en proyectos que pueden afectar el medio ambiente.

Tabla 3. Resultados de la encuesta. En %.

Parámetro / Frecuencia	Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Disparidad entre Presupuestos vs Costo Real	7	29	42	22	0
Dificultad de realizar estimaciones por cambios en el Proyecto	7	31	40	16	7
Nivel de implementación de Programas de Costos	33	27	22	13	4
Nivel de Planeación	49	33	13	4	0
Nivel de Control de Avances	51	31	9	7	2
Interferencias entre Obra Civil e Instalaciones	7	36	49	9	0
Exigencia de BIM	4	13	24	20	38

Los resultados demuestran que los profesionales de AEC/FM utilizan para la visualización y representación gráfica planos en CAD 2D (62%), y posteriormente es posible determinar las volumetrías en hojas de cálculo, seguido en orden, por generadores a mano y solo un bajo porcentaje lo realiza mediante Revit y volúmenes por lotes; sin embargo, el 49% considera que los planos en CAD 2D no son suficientes para el desarrollo de los proyectos y el nivel de certeza que tienen de sus cubricaciones se encuentra en nivel alto. Al respecto, Ortega y Bisgaard (2000) y Maldonado y Zaragoza (2013) consideran que el CAD 2D es limitado porque afecta los presupuestos y la duración del proyecto, por lo que recomiendan el uso de BIM para una mejor integración del diseño-construcción.

Entre los diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia destacan: el arquitectónico (89%), el estructural (78%) y el hidrosanitario (71%). Los encuestados indicaron que el costo real y la dificultad de determinar el cobro de estimaciones difieren y es difícil determinar en algunas ocasiones debido a los cambios e interferencias que se presentan durante su ejecución, a pesar de llevar a cabo en su mayoría la planeación y el control de avances del Proyecto. En este sentido Smith (2014), considera que las interferencias se reducen con la aplicación de BIM. Así mismo, Azhar *et al.* (2015) afirman que el uso de BIM detecta colisiones y ofrece mejoras antes de la construcción.

Tabla 4. Resultados de las características y herramientas de BIM. En %.

Característica – Herramienta / Rango	Alta	Media	Baja	No califica
Permite el desarrollo y la entrega integrada de proyectos mediante el trabajo colaborativo entre las diferentes disciplinas	62	24	2	11
Dispone de bibliotecas/familias predeterminadas de objetos	38	42	7	13
Permite actualizaciones automáticas del Modelo y sus planes asociados al modificar cualquier objeto	62	22	4	11
Permite realizar cubricaciones y presupuestos con mayor precisión	60	22	4	13
Permite la representación de los objetos a diferentes niveles de detalle (LOD)	58	22	7	13
Permite la representación de los objetos del proyecto en dos y tres dimensiones (2D) y (3D)	62	20	7	11
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al programa de obra (4D)	58	24	7	11
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al presupuesto (5D)	42	33	9	16
Permite el análisis de sostenibilidad del proyecto (6D)	31	38	16	16
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al plan de operación y mantenimiento (7D)	42	33	9	16

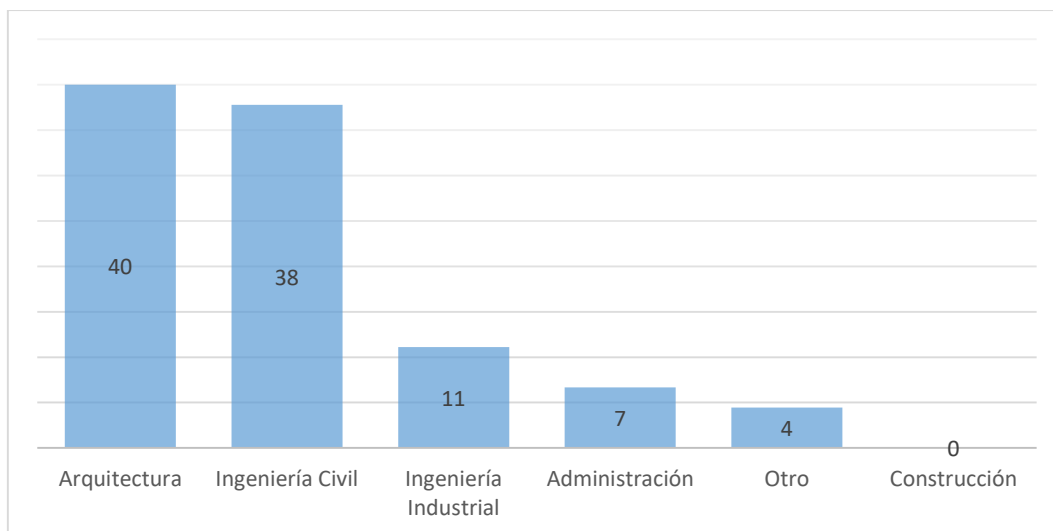
De acuerdo a la percepción de los encuestados, el 96% considera que el uso de los Modelos BIM será con el tiempo una práctica común en los Proyectos de Construcción como lo establece Building.co.uk (2017), que tanto en Europa, como en Norteamérica, Chile, Colombia y México será una práctica generalizada a partir de 2020, no obstante que, el 69% actualmente no es usuario o lo utiliza a través de un tercero.

Los resultados confirman que, a pesar de que en algunas regiones del mundo tiene un uso generalizado y algunos países explotan esta tecnología como el Reino Unido (35%), Alemania (36%) y Francia (38%; McGraw Hill Construction, 2010), en la ZMG va gradualmente usándose, porque sólo el 4% reconoce que siempre se exigen modelos BIM en los proyectos que ha colaborado, porque indican que no se implementa dado que desconocen el modelo y, a la vez, perciben costos elevados en su capacitación formal y aplicación. Sin embargo, destacan que la ventaja más importante que consideran para su implementación es que la productividad entre las diversas disciplinas aumenta como lo destacan Lee y Eastman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013), además, permite que los procesos diseño-construcción se ejecuten de manera coordinada y con mayor eficiencia y calidad (Grilo y Goncalves, 2011).

A continuación, se presentan 25 Gráficas que corresponden a los reactivos del Cuestionario (Anexo 1), y se describen y discuten las respuestas emitidas por los encuestados.

1. Profesión afín

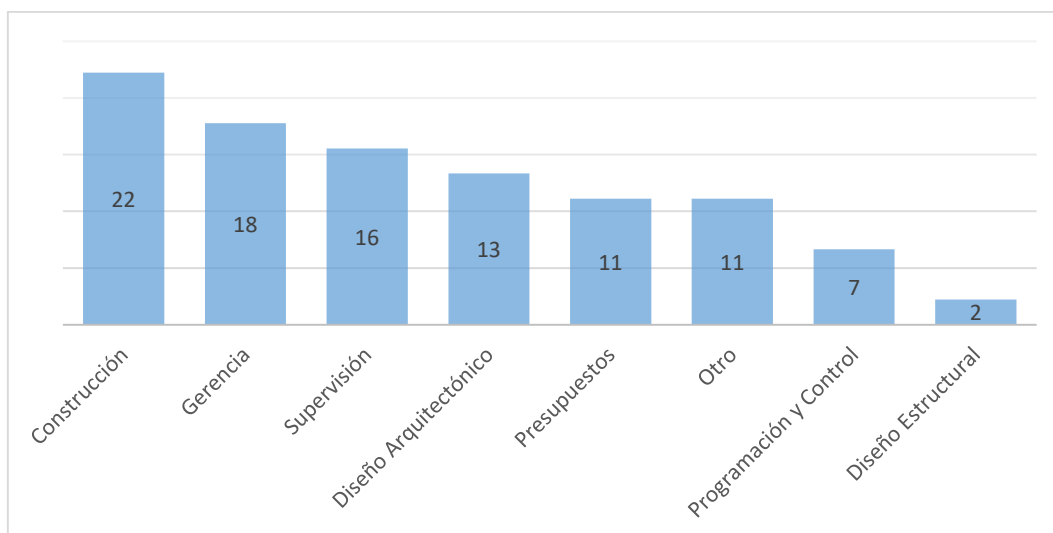
En la Gráfica 1 se observa que el 89% de los profesionistas están vinculados al sector de la construcción, tales como arquitectos e ingenieros civiles e industriales. Asimismo, se aprecia que solo un pequeño porcentaje pertenece al área administrativa. No se arrojó ninguna respuesta de Ingenieros constructores.



Gráfica 1. Profesión afín. En %

2. Experiencia profesional más destacada

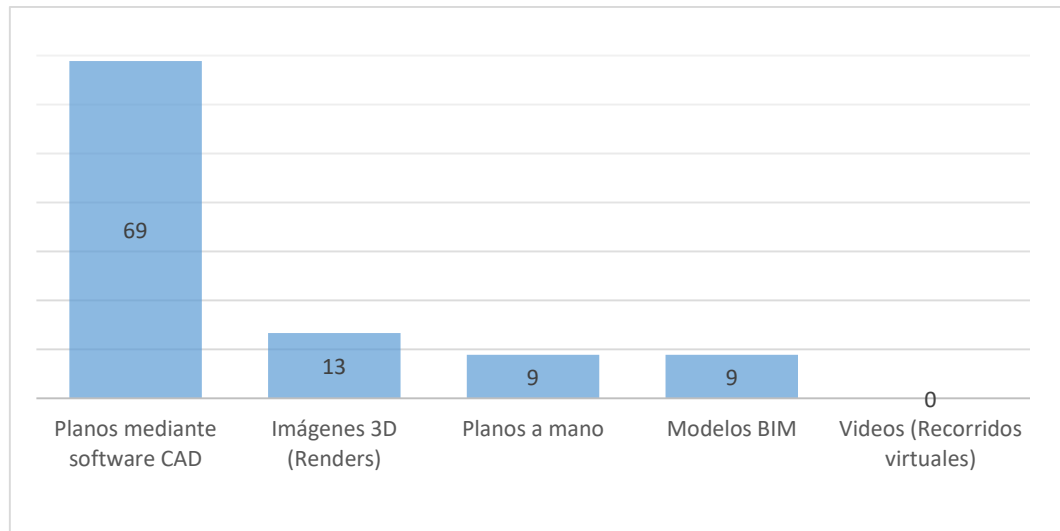
Entre las experiencias profesionales que destacan y se realizan con mayor frecuencia sobresalen: la construcción, seguida por la gerencia, la supervisión, el diseño arquitectónico y los presupuestos. Por el contrario, los menos relevantes son la planeación y el control y diseño estructural (Gráfica 2). Otros indicaron que se dedican a la obra pública, instalaciones, mercadotecnia, gestión de proyectos e infraestructura hidráulica.



Gráfica 2. Experiencia profesional más destacada. En %.

3. Práctica de representación gráfica más utilizada

La representación gráfica más utilizada en la industria confirma que la realización de planos es mediante software CAD, y solo un bajo porcentaje utiliza BIM para el diseño de sus proyectos (Gráfica 3), como lo resaltan Latham (1994) y Egan (1998), que al no aplicar BIM se genera ineficiencia y baja productividad por prácticas tradicionales, a pesar de que, esta metodología de trabajo proporciona de manera sencilla planos en 3D que, a su vez, permiten realizar escenarios virtuales a través de la edificación para conocer con mayor certeza los tipos de materiales, acabados y especificaciones por parte de los clientes, contratistas o cualquier actor involucrado en el proyecto, con la finalidad de corregir cualquier imprevisto observado en las fases de construcción, como lo establecen Chien *et al.* (2014), dado que permite modificaciones, mejora los cálculos e identifica colisiones.

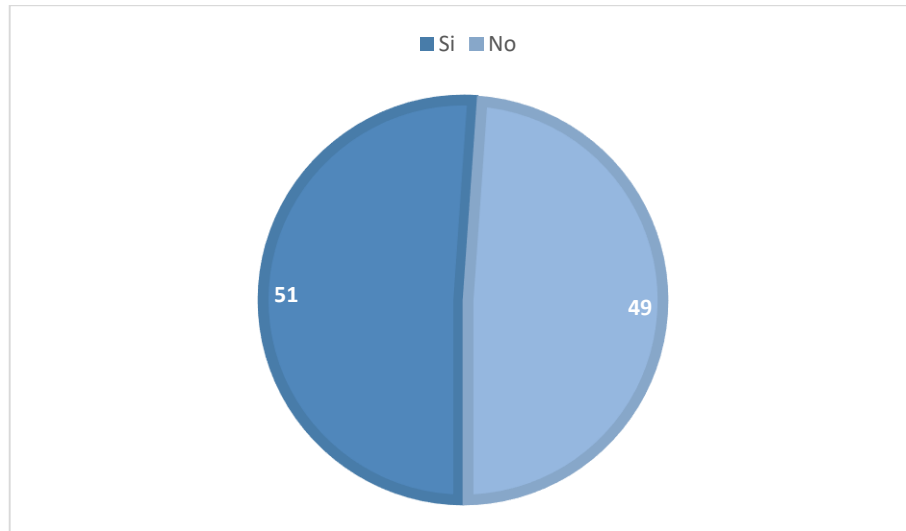


Gráfica 3. Práctica de representación gráfica más utilizada. En %.

4. Precisión de los planos en 2D en el desarrollo de los proyectos

Del total de los encuestados, el 51% estima que los planos desarrollados con software CAD en 2D son precisos para el desarrollo de sus proyectos en el mercado de la Delegación Guadalajara, Jalisco. El resto, 49%, indicó que son imprecisos debido a la falta de especificaciones técnicas o por omisiones en los planos (Gráfica 4). Un modelo BIM contiene información detallada de todos los elementos que conforman la edificación y puede ser alimentado en cualquier fase del Proyecto, y también es posible la comunicación entre las diversas disciplinas involucradas en el diseño, tal

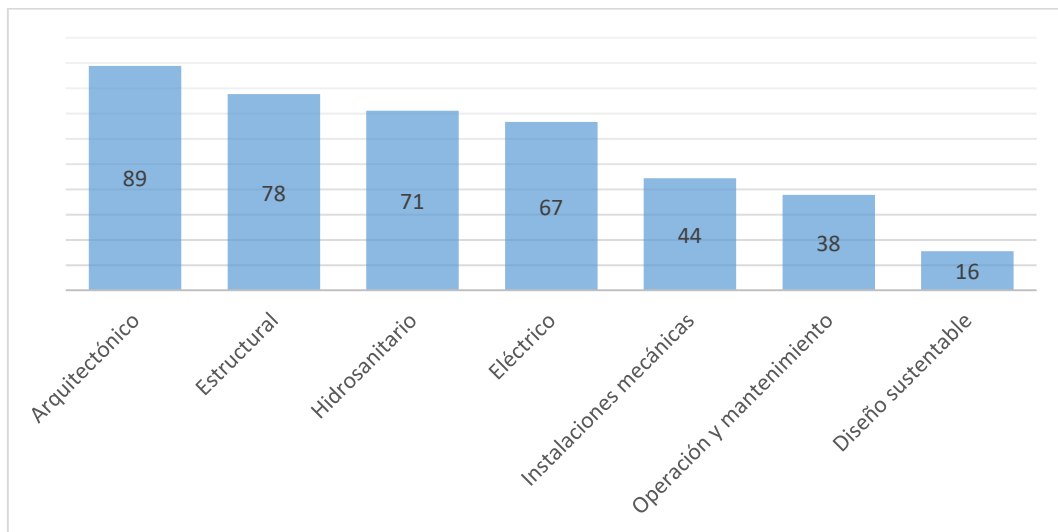
como lo destacan Zaragoza *et al.* (2013), Grilo y Goncalves (2011) y Ghaffrianhoseini *et al.* (2015).



Gráfica 4. Precisión de los planos en 2D en el desarrollo de los proyectos. En %.

5. Diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia

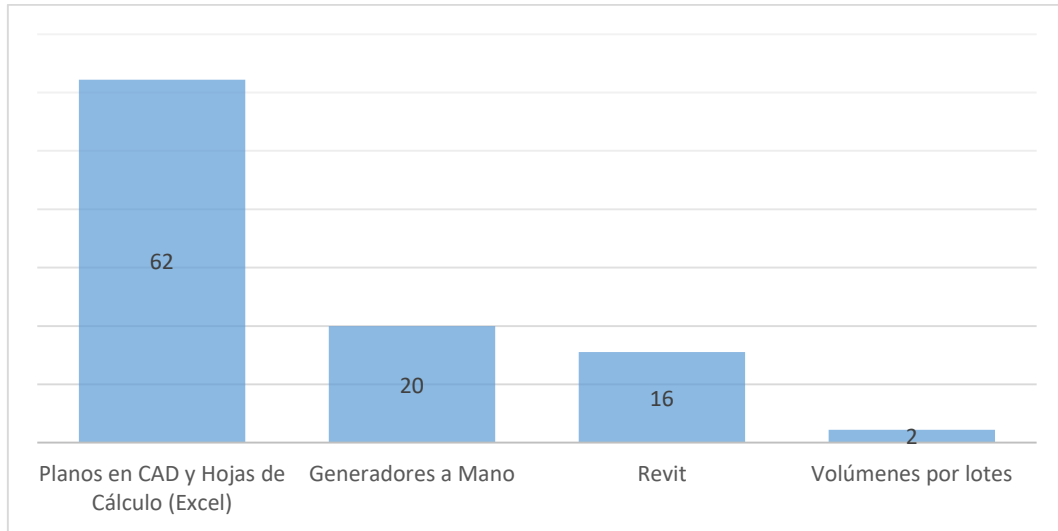
De acuerdo a los resultados obtenidos, los diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia en los Proyectos son los arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios y eléctricos, y solo un pequeño porcentaje considera el diseño sustentable (Gráfica 5).



