



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Departamento de Arquitectura
Escuela de Postgrado

Actividad Formativa Equivalente a Tesis para Optar al Grado de Magíster en
Dirección y Administración de Proyectos Inmobiliarios

ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL USO DE LA TECNOLOGÍA BIM EN UN
PROYECTO HABITACIONAL EN ALTURA

Alumno: Ing. Antonio Marcos Valdés Indo
Profesor guía: Arqto. Marcelo Valenzuela Vargas

Santiago, Chile,

Noviembre 2014

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de tesis es evaluar la factibilidad de la implementación de las tecnologías BIM (Building Information Modeling) con el fin de optimizar sus procesos de gestión y reducir los riesgos asociados al desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional en altura.

Para cuantificar los posibles beneficios de la implementación del BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional, se han recopilado antecedentes de estudios que identifican cuáles son las causales de pérdida que impactan negativamente en el proyecto, determinando que los principales problemas derivan de la coordinación y planificación del proyecto que representan un 6% de los costos de construcción, estimando que pueden ser reducibles a través del uso de metodologías y herramientas tecnológicas.

En relación a lo anterior, los datos cualitativos evaluados dan cuenta sobre la tendencia en la migración de las herramientas CAD a las tecnologías BIM, debido las opciones adicionales de análisis y metodologías de seguimiento que permiten optimizar los procesos de gestión de un proyecto inmobiliario habitacional.

La hipótesis de este trabajo plantea que la implementación de tecnologías BIM persigue cumplir con el objetivo del incremento en la rentabilidad de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, para lo cual se considera evaluar un proyecto en la zona urbana de Santiago estimando un costo de construcción promedio y del terreno equivalente a 150.000UF y 30.000 UF, respectivamente, e ingresos por concepto de venta promedio equivalente a 37 UF/m², cuya cifra se asemeja a los valores promedios presentados por el portal inmobiliario para el Gran Santiago, cuyos valores superan actualmente las 37,4 UF/m².

En función de los parámetros descritos en el párrafo anterior, se evalúan distintos escenarios y variaciones de los costos de implementación sobre los costos del proyecto que dan cuenta, finalmente, del beneficio de optar por el uso de las herramientas BIM en los procesos de gestión de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, concluyendo que es posible reducir al menos el 40% de los imprevistos detectados en la etapa de ejecución, lo que favorece en un incremento de hasta un 13% sobre la rentabilidad del proyecto.

Dedicatoria:

*A mi novia Julia Sánchez por todo el amor,
incondicionalidad, compañía, paciencia y
comprensión por el tiempo destinado para
culminar este largo proceso.*

*A mi madre Gilda Indo, mi hermana Caterina
Valdés y mi primo Javier Indo, quienes siempre
han estado prestando su aliento.*

*A mi padre que siempre lo recuerdo y siento
presente.*

*A mis amigos