Gráfica 5. Diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia. En %.

6. Método más utilizado para determinar volumetrías

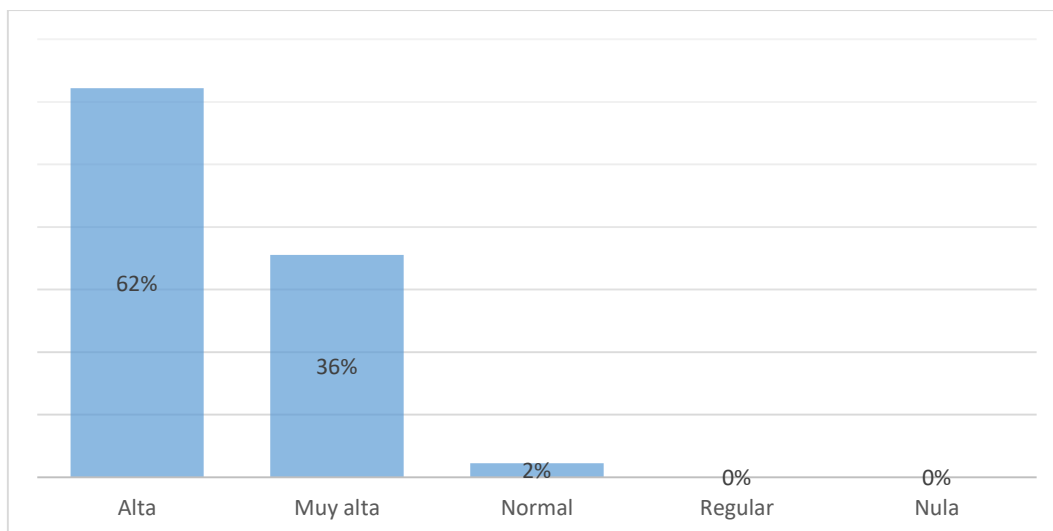
Del total de los encuestados, la mayoría indicó que el método para determinar las volumetrías es mediante planos en CAD 2D, con la ayuda de Hojas de Cálculo y se pueden conocer las unidades de construcción a ejecutar (Gráfica 6). Únicamente el 16% indicó estar implementando Revit para la realización de cubicaciones, a pesar de que este software permite obtenerlas de una manera más precisa y rápida, como lo sostienen Galvis et al. (2014).



Gráfica 6. Método más utilizado para determinar volumetrías. %.

7. Certidumbre de las volumetrías

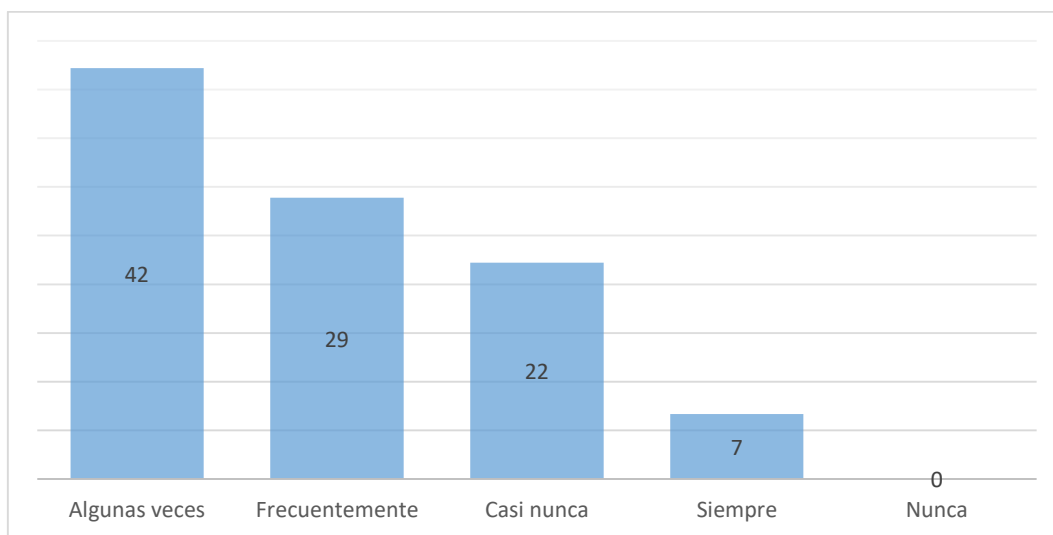
Los resultados que muestra la Gráfica 7 destacan que el 62% de los volúmenes calculados tienen un nivel de certeza alto. También puede notarse que el 36% considera que la certeza es muy alta.



Gráfica 7. Certidumbre de las volumetrías. En %.

8. Variabilidad entre lo presupuestado y el costo real

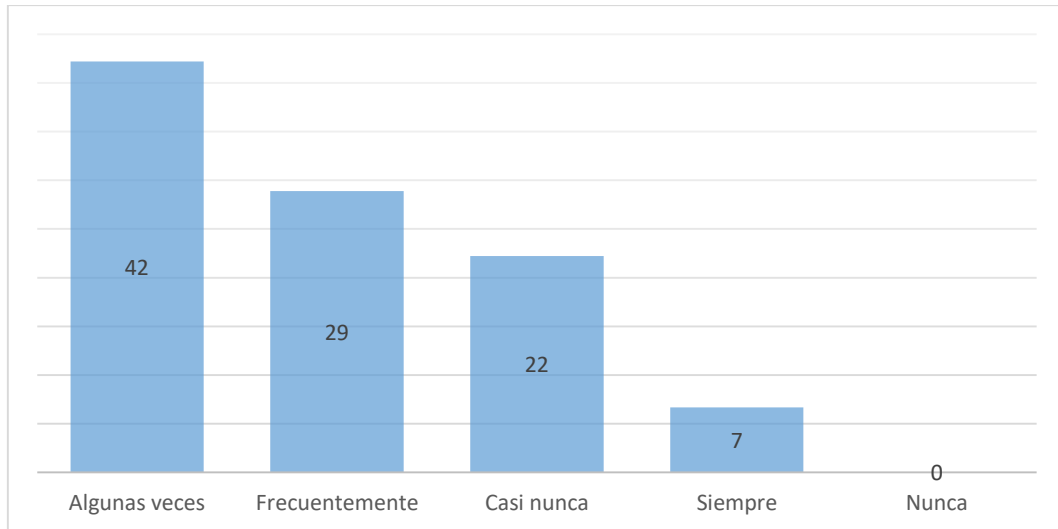
En la Gráfica 8 se observa que el 71% de los encuestados consideran que la mayoría de ocasiones existen variaciones entre lo presupuestado contra el costo total del proyecto, tal como concluyeron en sus investigaciones Latham (1994) y Egan (1998), dado que usan prácticas tradicionales de baja productividad y menor eficiencia (Kamara *et al.*, 2002). Al respecto Chien *et al.* (2014) afirman que los costos se reducen a un umbral del 3% y también la detección de colisiones ahorra tiempo hasta en 10% del contrato.



Gráfica 8. Variabilidad entre lo presupuestado y el costo real. En %.

9. Implementación de software de costos en los presupuestos

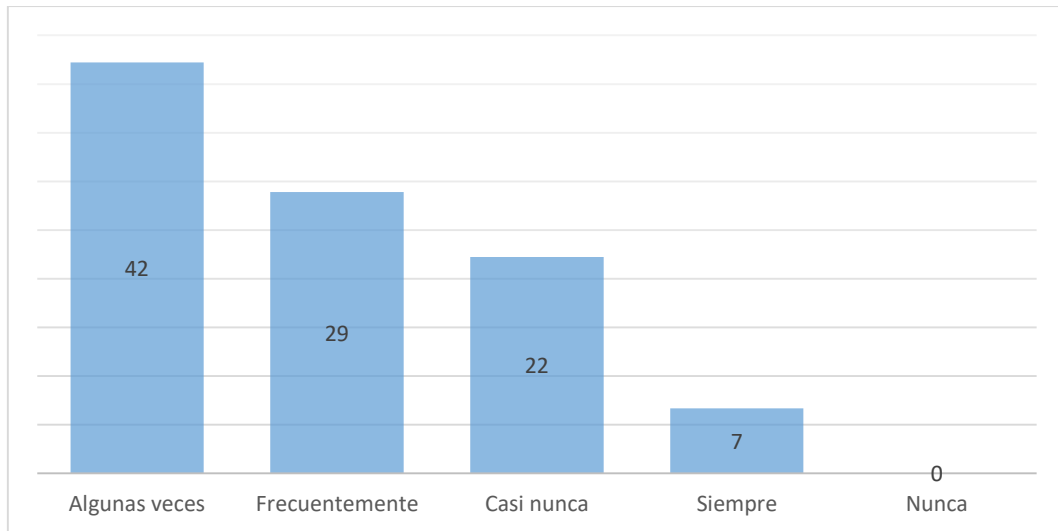
En la Gráfica 9 se observa que el 78% de los profesionistas de la industria investigados implementan algún tipo de software de costos para la realización de sus presupuestos.



Gráfica 9. Implementación de software de costos en los presupuestos. En %.

10. Dificultad en el cobro de estimaciones por cambios en el proyecto

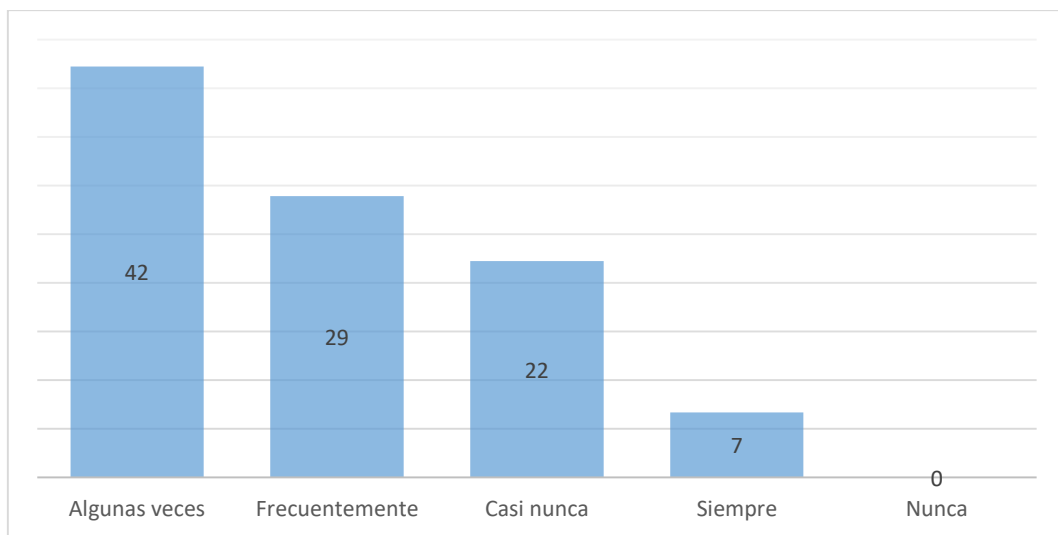
En todos los casos estudiados de Proyectos existe cierta dificultad para determinar el cobro de estimaciones (Gráfica 10). Ninguna persona reconoce no haber tenido esta limitante en la industria. Al respecto, Grilo y Goncalves (2011) y Fallon y Palmer (2007) señalan que la aplicación del Método BIM es recomendable para aumentar la certeza del modelo diseñado.



Gráfica 10. Dificultad en el cobro de estimaciones por cambios en el proyecto. En %.

11. Frecuencia con la que se realiza planeación/programación

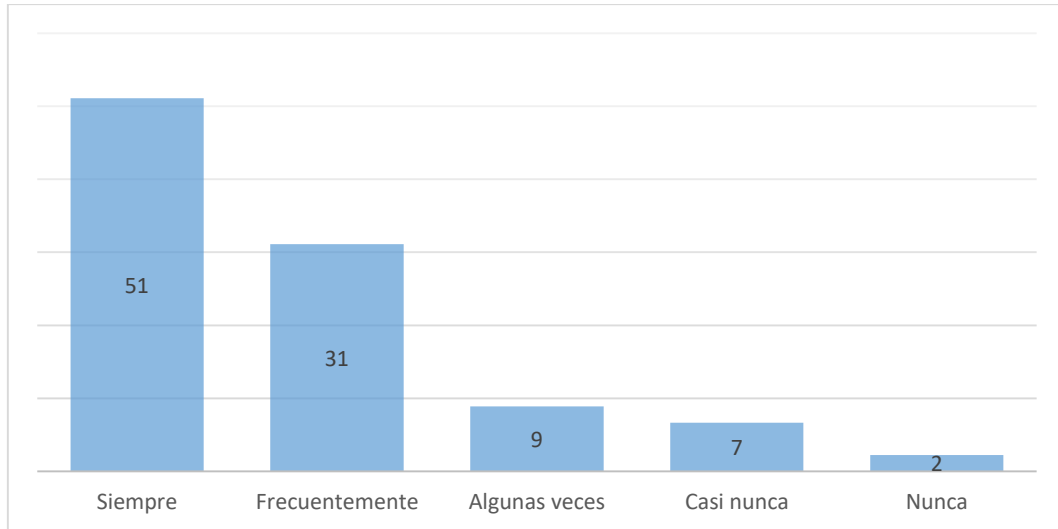
Los profesionales de AEC/FM investigados reconocen que en los proyectos en donde han participado se lleva a cabo la planeación del proyecto (Gráfica 11), para mayor control de la operación como indican Miettinen *et al.* (2014), dado que se logra una mayor integración entre planeación y construcción. Los resultados obtenidos muestran que en la gran mayoría de los proyectos la planeación es al inicio de los mismos, lo que es una gran ventaja para el sistema BIM en su dimensión de 4D; en este caso, para el desarrollo del modelo y su posterior implementación (Smith, 2014).



Gráfica 11. Frecuencia con la que se realiza planeación/programación. En %.

12. Continuidad en el control de avances

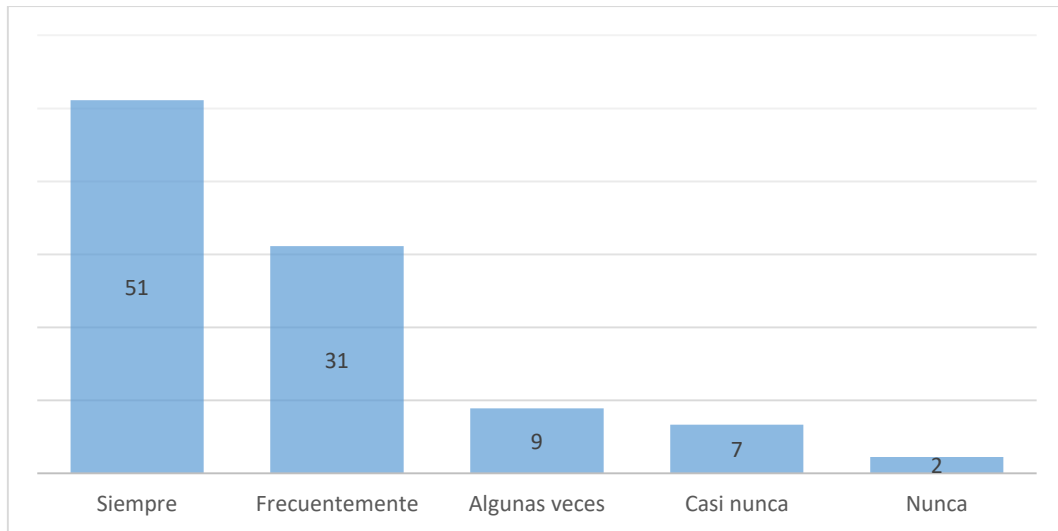
En la Gráfica 12 puede notarse que el 51% de los encuestados lleva un control de los avances del proyecto, el 31% lo hacen frecuentemente, mientras que solo el 2% nunca lo hace.



Gráfica 12. Continuidad en el control de avances. En %.

13. Interferencias entre obra civil e instalaciones

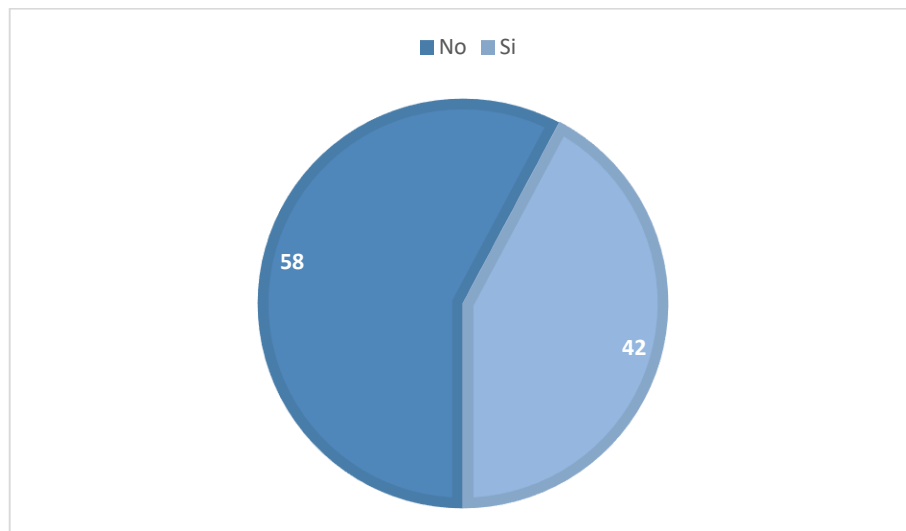
La mayoría de los encuestados destacó que siempre hay interferencias entre obra civil e instalaciones. Únicamente el 2% contestó que nunca se han presentado este tipo de problemas (Gráfica 13). En este sentido, Azhar *et al.* (2015) y Chien *et al.* (2014) destacan que BIM permite detectar las colisiones (clash detection) y hacer las correcciones pertinentes en la fase de diseño, es decir, antes de llevarlo a terreno, a través de una simulación gráfica.



Gráfica 13. Interferencias entre obra civil e instalaciones. En %.

14. Vinculación de los volúmenes del proyecto a software de costos

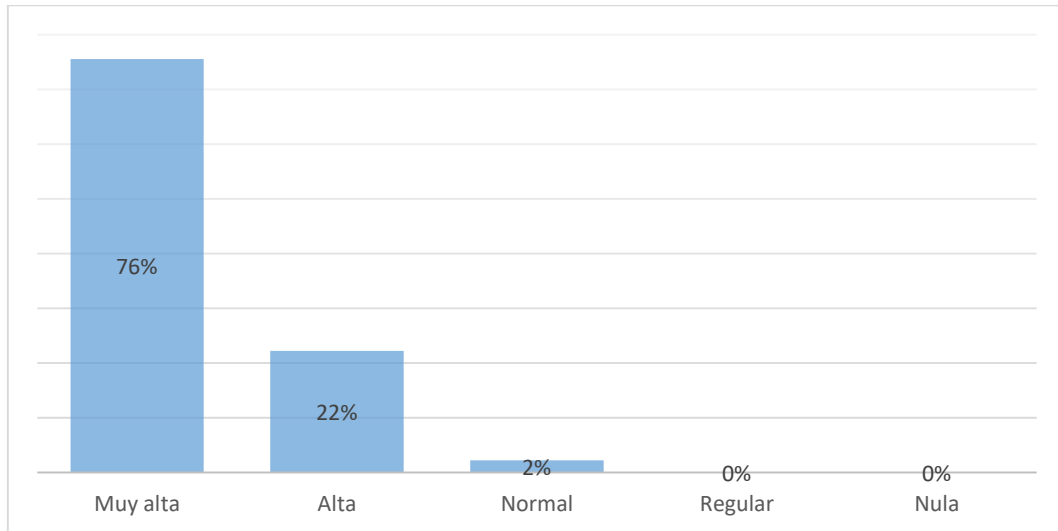
Del total de los encuestados, el 58% indicó que nunca han utilizado un vínculo que lleve directamente los volúmenes determinados a un programa de costos (Gráfica 14), en cambio el 42% lo han realizado. Al respecto, Chien *et al.* (2014) y Miettinen *et al.* (2014) destacan que la vinculación permite mayor coordinación para aumentar la eficiencia del diseño-operación, y se logra reducir costos y aumentar la rentabilidad (Lee *et al.*, 2012).



Gráfica 14. Vinculación de los volúmenes del proyecto a software de costos. En %.

15. Vinculación de los volúmenes de obra a un catálogo de conceptos

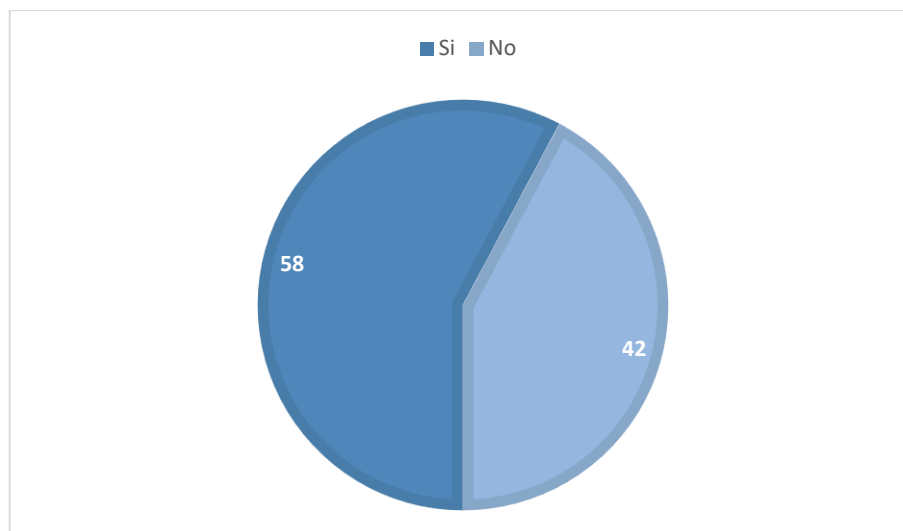
Los resultados que muestra la Gráfica 15 indican que al 98% le sería de utilidad vincular los volúmenes obtenidos con los presupuestos para generar un catálogo de conceptos. Al respecto, Grilo y Goncalves (2011) destacan que el uso de BIM permite la determinación más precisa de las cantidades de materiales, y Chien *et al.* (2014) señalan que se logra un mejor presupuesto de costos.



Gráfica 15. Vinculación de los volúmenes de obra a un catálogo de conceptos. En %.

16. Conocimiento de BIM (Building Information Modeling)

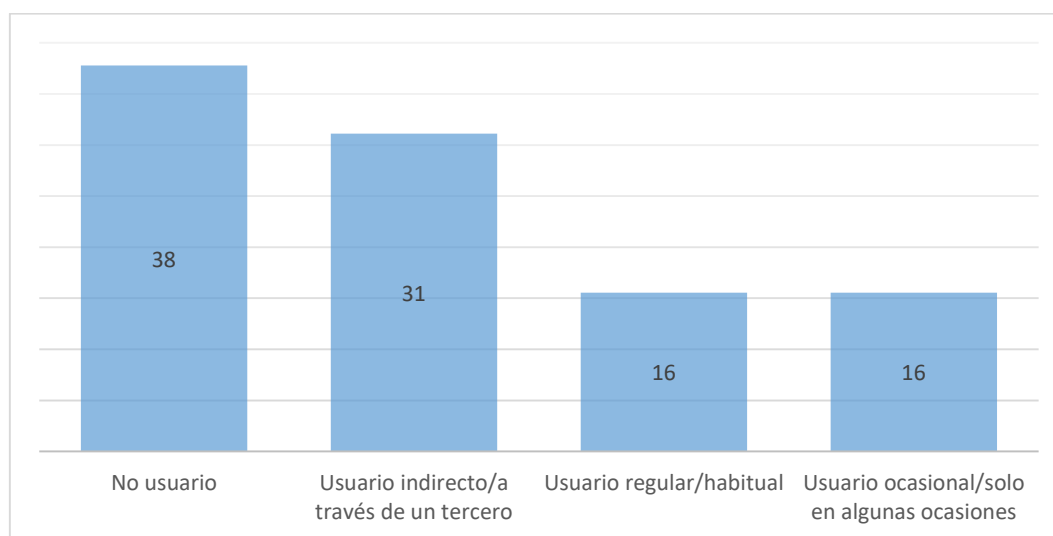
El 58% indicó conocer BIM a poca profundidad o solo han escuchado acerca del método (Gráfica 16). Por lo que es urgente hacer una difusión del Modelo para incrementar la competitividad de las empresas como lo destacan Miettinen *et al.* (2014).



Gráfica 16. Conocimiento de BIM. En %.

17. Implementación de BIM en la industria

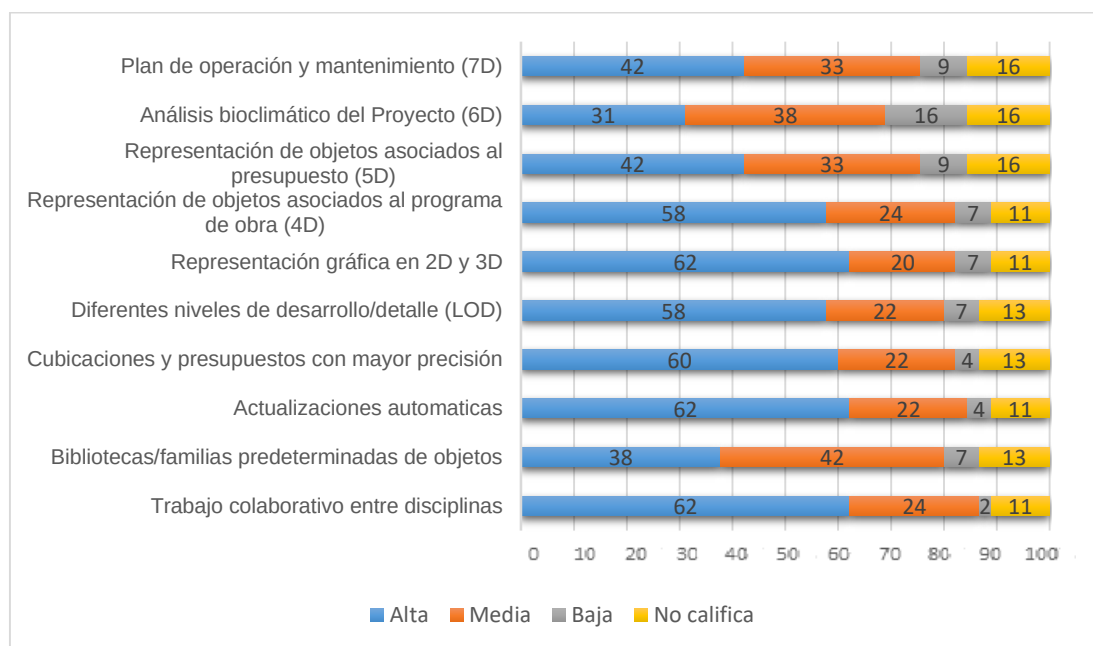
Se les preguntó a los encuestados su nivel actual de uso de BIM, y la mayoría reconoce no ser usuario (Gráfica 17). Si se compara con la Gráfica 16 puede deducirse que a pesar de conocer o haber escuchado de BIM, no lo implementan en sus proyectos. Solo el 32% son usuarios ocasionales o habituales. Es por esto que, Kamara *et al.* (2002) afirman que existe menor eficiencia, así como baja productividad por prácticas tradicionales (Latham, 1994; Egan, 1998).



Gráfica 17. Implementación de BIM en la industria. En %

18. Importancia de diversas características que proporciona BIM

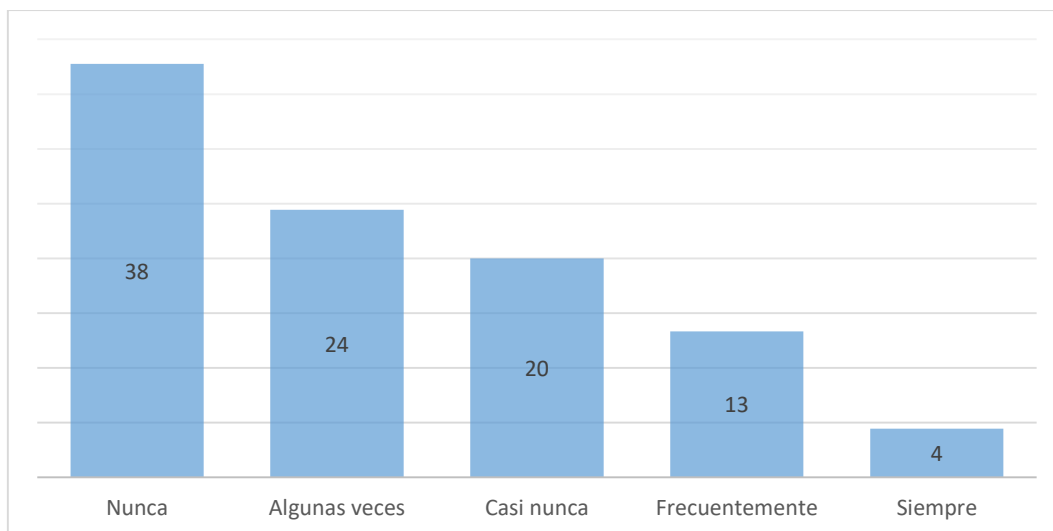
En la Gráfica 18 se nota la importancia que tienen algunas de las características que proporciona BIM y de qué manera les sería de utilidad para implementarse en los proyectos. Puede apreciarse que el 60% lo considera relevante para cubicaciones y presupuestos con mayor precisión como concluyen Fallon y Palmer (2007); el 62% para la representación gráfica (2D y 3D), el 58% para la representación de objetos asociados al programa de obra (4D) como resaltan Chien *et al.* (2014), mientras que el 42% destaca su utilidad para la representación de objetos asociados al presupuesto (5D; Chien *et al.*, 2002); un 31% lo vincula a un análisis de sostenibilidad del proyecto (6D) como lo recomienda Smith (2014). En relación a la operación y mantenimiento (7D), el 42% indica su conveniencia y, el 62% aprecia su importancia para el trabajo colaborativo entre disciplinas, como lo resaltan Lee y Eastman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013).



Gráfica 18. Importancia de diversas características que proporciona BIM. En %.

19. Exigencia de BIM en proyectos

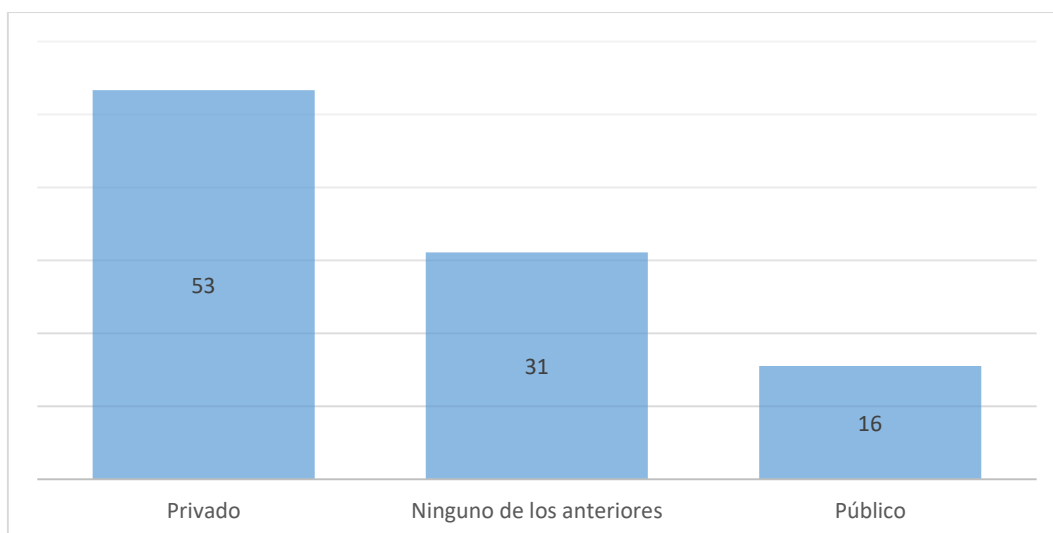
En la Gráfica 19 se aprecia que en el 38% de los proyectos nunca se exigen Modelos en BIM. Únicamente se exige el 4%, por los múltiples beneficios que tiene como lo afirman Lee y Eastman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013).



Gráfica 19. Exigencia de BIM en proyectos. En %.

20. Sector que exige con mayor frecuencia BIM

De acuerdo a los resultados el 53% afirma que el sector privado exige su aplicación. La menor demanda, 16%, es del gobierno (Gráfica 20).

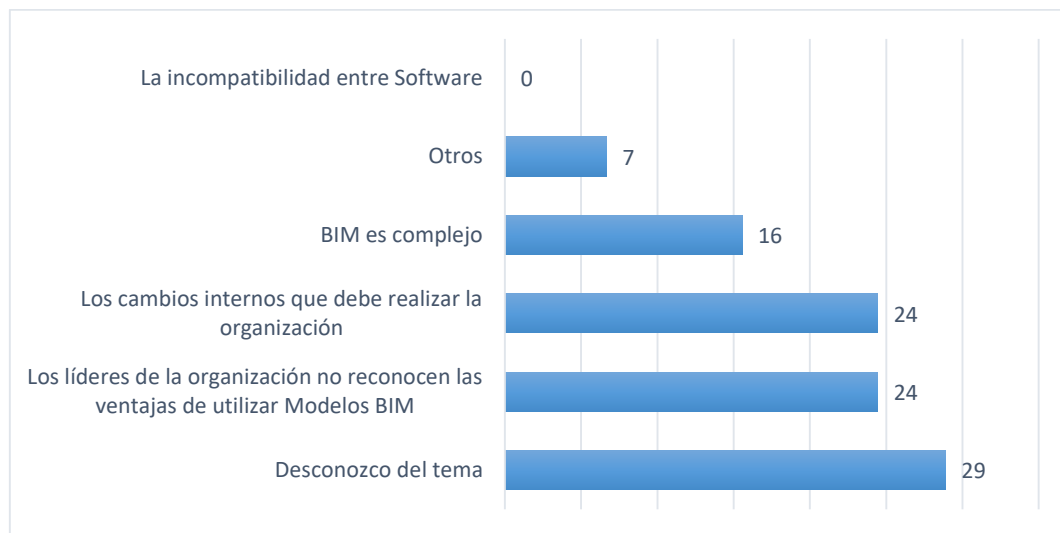


Gráfica 20. Sector que exige con mayor frecuencia BIM. En %.

21. Barrera principal para adoptar BIM

La Gráfica 21 presenta las principales barreras que tiene una organización para implementar BIM, de las cuales sobresale el desconocimiento del tema, seguida en

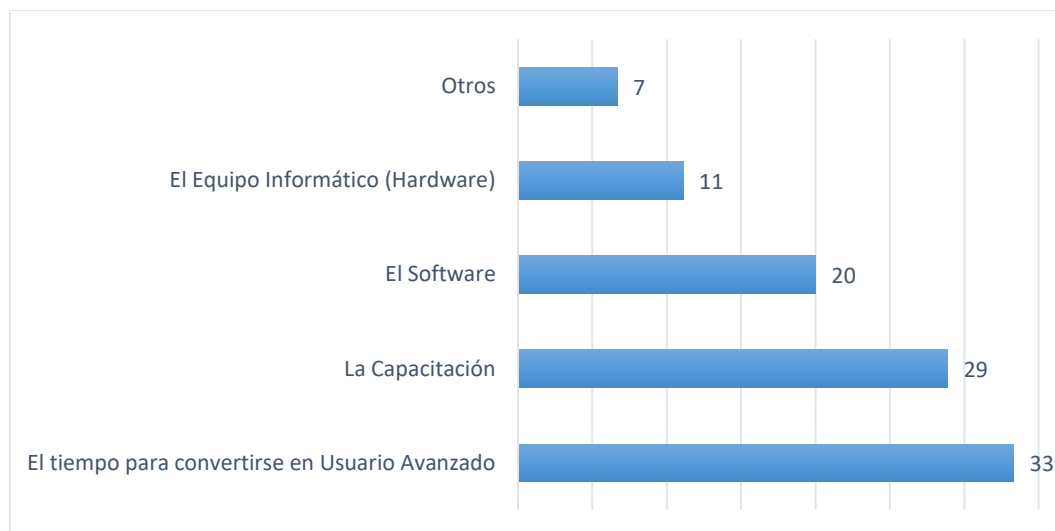
orden porque los líderes de la organización no reconocen las ventajas de utilizar Modelos BIM, además de las modificaciones internas que se tienen que realizar para su adopción. En este sentido, Bernstein *et al.* (2012), Smith y Tardif (2012) y Kensek y Noble (2014) señalan como principales limitantes: los elevados costos del Hardware y Software, la capacitación de profesionistas y la poca demanda de la industria de la construcción.



Gráfica 21. Barrera principal para adoptar BIM. En %

22. Mayor costo para implementar BIM

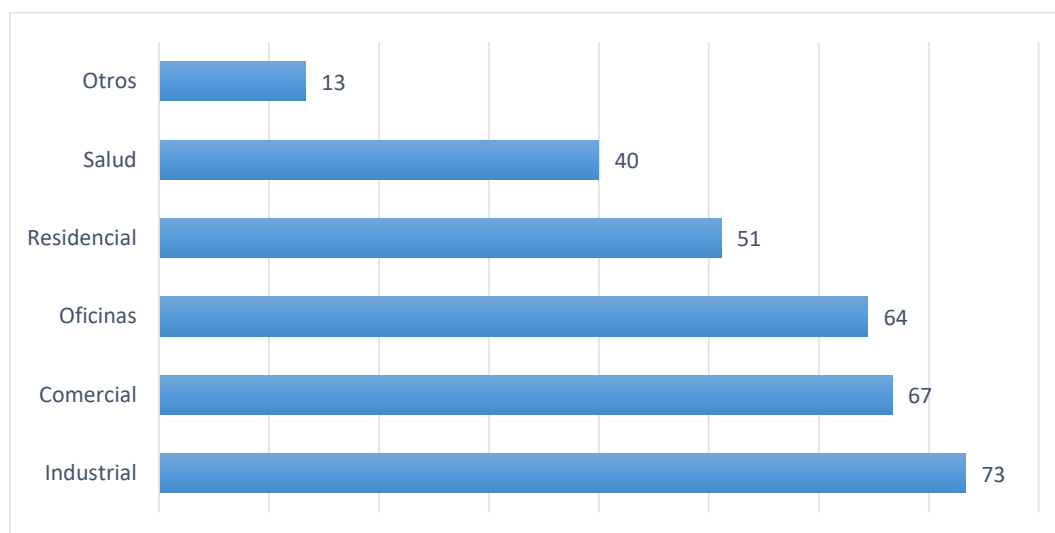
Los resultados obtenidos muestran en la Gráfica 22 que el mayor costo asociado para la implementación de BIM se encuentra en el tiempo que se debe invertir para convertirse en usuario avanzado (33%); la capacitación que tiene que realizarse dentro de la organización (29%) y el costo del Software (20%), resultados que coinciden con Bernstein *et al.* (2012), Smith y Tardif (2012) y Kensek y Noble (2014).



Gráfica 22. Mayor costo para implementar BIM. En %.

23. Sectores donde se considera relevante implementar BIM

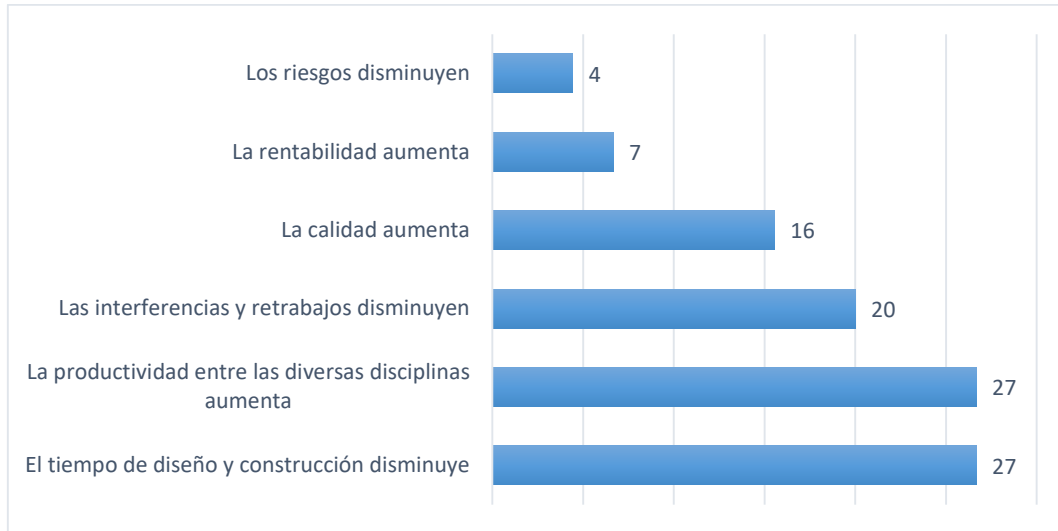
Estos resultados muestran que los Profesionales lo implementarían en orden de importancia en los sectores industrial, comercial, en oficinas, residencias y otros, como por ejemplo educativo (Gráfica 23).



Gráfica 23. Sectores donde se considera relevante implementar BIM. En %.

24. Ventaja más importante para implementar BIM

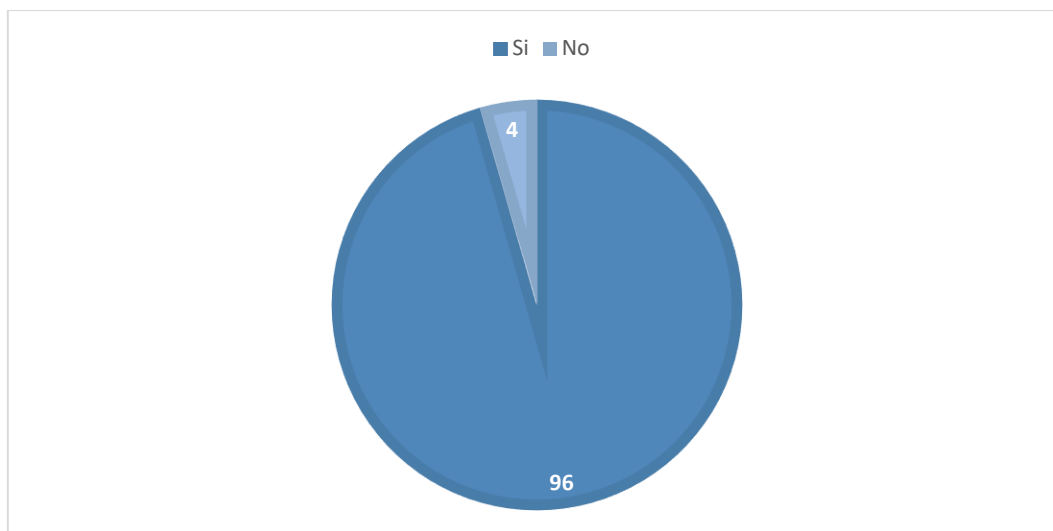
En la Gráfica 24 se presentan las ventajas que se consideran más importantes para llevar a cabo la implementación de BIM y los encuestados destacan que el tiempo de diseño y construcción disminuye como afirman Chien *et al.* (2014); además de que consideran relevante que la productividad entre las diversas disciplinas aumenta como concluyen Lee y Eastman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013), y disminuyen las interferencias y retrabajos, tal como sostienen Azhar *et al.* (2015).



Gráfica 24. Ventaja más importante para implementar BIM. En %.

25. Percepción de BIM en el futuro

Finalmente, se les preguntó a los encuestados su percepción acerca del uso futuro de BIM en la industria de la construcción (Gráfica 25), de los cuales el 96% considera que las herramientas BIM tendrán en pocos años un uso generalizado en los Proyectos de AEC/FM, tal como lo pronostica Building.co.uk (2017) y el SmartMarket Report (2014).



Gráfica 25. Percepción de BIM en el futuro. En %.

4.2.1 Discusión general de la encuesta

De acuerdo con Lee y Eatsman (2006) y Zaragoza *et al.* (2013), los beneficios que proporciona BIM son destacados como se describe en el Marco Teórico, sin embargo, en la ZMG aún no están siendo aplicados de manera significativa y, por tanto, se rechaza la primera hipótesis planteada. Por esta razón es necesario que los profesionistas se capaciten y actualicen en temas asociados a la gestión del conocimiento para aumentar la competitividad de las empresas. En general, en el mundo y en México, en los proyectos aún no se ha generalizado el uso de esta metodología de trabajo, sin embargo en un futuro será una exigencia por parte de los sectores privado y gubernamental, como lo ha realizado el Instituto Mexicano del Seguro Social (Ruvalcaba, 2017), donde se ha promovido que el diseño y la construcción de hospitales, se realice mediante BIM, lo que se ha traducido en prácticas de diseño rentables, que además aumentan la calidad y la productividad entre los equipos de trabajo (Grilo y Goncalves, 2011; Lee *et al.*, 2012), permitiendo la reducción de costos y la terminación de los trabajos a tiempo, y de acuerdo a lo presupuestado (Chien *et al.*, 2014).

La rapidez con la que se pueden determinar las volumetrías con un Modelo en BIM, hacen más eficientes los procesos de diseño y obtención de datos para la generación de documentos, es decir, con esta metodología de trabajo se optimizan los recursos

en un proyecto inmobiliario, como lo establecen Fallon y Palmer (2007). Si una persona está trabajando en un Proyecto es más productiva al usar Revit, que es una herramienta interactiva con el usuario que permite reducir interferencias cuando es llevado a la etapa de construcción en terreno. En cambio, un Modelo Tradicional no proporciona datos para generar información de manera eficiente, lo cual reduce la productividad del equipo de trabajo, y genera variaciones en mediciones y resultados (Latham, 1994; Egan, 1998; Prieto, 2012).

4.3 Resultados del Modelo BIM 5D propuesto

A continuación, se presentan diversas figuras y tablas donde se presentan las dimensiones BIM (3D, 4D y 5D) con la metodología descrita en el capítulo anterior, aplicada para un proyecto de vivienda, ubicado en Iguala de la Independencia, Guerrero. El proyecto contempla la construcción de 120 viviendas en 5 fases, en la primera, se inicia con la construcción de 8 viviendas, seguido en orden de 12, 20, 30 y 50. La planeación, programación y asignación de costos se elaboran a partir del análisis de una vivienda, la cual, será la base para proyectar los ritmos de avance de acuerdo a la disponibilidad de recursos de los socios. De la misma manera, se realiza la proyección de ventas y asignación de costos indirectos, para finalmente obtener el flujo de efectivo, que resulta de la diferencia de ambos conceptos (egresos e ingresos), que servirá como base para realizar la evaluación financiera del proyecto.

4.3.1 Modelo BIM 3D

Para esta investigación, el modelo tridimensional se realizó con Autodesk Revit 2017 y las características la *casa tipo* son las siguientes:

Superficie del terreno: 94.50 m².

Planta Baja: Sala, comedor, cocina, alacena, patio de servicio, área verde, ½ baño y estacionamiento. Superficie de construcción: 88.20 m² (Figura 1, Anexo 2).

Planta Alta: Recamara principal con vestidor, baño y balcón, vestíbulo, y dos recamaras con baño compartido. Superficie de construcción: 74.58 m² (Figura 2, Anexo 2).

En la Figura 5 se observa el modelo BIM 3D en diferentes perspectivas y con todas las características que contiene la fase de diseño. Este prototipo se desarrolló con un nivel de detalle (LOD 300) el cual permite determinar las volumetrías de maneras eficiente y con mayor exactitud, como se puede apreciar en la Figura 6, donde se presentan las tablas de planificación/cantidades, que se generan automáticamente con la información de cada elemento introducido al modelo, en este caso se calcularon las cantidades de muros, losas, firmes, columnas, castillos, dalas, entre otros.

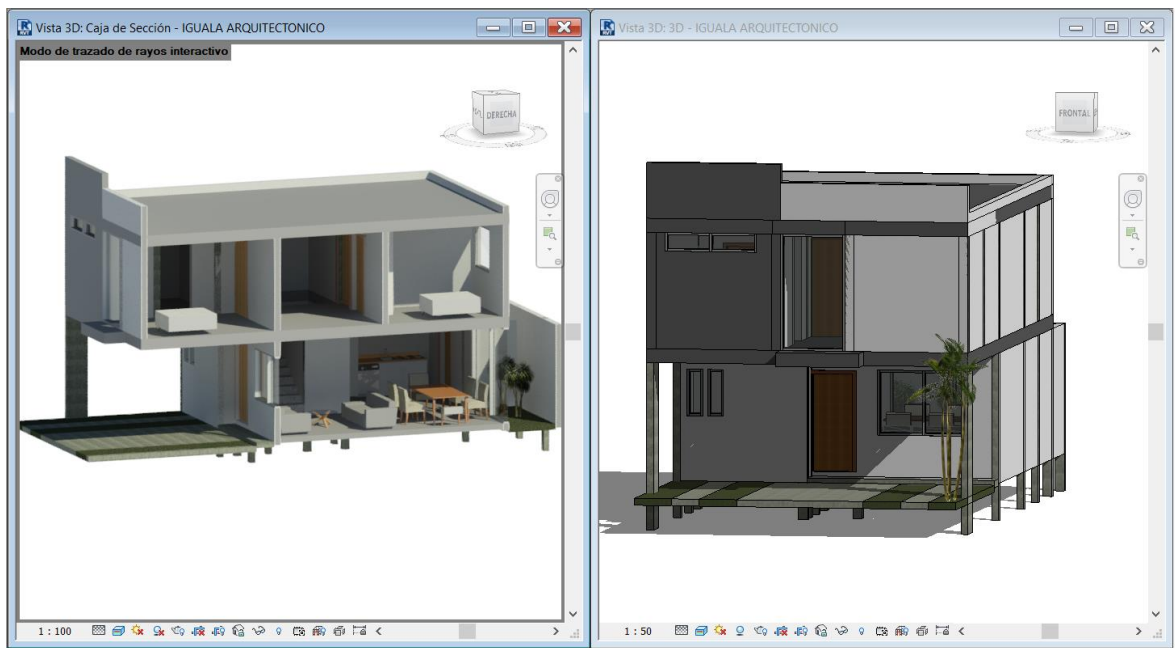


Figura 5. Modelo BIM 3D en Revit 2017.

4.3.2 Modelo BIM 4D

La programación y planeación se realizó en Microsoft Project 2016, donde se lleva a cabo la secuencia lógica de las actividades a ejecutar, la cual, nos arroja una duración de 95 días por vivienda y se divide en 7 partidas: preliminares, terracerías, cimentación, estructura, albañilería, acabados e instalaciones, que a su vez contemplan diversas sub-partidas (Figura 7).

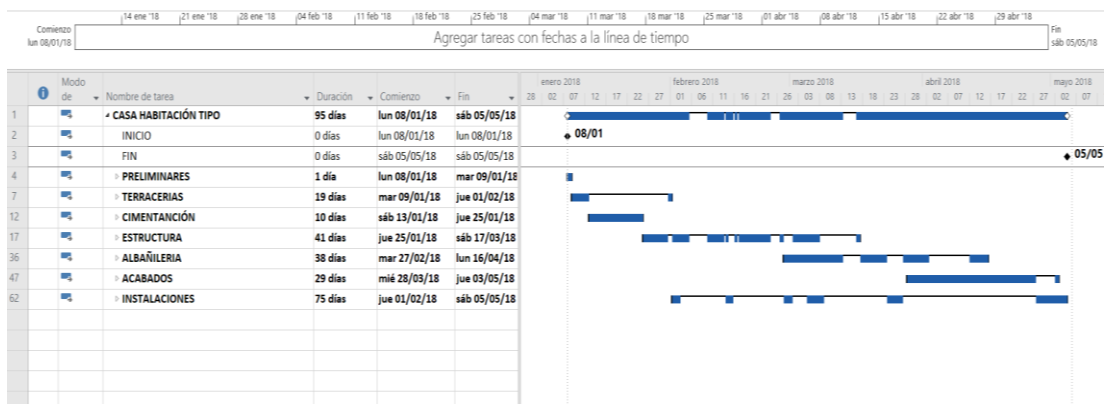


Figura 6. Programa de obra en MS Project de una vivienda.

4.3.3 Modelo BIM 5D

Cuando se conocen las volumetrías (Figura 6), y se tiene un Análisis de Precios Unitarios (APU) se puede determinar el costo directo de construcción (Tabla 5). Así mismo se realiza la distribución de los costos asociados al programa de obra y se calcula el flujo de egresos para una vivienda (Figura 8).

<LOSAS Y FIRMES>						
A	B	C	D	E	F	G
Familia	Familia y tipo	Perímetro	Área	Fase de creación	Nivel	Volumen
Suelo	Suelo: Losa de Vigueta y Bovedilla	36.20	70 m²	Nueva construcción	Nivel 2	21.08 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	26.97	43 m²	Nueva construcción	NPT	6.51 m³
Suelo	Suelo: Losa de Vigueta y Bovedilla	35.00	74 m²	Nueva construcción	Nivel 3	22.05 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	9.17	2 m²	Nueva construcción	Nivel 1	0.31 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	7.76	3 m²	Nueva construcción	NPT	0.51 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	10.80	3 m²	Nueva construcción	Nivel 1	0.43 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	15.09	13 m²	Nueva construcción	Nivel 1	1.98 m³
Suelo	Suelo: Firme de concreto fc 200 kg/cm²	10.80	3 m²	Nueva construcción	Nivel 1	0.43 m³

Figura 7. Planificación/cantidades para cálculo de volumetrías.

Tabla 5. Costo directo de una vivienda. En pesos de 2017.

Concepto	Total
Permisos	8,189.00
Preliminares	5,893.98
Terracerías	8,206.96
Cimentación	3,792.02
Planta baja	22,901.21
Acabados PB	18,894.11
Planta alta	65,303.43
Acabados PA	37,031.07
Azotea	12,106.53
Hidrosanitarias y gas	45,071.62
Sistema eléctrico	42,868.03
Herrería	5,073.82
Carpintería	10,521.00
Aluminio y vidrio	32,800.00
Iluminación	4,012.00
Equipos	7,200.50
Cierre de obra	4,226.28
Total	714,091.56

Una vez obtenido el costo directo por vivienda, se determinan los costos indirectos, es decir, los costos de oficina central (administrativos) y de campo (obra). Los costos indirectos se asignan de acuerdo al organigrama propuesto (Figura 4) y la relación que existe entre el monto total de facturación anual del proyecto (Moreno, 2015).

En las tablas 6 y 7 se presentan los costos indirectos de oficina central y de campo, respectivamente, dando un total de 9.60% respecto a una facturación anual de \$10,360,000 correspondiente a la venta de 8 viviendas, cada una con un precio de venta de \$1,295,000. En este análisis, se considera un crecimiento anual respecto al año anterior del 10% durante la vida del proyecto debido a los incrementos en el número de viviendas construidas. En el Anexo 5 se reflejan cada uno de los periodos, sus costos correspondientes y los ingresos por ventas.

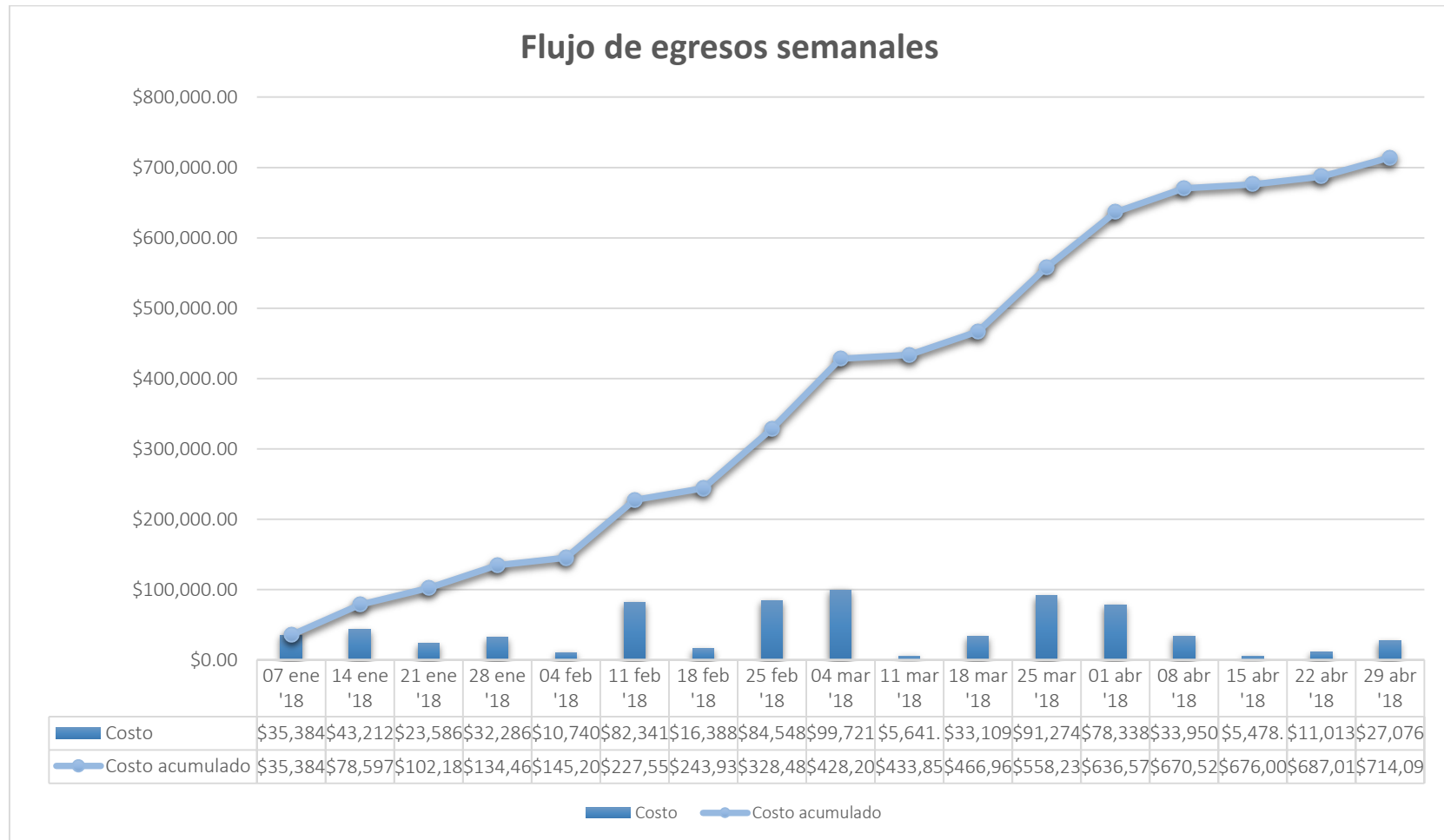


Figura 8. Flujo de egresos semanal para una vivienda. En pesos de 2017.

Tabla 6. Costos indirectos de oficina central. En pesos de 2017.

CONCEPTO	MENSUAL	ANUAL
Nóminas	62,000.00	744,000.00
Staff	1,500.00	18,000.00
Viáticos	800.00	9,600.00
Rentas y mantenimientos	1,225.00	14,700.00
Mantenimiento de instalaciones	327.00	3,924.00
Mobiliario	135.00	1,620.00
Vehículos	4,516.67	54,200.00
Combustible	1,500.00	18,000.00
Materiales de consumo	2,020.25	24,243.00
Seguros y afiliaciones	1,166.67	14,000.00
Capacitación	416.67	5,000.00
Promoción	2,000.00	24,000.00
Total	77,607.25	931,287.00
% de indirecto oficina central	0.75%	8.99%

Tabla 7. Costos indirectos de oficina de campo. En pesos de 2017.

CONCEPTO	MENSUAL	ANUAL
Rentas y mantenimientos	700.00	8,400.00
Estudios	1,500.00	18,000.00
Gastos de gestión	1,500.00	18,000.00
Equipo de seguridad	1,540.00	18,480.00
Total	5,240.00	62,880.00
% de indirecto de oficina de campo	0.05%	0.61%

4.4 Resultados del Diseño Financiero

En los siguientes subcapítulos, se presentan los resultados esenciales del diseño financiero, los cuales se determinaron a partir del flujo de efectivo.

4.4.1 Estados financieros

Para la elaboración de los estados financieros, estado de resultados y balance general, es necesario resaltar las siguientes observaciones:

- ⇒ La utilidad es un número determinado de forma contable que requiere más que del análisis de los flujos de efectivo, porque se incluye y analiza en base al estado de resultados.

- ⇒ Los desembolsos del año no son la cantidad correcta para medir los egresos, porque al final del año queda material en inventario (producción de casas no vendidas), el cual no ha sido vendido al cierre del año y únicamente se determina a través del balance general.
- ⇒ Por lo anterior, es necesario analizar estos dos Estados Financieros, los cuales se describen en los puntos siguientes.

4.4.1.1 Estado de resultados

En el Anexo 3 se aprecian los estados de resultados para cada año del horizonte del proyecto. Los ingresos por ventas corresponden a la cantidad de viviendas facturadas en cada periodo; los costos directos mensuales incluyen: materiales, mano de obra y depreciaciones de obra, dando como resultado la diferencia entre éstos, la utilidad bruta. También se incluyen los costos de operación o indirectos, que están conformados por: los gastos de oficinas central y de campo, que representan un 9.6% del monto de facturación anual. Como resultado final, se obtiene la Utilidad Neta, descontando el Impuesto Sobre la Renta (ISR) y la Participación de los Trabajadores en las Utilidades (PTU), siempre y cuando la utilidad fiscal sea positiva, de lo contrario, la Ley del Impuesto Sobre la Renta exime de este pago (SHCP, 2017)

4.4.1.2 Balance General

En el Anexo 4 se presentan los Balances Generales del proyecto, cada uno de ellos, con fechas hasta el 31 de diciembre, donde se reflejan los activos que pertenecen a la empresa, los pasivos y el capital.

Los activos circulantes comprenden cuentas que se convertirán en efectivo en menos de un año, por el contrario, los no circulantes, son para utilizarse en la operación de la empresa como: equipo de transporte, maquinaria, mobiliario y equipo de cómputo. Estos activos, se cargan gradualmente durante su vida útil y se deprecian anualmente y se presentan como gastos en el estado de resultados.

Los pasivos circulantes contemplan deudas menores a un año, en este caso pago a proveedores, créditos bancarios e impuestos. En esta proyección no se contemplan los pasivos fijos (créditos a largo plazo).

En la cuenta de capital se incluye la contribución de los socios por un total de 3 millones de pesos, que servirá como base para ejecutar y operar el proyecto.

4.4.2 Razones financieras

Los índices o razones financieras son operaciones que consisten en relacionar de manera lógica una cuenta con otra de los estados financieros de acuerdo a los resultados obtenidos del estado de resultados y del balance general.

Tabla 8. Razones financieras. En %

RAZONES FINANCIERAS	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rentabilidad						
ROA	-	21.0%	39.8%	54.1%	30.8%	69.6%
ROE	-	32.8%	40.9%	54.1%	30.8%	69.6%
Apalancamiento / Razón de deuda						
Endeudamiento Total	-	35.9%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%
Pasivo a Capital	-	56.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%

4.4.2.1 Razones de liquidez

Relaciones entre activos circulantes y pasivos de corto plazo. Indica con cuánto cuenta la empresa para hacer frente a cada peso que debe en el corto plazo.

- ⇒ Muy alto no necesariamente es lo mejor, pudieran estar los improductivos los activos.
- ⇒ Cuanto más previsibles son los flujos de efectivo de una empresa, menor será el requerimiento de liquidez.

Los índices de liquidez miden la capacidad de la empresa para cumplir con sus obligaciones con vencimiento en el corto plazo, en este proyecto las razones de liquidez fueron superiores al 300% debido a que existen entradas de efectivo mucho más grandes en relación a los egresos.

A la razón de liquidez se le excluye el inventario, que es comúnmente el activo circulante menos líquido.

- ⇒ Es una prueba más severa sobre la liquidez.
- ⇒ Indica cuanto se puede pagar inmediatamente por cada peso de pasivo a corto plazo.

4.4.2.2 Razones de rentabilidad

Miden la eficiencia general de la administración de acuerdo con los rendimientos obtenidos y señalan los porcentajes de eficiencia en la obtención de utilidad, básicamente sobre tres conceptos: ventas, activo total y capital contable.

El ROA Indica cuál es el rendimiento respecto al total de los activos. Es decir, porcentaje de utilidad que se genera por cada peso en activos.

El ROE indica el porcentaje de utilidad neta que obtienen los propietarios sobre su capital invertido en la compañía. Cuantos pesos obtienen por cada peso que ellos invirtieron en la empresa.

4.4.2.3 Razones de apalancamiento

Las razones de apalancamiento o de solvencia proporcionan información sobre la estructura del capital de la empresa, miden el grado en que la empresa se ha financiado mediante deudas y también el grado de solvencia para el pago de deudas a largo plazo.

El endeudamiento o razón de deuda indica que porcentaje de los activos han sido financiados con recursos externo (se deben).

El pasivo a capital o palanca financiera es una relación que indica cuántos pesos tienen invertidos los acreedores en la compañía por cada peso que los propietarios poseen de la misma

4.4.3 Evaluación financiera

Para realizar la evaluación financiera del proyecto es necesario elaborar primero el flujo de efectivo. Para calcular los indicadores financieros el flujo de efectivo se actualizó con una TREMA del 10%.

4.4.3.1 El flujo de efectivo

En el Anexo 5 se presentan los flujos de efectivo para el horizonte de 5 años de este proyecto, el cual es derivado de las diferencias entre los ingresos y egresos de las proyecciones financieras mensuales para realizar esta evaluación. Se puede observar en el año 1 (Anexo 5, Tabla 1), que se generan períodos negativos, es decir, hay mayores egresos que ingresos debido a que, en los primeros meses de operación no se genera ninguna venta, es a partir del mes 5 del año 1 donde se obtienen las primeras. Progresivamente los flujos se convierten en positivos, sin embargo, dadas las características del proyecto en algunos períodos vuelven a decrecer, por ello, es necesario obtener financiamiento. En las Tablas 1 y 2 del Anexo 5 se refleja este concepto, por un monto de 2.5 millones de pesos en el primer año y 1 millón en el segundo, respectivamente, que servirá como palanca financiera para continuar la operación de acuerdo a la planeación inicial.

Es importante destacar que la proyección de ventas se realiza tomando en cuenta un escenario promedio de la economía, y en las proyecciones realizadas no se incluyó el financiamiento de los clientes (preventas); este apalancamiento sin duda elevaría la rentabilidad y reduciría el riesgo de la compañía.

4.4.3.2 TIR del proyecto

De acuerdo a la evaluación, el proyecto genera una rentabilidad promedio anual de 43.15% en su duración de 5 años, por lo tanto, la inversión es factible, porque la mayoría de flujos de efectivo son positivos en el horizonte y, como se ha mencionado, la liquidez que genera es la parte esencial de cualquier empresa eficiente y rentable.

4.4.3.3 Valor Actual Neto (VAN)

El proyecto inmobiliario evaluado genera un VAN de \$5,227,899.51 con una tasa de descuento del 10% en su vida de 5 años, que se determinó en base a los pronósticos del Banco de México sobre Índices de precios al consumidor (2017) y también se toma en cuenta el costo de oportunidad del capital de las inversiones bancarias, con

un promedio del 5%, más el 5% de Prima de Riesgo de factores internos y externos y, de acuerdo con el criterio de decisión, el proyecto es viable.

4.4.3.4 Relación Beneficio Costo⁻¹ (R BC⁻¹)

De acuerdo con los resultados la R BC⁻¹ es de 16.83 pesos; esto implica que al restarle \$1.00 de inversión se genera una utilidad de 15.83 pesos por cada peso invertido y, por lo tanto, la inversión es factible.

En general, de acuerdo a los valores arrojados en los tres indicadores y en base a los criterios de decisión, el proyecto se acepta para su ejecución.

4.4.4 Discusión financiera del Modelo BIM 5D

De acuerdo a los resultados de la evaluación financiera el proyecto se acepta para su ejecución en base a los criterios de decisión de los indicadores de evaluación descritos en Metodología y, por tanto, se acepta la segunda hipótesis de esta tesis.

En este Estudio de Caso se proyecta la construcción de 8, 12, 20, 30 y 50 casas en los primeros 5 años, con crecimientos del 50, 67, 50 y 67% al pasar del año 1 al 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

En base a lo anterior es importante resaltar que, en el marco de la globalización económica, de gran agresividad y alta competitividad de las compañías, el tamaño inicial del proyecto propuesto es relativamente pequeño en comparación con empresas que dominan el mercado nacional con desarrollos inmobiliarios de miles de viviendas por año, como Casas GEO, ARA y otras. Sin embargo, al sostener un ritmo de crecimiento similar al propuesto en este proyecto es factible llegar a ser una empresa altamente rentable y posteriormente competitiva; porque al operar con mayores tamaños se logran economías de escala y, por ende, los costos unitarios de los materiales y las viviendas disminuye, y los márgenes de utilidad crecen. Así mismo, terrenos de mayores superficies es posible comprarlos a menores precios por metro cuadrado. También es relevante destacar que para aumentar de tamaño es posible por los buenos antecedentes y prestigio ganados con el tiempo, obtener

financiamiento en buenas condiciones, y lograr un apalancamiento que permita el desarrollo acelerado de la firma.

Por último, debe resaltarse como se hace en el marco teórico de la tesis, que, para alcanzar el éxito de la empresa, siempre estará soportada en diversas estrategias comerciales y administrativas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En base a los objetivos formulados y a los resultados obtenidos se generan las conclusiones siguientes:

1. Los profesionistas que están más vinculados al sector de la construcción son arquitectos e ingenieros civiles e industriales.
2. Las experiencias profesionales más sobresalientes son: construcción, gerencia, supervisión, diseño arquitectónico y presupuestos.
3. La representación y visualización gráfica más utilizada es mediante planos en CAD 2D, porque la consideran suficiente para el diseño, y la mayoría estiman alto nivel de certeza al realizar sus volumetrías.
4. Los diseños técnicos que se incluyen con mayor frecuencia son los arquitectónicos (89%), estructurales (78%), hidrosanitarios (71%) y eléctricos (67%).
5. El 71% reconoce que existen variaciones entre lo presupuestado contra el costo total del proyecto.
6. Utilizan software de costos para sus presupuestos, pero tienen dificultad para determinar el cobro de estimaciones.
7. La 7% realiza planeación inicial y control de avances, pero destacan que en el 98% de los proyectos se presentan interferencias entre obra civil e instalaciones; nunca han utilizado un vínculo directo de los volúmenes determinados a un programa de costos para generar un catálogo de conceptos.
8. El 85% reconoce no ser usuario de BIM, pero lo consideran relevante para: cubriciones, presupuestos con mayor precisión y para la representación de objetos asociados al programa de obra. Únicamente un mínimo porcentaje aplica Revit para obtener volumetrías y modelado 3D.
9. Un bajo porcentaje estima importante su aplicación para el análisis de sostenibilidad y para la operación y mantenimiento. Sin embargo, la mayoría lo estima relevante por el trabajo interdisciplinario de BIM.

10. El sector privado tiene la mayor demanda de BIM para sus diseños industrial, comercial, en oficinas y residencial.
11. Las principales barreras para implementar BIM son: el desconocimiento del tema, la falta de reconocimiento a pesar de sus ventajas y los cambios internos que debe realizar la firma.
12. El mayor costo asociado para la implementación de BIM es el tiempo que se debe invertir para convertirse en usuario avanzado; la capacitación y el costo del Software.
13. Las ventajas más importantes para su adopción son: el tiempo de diseño y construcción disminuyen; la productividad entre las disciplinas aumenta y se reducen las interferencias, los *retrabajos* y los costos, y aumenta la rentabilidad.
14. El uso de BIM será una práctica común, porque su aplicación va en aumento, principalmente en el sector privado, porque mejora la capacidad y la exactitud para generar volúmenes y costos óptimos de obra.
15. El modelo BIM 5D del proyecto inmobiliario es factible, porque la fase de diseño permite conocer con exactitud los costos y aumenta la certidumbre técnica y financiera, lo cual permite realizar la evaluación financiera con datos más precisos.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

De acuerdo con la revisión de literatura, los resultados y las conclusiones me permito recomendar a las empresas medianas y grandes, principalmente, y a los profesionistas mexicanos de AEC/FM lo siguiente:

1. Capacitar a los profesionistas del sector en la valoración de diversas opciones en el desarrollo de sus proyectos.
2. Aplicar los conceptos y modelos definidos en el marco teórico en forma gradual, en el corto y mediano plazos de las firmas.
3. Aplicar las realidades virtual y aumentada como objetivos de mediano y largo plazos de las compañías.
4. Promover por parte de las instituciones públicas y privadas la adopción de nuevas tecnologías, para incentivar el desarrollo del sector y para cumplir con las expectativas y exigencias de los clientes mediante soluciones que permitan a las empresas ser competitivas.
5. Capacitar a los profesionistas en diversas técnicas de procesos constructivos y nuevos materiales, y en aspectos comerciales, administrativos y financieros, para innovar y operar con mayor certidumbre como lo han hecho otros sectores y desarrollar el capital humano, para así lograr el liderazgo empresarial.
6. Incluir en el diseño integral de proyectos los aspectos comerciales, constructivos, administrativos y financieros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autodesk (2002) White paper: Building Information Modeling. San Rafael: Autodesk building industry solutions. 2017, mayo 04. En: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>
- Azhar, S. Khalfan, M. y Maqsood, T. (2015) Building Information Modelling (BIM): now and beyond. Constr Econ Build. 12:15-28.
- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N. y Calis, G. (2011) Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. J Constr Eng Manag. 138: 431-42.
- Beltrán, A. (2012) Costos y presupuestos. Instituto Tecnológico de Tepic. Tepic, Nayarit. México. Primera edición. p. 28.
- Bernstein, H., Jones, S. y Russo, M. (2012) The business value of BIM in North America: multi-year trend analysis and user rating (2007-2012). SmartMarket Report.
- Bermeo, E. (2014) La administración de proyectos y su importancia en la industria de la construcción. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Contaduría y Administración. México, D.F.
- Bjork, B. (1995) Requirements and information structures for building product data models. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- Botero, L. (2002) Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción. Revista Universidad EAFIT. Vol. 128, p. 9-20.
- Building.co.uk. (2017). Building. 2017, junio 08. En: <http://www.building.co.uk>.
- Carrillo, P. y Chinowsky, P. (2006) Exploiting knowledge management: The engineering and construction perspective. Journal of Management in Engineering. Vol. 22, N°1, p. 2-10.
- Casares, D. (1994) Liderazgo. Capacidades para Dirigir. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Chien, K., Wu, Z. y Huang, S. (2014) Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: empirical study. Autom Constr. 45:1-15.

- CMIC. (2017a) PIB total de la economía nacional y del sector de la construcción durante el primer semestre de 2017. Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO), con datos del INEGI. 2017, septiembre 13. En: <http://www.cmic.org.mx/cemic/ceesco>.
- CMIC. (2017b) El valor del PIB total de la economía nacional y del sector de la construcción durante el primer semestre de 2017. Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO), con datos del INEGI. 2017, septiembre 14. En: <http://www.cmic.org.mx/cemic/ceesco>.
- CMIC. (2017c) La generación de empleo del sector de la construcción durante el primer semestre de 2017. Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO), con datos del INEGI. 2017, septiembre 14. En: <http://www.cmic.org.mx/cemic/ceesco>.
- Constructech. (2015) Constructech. 2015, julio 01. En: <http://constructech.com/defining-the-5d-of-bim/>.
- Coss, R. (1993) La Evaluación de Proyectos de Inversión. LIMUSA. México. D.F.
- CRC. (2007) Adopting BIM for facilities management. Brisbane: CRC-Cooperative Research Centre. 2017, junio 02. En: <http://www.construction.innovation.info>.
- Cui, Q., Hastak, M. y Halpin, D. (2010) Systems analysis of project cash flow management strategies. Constr. Manag. Econ. 28 (4), 361-376.
- Design Builder Latinoamerica. (2015) Design Builder. 2017, julio 04. En: <http://www.designbuilder-lat.com/>
- Durán, J. (2009) Formulación y evaluación de proyectos agropecuarios. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Centro de Estudios Profesionales. Apuntes. Cocula, Gro. México.
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D. & Yessios, C. (1974) An outline of the building description system. Institute of Physical Planning, 1-22.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. y Liston, K. (2011) BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Egan, J. (1998) Rethinking construction. Department of Trade and Industry. Londres, UK.
- Egbu, C., Hayles, C., Anumba, A., Ruikar, K. y Quintas, P. (2004) Getting Started in Knowledge management: Concise Guidance for Construction Consultants and Contractors. Partners in Innovation Project (CI39/3/709) supported by the Department of Trade and Industry. Londres, UK.
- Fallon, K. y Palmer, M. (2007) "General Buildings Information, Handover guide, principles, methodology and case studies". National Institute of Standards and technology. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica

Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.

Fischer, M. & Koo, B. (1998) Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. CIFE Technical Report #118.

Galvis, A., Porras, H. y Sánchez, G. (2014) Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías "BUILDING INFORMATION MODELING" Revista Gerencia Tecnológica Informática. Vol. 14, N° 38; Ene-Abr pp. 59-73. Colombia.

Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., AlWaer, H., Chang, S. y Halawa, E. (2015) What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective. Archit Sci Rev. 1-20 p.

Grilo, A. y Goncalves, R. (2011) Challenging electronic procurement in the AEC. Sector: a BIM-based integrated perspective. Autom Constr. 20:107-14.

Guzmán, E. y Zhu, Z. (2015) Interoperability from building design to building energy modeling. J Build Eng.

Hannus, M. (2007) FIATECH capital projects technology roadmap, ECTP FA PICT. 2017, junio 17. En: <http://www.fiatechorg/tech-roadmap>

Hernández, F. (2007) Plan de negocios para el acopio, procesamiento y distribución de plantas medicinales en Iguala, Gro. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Centro de Estudios Profesionales. Cocula, Gro. México.

Herrera, M. (2017) Formula para cálculo de la muestra poblaciones finitas. 2017, enero 08. En: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1culo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>

Hilario, P. (2017) All roads BIM. 2017, septiembre 01. En: <http://allroadsbim.com/organizational-change-part-i-the-catalyst/>

Ingenieros Civiles Asociados (ICA, 2014) Áreas de innovación ICA BIM. 2017, mayo 21. En: <https://www.ica.com.mx/es/innovation-areas>

Irizarry, J., Karan, P. y Jalaei, F. (2013) Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. Autom Constr. 31:241–54.

Johansson, M., Roupé, M. y Bosch-Sijtsema, P. (2015) Real-time visualization of building information models (BIM). Autom Constr. 54:69-82.

Kaka, P. y Price, A. (1991) Net cash flow models: are they reliable? Constr.Manag. Econ. 9 (3), 291-308.

- Kamara, J., Anumba, C. y Carrillo, P. (2002) A CLEVER approach to selecting a knowledge management strategy. *International Journal of Project Management*. Vol. 20, p. 205-211.
- Kangari, R. (1988) Business failure in construction industry. *J. Constr. Eng. Manag.* 114 (2), 172-190.
- Kymmell, W. (2008) Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. EE. UU. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- Kensek, K. y Noble, D. (2014) Building Information Modeling: BIM in current and future practice. Ed. Wiley. New Jersey, USA.
- Kishore, V., Abraham, M. y Sinfield, V. (2011) Portfolio cash assessment using fuzzy systems theory. *J. Constr. Eng. Manag.* 137 (5), 333-343.
- Laufer, A., Shapira, A. y Telem, D. (2008) Communicating in Dynamic Conditions: How Do On Site Construction Project Managers Do It? *Journal of Management in Engineering*. Vol. 24, N° 2, p. 75-86.
- Latham, M. (1994) Constructing the team. Department of the Environment. Londres, UK.
- Lee, R. y Eastman, C. (2006) Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Autom Constr.* 15:758-76.
- Lee, G., Park, H. y Won, J. (2012) D3 city project-economic impact of BIM-assisted design validation. *Autom Constr.* 22:577-86.
- Llano C. (1997) Análisis de la acción directiva, Limusa, México.
- Lu, Q., Won, J., & Cheng, J. C. (2016). A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Project Management*, 34(1), 3-21.
- Maldonado, A. y Zaragoza, J. (2013) Desarrollo de un Modelo para la integración del diseño y la construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- McGraw Hill Construction. (2009) The Business Value of BIM. SmartMarket Report 2017, junio 02. En:

http://images.autodesk.com/adsk/files/final_2009_bim_smartmarket_report.pdf

- McGraw Hill Construction. (2010) The Business Value of BIM in Europe. SmartMarket Report. 2017, junio 02. En: http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_in_europe_smart_final.pdf
- Mejía, G. y Hernández, J. (2007) Análisis de presupuestos a través de metodologías de análisis de requerimientos para sistemas de información. En: Gerencia Tecnológica Informática. Vol. 6, p. 34-42.
- Mercado, E. (1998) Productividad base de la competitividad. Segunda edición. LIMUSA. México, D.F. p. 400.
- Miettinen, R., Paavola, S. y Beyond. (2014) The BIM Utopia: approaches to the development and implementation of building information modeling. Automation in Construction. 43:84-91.
- Moreno, F. (2015) Análisis de gastos indirectos. 2015, noviembre 21. Universidad Panamericana. Campus Guadalajara. Sesión de clases. Guadalajara, Jal.
- Navarro, R. (2017) Administración de flujo de caja. 2017, febrero 04. Universidad Panamericana. Campus Guadalajara. Sesión de clases. Guadalajara, Jal.
- Navon, R. (1996) Company-level cash-flow management. Journal of Construction Engineering en Management. 122 (1), 22-29.
- Navon, R. y Berkovich, O. (2006) "An automated model for materials management and control", Construction Management and Economics. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F. 24:6, 635-646.
- NBS. (2015) NBS. 2015, julio 28. En: <http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/understanding-bim-in-a-project-management-environment.asp>
- Ordaz, R. (2012) Sociedad del Conocimiento y Tecnologías de la Información, de Aprender y educar con las tecnologías del siglo XXI, Bogotá, Colombia. p. 11-14.
- Orozco, F. (2012) Modelación de las interrelaciones entre factores e índices de competitividad en empresas constructoras. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. Santiago de Chile, Chile.
- Ortega, I. y Bisgaard, S. (2000) "Quality improvement in the Construction Industry: Three systematic approaches", Total Quality Management, St Gallen,

- Switzerland. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F. p. 1-10.
- Park, H., Han, S. y Russell, J. (2005) Cash flow forecasting model for general contractors using moving weights of cost categories. *J. Manag. Eng.* 21 (4), 164-172.
- Pate-Cornell, M., Tagaras, G. y Eisenhardt, K. (1990) Dynamic optimization of cash flow management decisions: a stochastic model. *Engineering Management, IEEE Transactions on* 37. (3), 203-212.
- Penttilä, H., Rajala, M. y Freese, S. (2007) Building Information modelling of modern historic buildings. In: *Proceedings of the predicting the future, 25th eCAADe konferansi*, Frankfurt am Main, Germany. p. 607-613.
- Pérez J.A. (2002) *Fundamentos de la Dirección de Empresas*. (5a edición). Ediciones Rialp, S.A., Madrid.
- Prieto, P. (2012) Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- Ramos, R. (2011) Introducción al Modelado Sólido. En R. Ramos M., & I. Fernández L., *Universidad de Oviedo. Informática Gráfica*. Gijón, España.
- Reddy, K. (2012) BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects. *John Wiley & Sons, EEUU*. pp. 6,17, 19, 75, 79, 91-114,117.
- Ruvalcaba, G. (2017) *Sistemas de información en la construcción*. 2017, abril 22. Universidad Panamericana. Campus Guadalajara. Sesión de clases. Guadalajara, Jal.
- Rubio, B. (2006) *Plan Formativo Integral para el Mejoramiento de la Calidad de Vida: Liderazgo en las Organizaciones*. 1ª reimpresión. Ediciones Culturales Internacionales, S.A. de C.V. México, D.F.
- Russell, J. y Jaselskis, E. (1992) Predicting construction contractor failure prior to contract award. *J. Constr. Eng. Manag.* 118 (4), 791-811.
- Saldías, R. (2010) Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile, Chile. p.121.

- Schlueter, A. y Thesseling, F. (2009) Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. "Automation in construction", ELSEVIER. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F. V.18, 153-163.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (SHCP, 2017). Ley del Impuesto Sobre la Renta (ISR). octubre, 09, 2017, de Servicio de Administración Tributaria (SAT) En:http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/obligaciones_fiscales/personas_morales/no_lucrativas/Paginas/ingresos_isr.aspx
- Silva, J. (2009) Emprendedor "Crear su Propia Empresa". Alfaomega. México, D.F.
- Singh, V., Gu, N. y Wang, X. (2011) A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform Automation in Construction. Journal of Information Technology in Construction. p. 11.
- SmartMarket Report. (2014) The business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling. In: Construction MH, editor. Design and construction intelligence. Bedford, Massachusetts, USA.
- Smith, D. y Tardif, M. (2012) Building Information Modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. Wiley. New Jersey, USA.
- Smith, P. (2014) BIM & the 5D Project Cost Manager. 27th International Project Management Association World Congress. pp. 475-484.
- Solís, R., Zaragoza, N. y González, A. (2009) "La administración de los materiales en la construcción". Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F. 13-3, pp. 61-71.
- Son, H., Lee, S. y Kim, C. (2015) What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions. Automation in Construction. 49, Part A 2015; 92-99.
- Succar, B. (2009) Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction. 18: 357-375.

- Succar, B. (2013) Building information modelling: conceptual constructs and performance improvement tools: University of Newcastle. Nueva Zelanda. pp. 3-11
- Sullivan, C. (2007) Continuing Education Center. 2017, 01 de junio. En: <http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=19&C=213&P=2>.
- Tirado, I. (1998) "Sistema de administración de materiales para la construcción masiva de viviendas", Tesis inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán. Compilación de artículos de investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción. Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. Área de Administración y Tecnología para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- Volk, R., Stengel, J. y Schultmann, F. (2014) Building Information Modeling (BIM) for existing buildings-literature review and future needs. Automation in Construction. 38:109-27.
- Waterhouse, R. (2012) National BIM Report. National BIM Library. London, UK.
- Weisberg, D. (2008) The engineering design revolution: the people, companies and computer systems that changed forever the practice of engineering. Englewood, USA.
- Yates, J. y Lockley, E. (2002) "Documenting and Analyzing Construction Failures", Journal of Construction Engineering and Management. p. 8-17.
- Zaragoza, J., Solís, R. y González, J. (2013) Un prototipo computacional para la estimación de costos y planeación de obras con base en modelos BIM. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería. Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción. Mérida, Yucatán. México.

ANEXOS

Anexo 1: Cuestionario Aplicado

Título: Diagnóstico del uso de BIM

Datos personales: Nombre y Apellidos / Empresa / Cargo en la empresa

1. Profesión (Selección única. Marque solo una opción)

Arquitectura / Ingeniería Civil / Ingeniería Industrial / Construcción / Administración / Otro

2. ¿Cuál es tu experiencia profesional más destacada? (Selección única, marque solo una opción)

Gerencia / Diseño Arquitectónico / Diseño Estructural / Construcción / Supervisión / Presupuestos / Programación y Control / Otro

3. ¿Qué práctica de representación gráfica utilizas con mayor frecuencia? (Selección única, marque solo una opción)

Planos a mano / Planos mediante software CAD / Imágenes 3D (Renders) / Videos (Recorridos virtuales) / Modelos BIM / Otros

4. ¿Consideras que los planos realizados mediante Software CAD 2D te proporcionan información confiable en el desarrollo de Proyectos?

Si / No

5. ¿Cuáles diseños técnicos se incluyen en los Proyectos en donde has participado? (Selección múltiple, seleccione todas las opciones que correspondan)

Arquitectónico / Estructural / Eléctrico / Hidrosanitario / Instalaciones mecánicas / Operación y mantenimiento / Diseño sustentable

6. ¿De qué manera determinas las volumetrías en tus Proyectos? (Selección única, marque solo una opción)

Generadores a Mano / Volúmenes por lotes / Planos en CAD y Hojas de Cálculo (Excel) / Revit / Otros

7. ¿Qué nivel de certeza consideras que tienen tus volúmenes de obra? (Selección única, marque solo una opción).

100% / 75% / 50% / 25% / 0%

8. ¿Tus Presupuestos difieren del Costo Real? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

**9. ¿Cuándo elaboras tus Presupuestos utilizas algún programa de costos?
(Selección única, marque solo una opción).**

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

10. ¿El cobro de tus estimaciones es difícil determinar debido a cambios en el Proyecto? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

11. ¿Llevas a cabo la Planeación de tus Proyectos? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

12. ¿En los Proyectos en donde has participado implementas el Control de Avances? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

13. ¿Has encontrado interferencias entre obra civil e instalaciones? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

14. ¿Has utilizado un vínculo que directamente lleve los volúmenes del Proyecto a un Programa de Costos?

Si / No

15. ¿En qué porcentaje te sería de utilidad que los volúmenes de obra de tu Proyecto se relacionaran con los Presupuestos y se generara un Catálogo de Conceptos? (Selección única, marque solo una opción).

100% / 75% / 50% / 25% / 0%

16. ¿Tienes conocimiento de BIM (Building Information Modeling)?

Si / No

17. ¿Cuál de los siguientes conceptos refleja de mejor forma tu nivel actual de uso de BIM? (Selección única, marque solo una opción).

Usuario regular/habitual / Usuario ocasional/solo en algunas ocasiones / Usuario indirecto/a través de un tercero / No usuario

18. ¿Cómo calificas la importancia de las siguientes características que proporciona BIM para tus Proyectos? (Selección única, marque solo una opción por fila).

Característica - Herramienta	Alta	Media	Baja	No califica
Permite el desarrollo y la entrega integrada de proyectos mediante el trabajo colaborativo entre las diferentes disciplinas				
Dispone de bibliotecas/familias predeterminadas de objetos				
Permite actualizaciones automáticas del modelo y sus planes asociados al modificar cualquier objeto				
Permite realizar cubicaciones y presupuestos con mayor precisión				
Permite la representación de los objetos a diferentes niveles de detalle (LOD)				
Permite la representación de los objetos del proyecto en dos y tres dimensiones (2D) y (3D)				
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al programa de obra (4D)				
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al presupuesto (5D)				
Permite el análisis de sostenibilidad del proyecto (6D)				
Permite la representación de los objetos del proyecto asociados al plan de operación y mantenimiento (7D)				

19. ¿Se exigen Modelos BIM en donde has participado? (Selección única, marque solo una opción).

Siempre / Frecuentemente / Algunas veces / Casi nunca / Nunca

20. Indica el sector que ha exigido con mayor frecuencia el desarrollo del proyecto con modelos BIM (Selección única, marque solo una opción).

Público / Privado / Ninguno de los anteriores

21. ¿Cuál es la principal barrera que identificas para adoptar BIM? (Selección única, marque solo una opción).

BIM es complejo / Los líderes de la organización no reconocen las ventajas de utilizar Modelos BIM / Los cambios internos que debe realizar la organización / La incompatibilidad entre Software / Desconozco del tema / Otros

22. ¿Cuál de las siguientes opciones consideras que tiene el mayor costo para implementar BIM? (Selección única, marque solo una opción).

El Equipo Informático (Hardware) / El Software / La Capacitación / El tiempo para convertirse en Usuario Avanzado / Otros

23. Indica los tipos de Proyectos en los que implementarías BIM (Selección múltiple, seleccione todas las opciones que correspondan).

Residencial / Comercial / Industrial / Oficinas / Salud / Otros

24. ¿Cuál ventaja consideras más importante para implementar BIM? (Selección única, marque solo una opción).

La calidad aumenta / La rentabilidad aumenta / Los riesgos disminuyen / El tiempo de diseño y construcción disminuyen / Las interferencias y retrabajos disminuyen / La productividad entre las diversas disciplinas aumenta

25. ¿Consideras que BIM serán una práctica común en el futuro?

Si / No

Anexo 2: Plantas Arquitectónicas

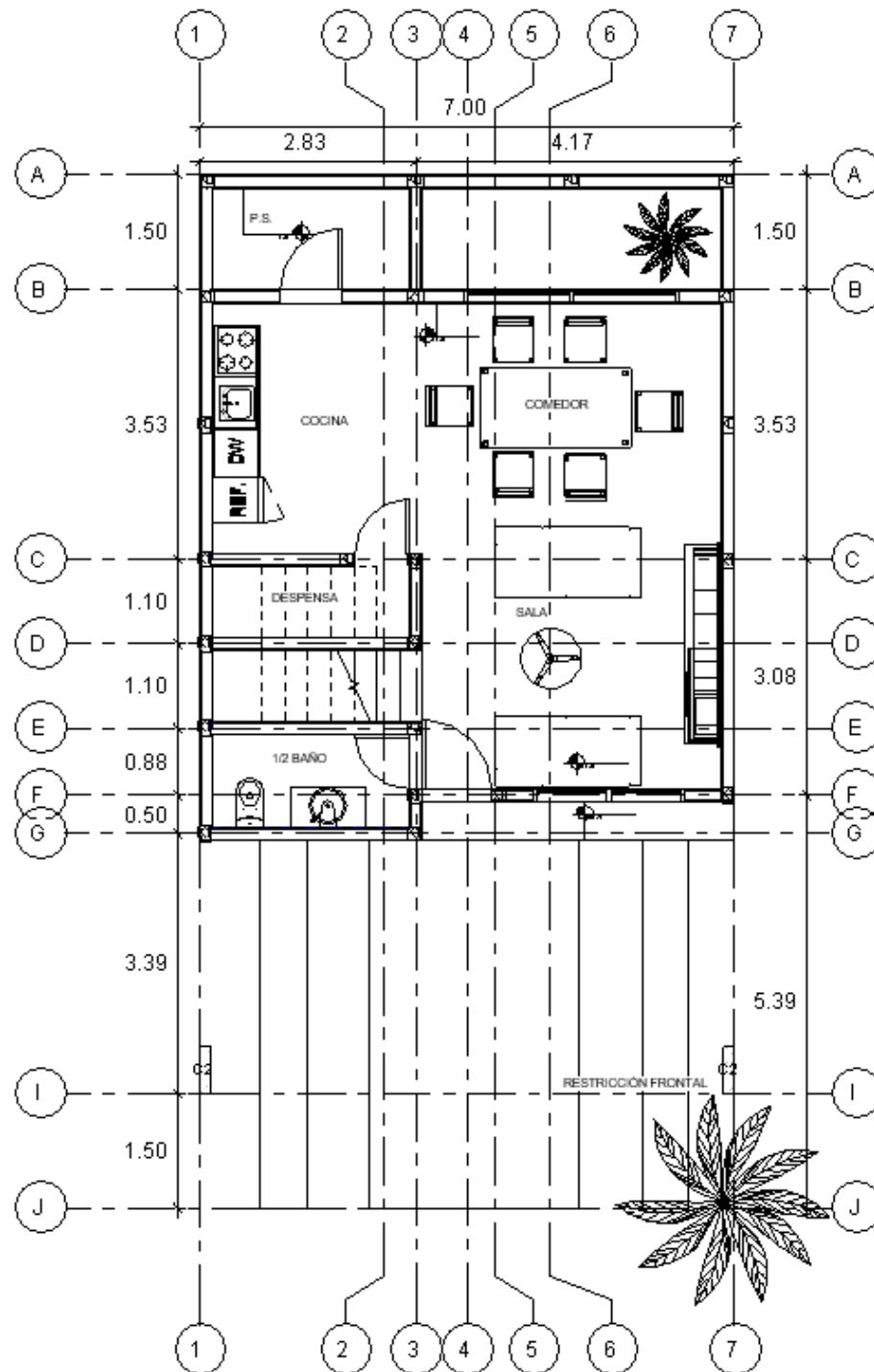


Figura 1. Planta Arquitectónica Planta Baja

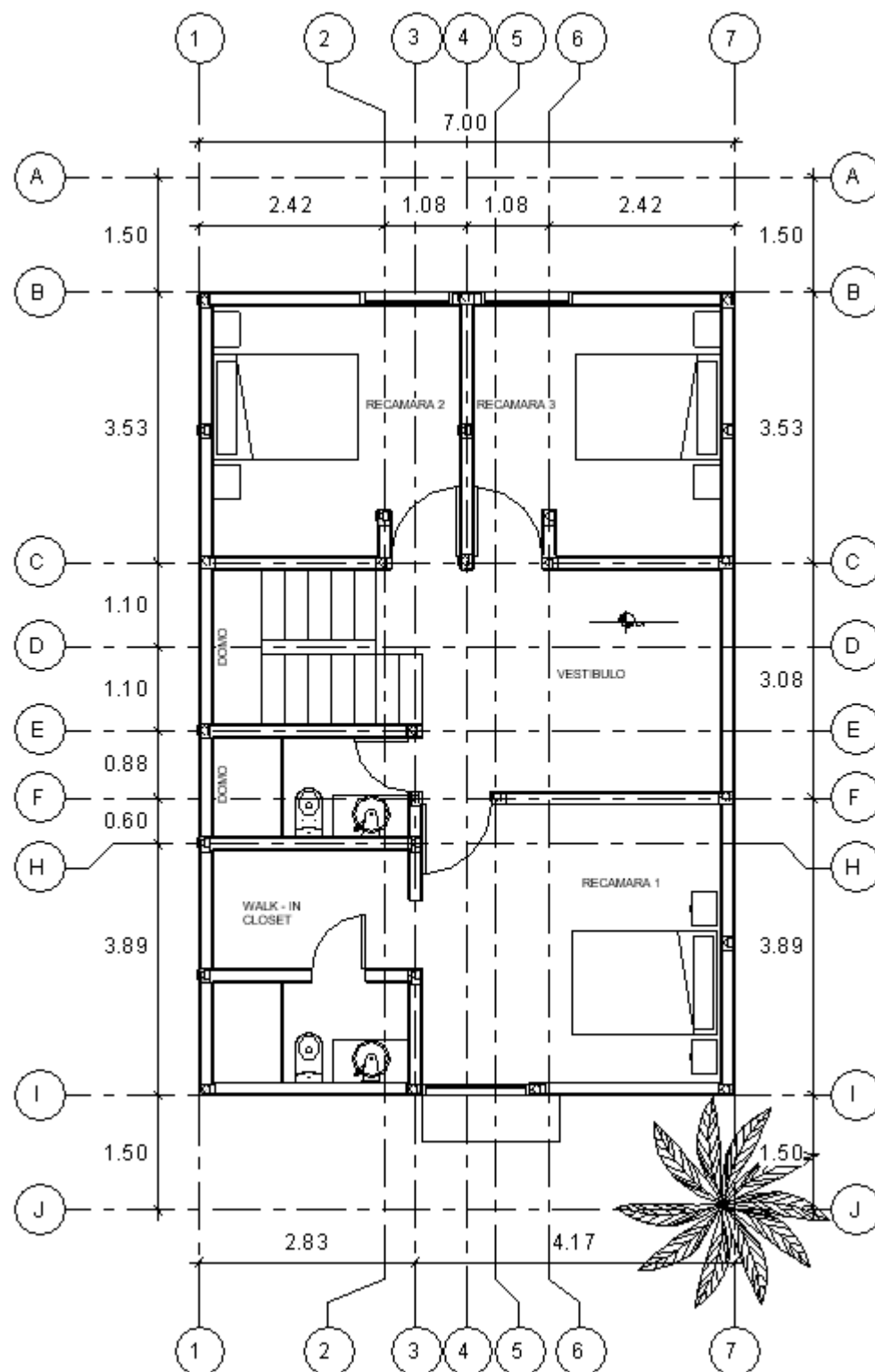


Figura 2. Planta Arquitectónica Planta Alta

Anexo 3. Estados de Resultados

ESTADO DE RESULTADOS	31-dic-18		31-dic-19		31-dic-20		31-dic-21		31-dic-22	
INGRESOS POR CONSTRUCCIÓN	10,360,000	100.0%	19,425,000	100.0%	34,965,000	100.0%	41,440,000	100.0%	49,210,000	100.0%
COSTO DE OBRA	6,495,544	62.7%	12,592,199	64.8%	19,373,887	55.4%	24,817,999	59.9%	22,595,317	45.9%
Materiales	4,204,228	40.6%	8,165,429	42.0%	12,573,527	36.0%	16,097,304	38.8%	14,658,654	29.8%
Mano de obra	2,263,815	21.9%	4,396,770	22.6%	6,770,360	19.4%	8,667,779	20.9%	7,893,121	16.0%
Depreciaciones de Obra	27,500	0.3%	30,000	0.2%	30,000	0.1%	52,917	0.1%	43,542	0.1%
UTILIDAD BRUTA	3,864,456	37.3%	6,832,801	35.2%	15,591,113	44.6%	16,622,001	40.1%	26,614,683	54.1%
	-									
GASTOS DE OPERACIÓN	552,089	5.3%	610,265	3.1%	670,591	1.9%	729,950	1.8%	802,945	1.6%
Gastos de oficina central	513,575	5.0%	564,932	2.9%	621,425	1.8%	683,568	1.6%	751,925	1.5%
Gastos de oficina de campo	34,848	0.3%	38,332	0.2%	42,166	0.1%	46,382	0.1%	51,020	0.1%
Depreciaciones	3,667	0.0%	7,000	0.0%	7,000	0.0%	-	0.0%	-	0.0%
UTILIDAD DE OPERACIONES	3,312,367	32.0%	6,222,536	32.0%	14,920,522	42.7%	15,892,051	38.3%	25,811,738	52.5%
Gastos Financieros	37,500	0.4%	338,125	1.7%	3,125	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Productos Financieros	-	0.0%	-	0.0%	-	0.0%	-	0.0%	-	0.0%
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	3,274,867	31.6%	5,884,411	30.3%	14,917,397	42.7%	15,892,051	38.3%	25,811,738	52.5%
ISR	1,367,787	13.2%	2,101,437	10.8%	4,513,353	12.9%	6,427,725	15.5%	9,185,222	18.7%
PTU	444,963	4.3%	700,479	3.6%	1,504,451	4.3%	2,142,575	5.2%	3,061,741	6.2%
UTILIDAD NETA	1,462,117	14.1%	3,082,496	15.9%	8,899,592	25.5%	7,321,750	17.7%	13,564,775	27.6%

Anexo 4. Balances Generales

BALANCE GENERAL	31-dic-17		31-dic-18		31-dic-19		31-dic-20		31-dic-21		31-dic-22	
ACTIVOS												
CIRCULANTE	2,930,000	98%	6,853,284	98%	7,670,968	99%	16,399,123	100%	23,680,289	100%	37,323,564	192%
Bancos	630,000	21%	1,493,284	21%	- 701,174	-9%	3,911,283	24%	4,165,250	18%	37,323,564	192%
Clientes	-	0%	-	0%	1,295,000	17%	3,885,000	24%	5,180,000	22%	-	0%
Inventarios (producción)	2,300,000	77%	5,360,000	77%	7,077,141	91%	8,602,839	52%	14,335,039	60%	15,626,451	80%
NO CIRCULANTE	70,000	2%	108,833	2%	82,083	1%	45,083	0%	85,667	0%	7,167	0%
Propiedades (oficinas)	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Maquinaria Neta	56,875	2%	53,958	1%	36,458	0%	18,958	0%	1,458	0%	13,125	0%
Equipo de Transporte Neta	50,000	2%	38,542	1%	26,042	0%	13,542	0%	78,125	0%	103,125	1%
Mobiliario Neta	10,000	0%	9,083	0%	8,083	0%	7,083	0%	6,083	0%	6,750	0%
Computo Neta	10,000	0%	7,250	0%	11,500	0%	5,500	0%	-	0%	3,500	0%
TOTAL ACTIVO	3,000,000	100%	6,962,117	100%	7,753,051	100%	16,444,206	100%	23,765,956	100%	19,486,721	100%
PASIVO												
CIRCULANTE (CORTO PLAZO)	-	0%	2,500,000	36%	208,333	3%	0	0%	0	0%	0	0%
Proveedores (materiales) CUADRAR	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Crédito Bancario	-	0%	2,500,000	36%	208,333	3%	0	0%	0	0%	0	0%
Impuestos por pagar	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
PTU	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
FIJO (LARGO PLAZO)	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Créditos Hipotecarios LP	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
TOTAL PASIVO	-	0%	2,500,000	36%	208,333	3%	0	0%	0	0%	0	0%
CAPITAL												
CONTRIBUIDO	3,000,000	100%	3,000,000	43%	3,000,000	39%	3,000,000	18%	3,000,000	13%	3,000,000	15%
Capital social	3,000,000	100%	3,000,000	43%	3,000,000	39%	3,000,000	18%	3,000,000	13%	3,000,000	15%
GANADO	-	0%	1,462,117	21%	4,544,613	59%	13,444,206	82%	20,765,956	87%	16,486,721	85%
Ejercicios anteriores	-	0%	2,071,565	30%	4,356,444	56%	12,360,651	75%	14,272,742	60%	15,843,371	81%
Resultado del ejercicio	-	0%	- 609,447	-9%	188,169	2%	1,083,555	7%	1,808,075	8%	643,350	3%
TOTAL CAPITAL	3,000,000	100%	4,462,117	64%	7,544,613	97%	16,444,206	100%	23,765,956	100%	19,486,721	100%
TOTAL PASIVO Y CAPITAL	3,000,000	100%	6,962,117	100%	7,752,947	100%	16,444,206	100%	23,765,956	100%	19,486,721	100%

Anexo 5: Flujos de efectivo y evaluación financiera del proyecto

Tabla 1. Flujo de efectivo del proyecto, año 1. En pesos de 2017.

PERIODO	AÑO 1											
FLUJO DE EFECTIVO	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
Saldo inicial	630,000	277,601	730,765	276,439	106,346	496,524	1,001,944	1,265,556	1,692,003	1,847,117	2,436,429	2,099,898
INGRESOS												
Cobranza	-	-	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	-	-
Préstamo bancario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,500,000
TOTAL DE INGRESOS	-	-	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	-	2,500,000
DISPONIBLE	630,000	277,601	564,235	1,018,561	1,401,346	1,791,524	2,296,944	2,560,556	2,987,003	3,142,117	2,436,429	4,599,898
EGRESOS												
Materiales	150,734	264,851	480,230	445,188	284,184	300,254	507,384	385,532	591,001	265,615	189,039	340,218
Mano de obra	81,165	142,612	258,585	239,716	153,022	161,675	273,207	207,594	318,231	143,023	101,790	183,194
Gasto de oficina central	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798	42,798
Gasto de oficina de campo	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904	2,904
Impuestos (ISR)	-	-	-	100,684	343,461	235,361	139,762	196,002	101,170	251,348	-	-
PTU	-	-	56,156	80,926	78,454	46,587	65,334	33,723	83,783	-	-	-
Compra de terrenos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,500,000
Pago Capital	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pago Intereses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,500
TOTAL DE EGRESOS	277,601	453,165	840,673	912,215	904,822	789,579	1,031,388	868,553	1,139,886	705,688	336,531	3,106,614
FLUJO DE EFECTIVO	277,601	730,765	276,439	106,346	496,524	1,001,944	1,265,556	1,692,003	1,847,117	2,436,429	2,099,898	1,493,284
TREMA	1	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO	231,333.93	608,971.11	230,365.50	88,621.83	413,769.84	834,953.64	1,054,630.05	1,410,002.62	1,539,264.22	2,030,357.77	1,749,914.96	1,244,403.26

Tabla 2. Flujo de efectivo del proyecto, año 2. En pesos de 2017.

PERIODO	AÑO 2											
FLUJO DE EFECTIVO	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19
Saldo inicial	1,493,284	267,795	871,276	1,694,396	1,720,778	1,467,451	1,381,776	757,278	987,068	1,179,772	968,120	493,168
INGRESOS												
Cobranza	-	2,590,000	2,590,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	2,590,000	2,590,000	1,295,000
Préstamo bancario	-	-	-	-	-	-	1,000,000	-	-	-	-	-
TOTAL DE INGRESOS	-	2,590,000	2,590,000	1,295,000	1,295,000	1,295,000	2,295,000	1,295,000	1,295,000	2,590,000	2,590,000	1,295,000
DISPONIBLE	1,493,284	2,857,795	3,461,276	2,989,396	3,015,778	2,762,451	3,676,776	537,722	307,932	1,410,228	1,621,880	801,832
EGRESOS												
Materiales	650,339	732,673	640,833	571,670	807,638	666,814	692,307	579,851	492,639	941,085	792,373	597,206
Mano de obra	350,182	394,516	345,064	307,822	434,882	359,054	372,781	312,228	265,267	506,738	426,662	321,573
Gasto de oficina central	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078	47,078
Gasto de oficina de campo	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194	3,194
Impuestos (ISR)	-	411,586	454,912	99,271	-	57,233	41,905	94,745	136,834	320,196	390,670	94,085
PTU	137,195	151,637	33,090	-	19,078	13,968	31,582	45,611	106,732	130,223	31,362	22,287
Compra de terrenos							3,000,000					
Pago Capital	-	208,333	208,333	208,333	208,333	208,333	208,333	408,333	408,333	408,333	408,333	408,333
Pago Intereses	37,500	37,500	34,375	31,250	28,125	25,000	36,875	33,750	27,625	21,500	15,375	9,250
TOTAL DE EGRESOS	1,225,489	1,986,519	1,766,880	1,268,618	1,548,328	1,380,675	4,434,054	1,524,790	1,487,703	2,378,349	2,115,047	1,503,006
FLUJO DE EFECTIVO	267,795	871,276	1,694,396	1,720,778	1,467,451	1,381,776	757,278	987,068	1,179,772	968,120	493,168	701,174
TREMA	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO	185,968.74	605,052.79	1,176,664.22	1,194,985.05	1,019,062.98	959,566.73	525,887.57	685,464.23	819,285.82	672,305.67	342,477.54	486,926.24

Tabla 3. Flujo de efectivo del proyecto, año 3. En pesos de 2017.

PERIODO	AÑO 3											
FLUJO DE EFECTIVO	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Saldo inicial	701,174	883,760	83,312	779,406	1,325,942	1,928,025	2,818,237	461,477	5,454	2,488,893	2,265,730	2,782,142
INGRESOS												
Cobranza	1,295,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	5,180,000	2,590,000	3,885,000	3,885,000
Préstamo bancario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE INGRESOS	1,295,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	2,590,000	5,180,000	2,590,000	3,885,000	3,885,000
DISPONIBLE	593,826	1,706,240	2,506,688	3,369,406	3,915,942	4,518,025	5,408,237	2,128,523	5,174,546	5,078,893	6,150,730	6,667,142
EGRESOS												
Materiales	656,904	778,799	761,153	1,042,392	955,875	711,323	872,283	894,491	1,015,735	1,728,176	1,842,946	1,313,450
Mano de obra	353,717	419,353	409,852	561,288	514,702	383,020	469,691	481,649	546,934	930,556	992,356	707,243
Gasto de oficina central	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785	51,785
Gasto de oficina de campo	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514
Impuestos (ISR)	66,861	400,039	408,184	278,381	318,312	431,182	356,893	346,643	1,067,685	-	297,395	541,777
PTU	133,346	136,061	92,794	106,104	143,727	118,964	115,548	355,895	-	99,132	180,592	138,089
Compra de terrenos							4,000,000					
Pago Capital	208,333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pago Intereses	3,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	1,477,586	1,789,552	1,727,282	2,043,464	1,987,916	1,699,789	5,869,714	2,133,977	2,685,652	2,813,163	3,368,588	2,755,859
FLUJO DE EFECTIVO	883,760	83,312	779,406	1,325,942	1,928,025	2,818,237	461,477	5,454	2,488,893	2,265,730	2,782,142	3,911,283
TREMA	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO	511,435.12	48,213.14	451,045.07	767,327.39	1,115,755.47	1,630,923.99	267,058.45	3,156.43	1,440,331.73	1,311,186.62	1,610,035.96	2,263,474.09

Tabla 4. Flujo de efectivo del proyecto, año 4. En pesos de 2017.

PERIODO	AÑO 4											
FLUJO DE EFECTIVO	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21
Saldo inicial	3,911,283	4,803,144	5,164,076	647,020	151,229	1,385,811	3,256,555	4,070,648	1,033,046	1,757,334	1,184	2,310,035
INGRESOS												
Cobranza	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	2,590,000	-	-	5,180,000	5,180,000	5,180,000
Préstamo bancario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE INGRESOS	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	3,885,000	2,590,000	-	-	5,180,000	5,180,000	5,180,000
DISPONIBLE	7,796,283	8,688,144	9,049,076	3,237,980	3,733,771	5,270,811	5,846,555	4,070,648	1,033,046	3,422,666	5,178,816	7,490,035
EGRESOS												
Materiales	1,586,505	1,980,510	1,283,439	1,785,770	796,844	642,485	889,294	1,934,902	1,576,967	1,352,070	902,785	1,365,734
Mano de obra	854,272	1,066,428	691,083	961,568	429,070	345,953	478,851	1,041,871	849,136	728,038	486,115	735,395
Gasto de oficina central	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964	56,964
Gasto de oficina de campo	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865	3,865
Impuestos (ISR)	414,268	231,795	553,520	321,675	778,102	849,345	346,933	-	-	910,344	1,117,706	904,038
PTU	77,265	184,507	107,225	259,367	283,115	115,644	-	-	303,448	372,569	301,346	258,789
Compra de terrenos			7,000,000									
Pago Capital	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pago Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	2,993,139	3,524,068	9,696,095	3,389,210	2,347,960	2,014,256	1,775,907	3,037,602	2,790,380	3,423,850	2,868,781	3,324,785
FLUJO DE EFECTIVO	4,803,144	5,164,076	647,020	151,229	1,385,811	3,256,555	4,070,648	1,033,046	1,757,334	1,184	2,310,035	4,165,250
TREMA	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.40
FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO	2,316,331.05	2,490,391.41	312,027.32	72,930.85	668,311.58	1,570,483.53	1,963,082.45	498,189.42	847,479.88	571.13	1,114,021.47	1,673,920.68

Tabla 5. Flujo de efectivo del proyecto, año 5. En pesos de 2017.

PERIODO	AÑO 5											
FLUJO DE EFECTIVO	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22
Saldo inicial	4,165,250	5,667,279	7,513,157	9,649,155	11,746,125	14,285,243	17,316,708	20,305,183	22,823,859	19,791,654	18,362,616	18,099,268
INGRESOS												
Cobranza	5,180,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	5,180,000	-	-	-	-
Préstamo bancario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE INGRESOS	5,180,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	6,475,000	5,180,000	-	-	-	-
DISPONIBLE	9,345,250	12,142,279	13,988,157	16,124,155	18,221,125	20,760,243	23,791,708	25,485,183	22,823,859	19,791,654	18,362,616	18,099,268
EGRESOS												
Materiales	1,638,399	2,121,445	1,847,577	1,816,272	1,343,454	907,688	1,057,591	985,723	1,927,441	885,382	127,683	-
Mano de obra	882,215	1,142,317	994,849	977,992	723,398	488,755	569,472	530,774	1,037,853	476,744	68,752	-
Gasto de oficina central	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	62,660	3,542
Gasto de oficina de campo	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	4,252	3,542
Impuestos (ISR)	776,367	942,235	1,068,636	1,083,085	1,301,308	1,502,431	1,433,245	1,077,915	-	-	-	-
PTU	314,078	356,212	361,028	433,769	500,810	477,748	359,305	-	-	-	-	-
Compra de terrenos												
Pago Capital	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pago Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	3,677,972	4,629,121	4,339,002	4,378,030	3,935,882	3,443,535	3,486,525	2,661,324	3,032,205	1,429,038	263,348	0
FLUJO DE EFECTIVO	5,667,279	7,513,157	9,649,155	11,746,125	14,285,243	17,316,708	20,305,183	22,823,859	19,791,654	18,362,616	18,099,268	18,099,268
TREMA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO	2,277,552.15	3,019,369.48	3,877,779.08	4,720,504.20	5,740,918.64	6,959,196.53	8,160,197.69	9,172,397.07	7,953,821.73	7,379,523.41	7,273,689.91	7,273,689.91
TIR	43.15%											
VAN	\$5,227,899.51											
R B/C	\$15.83											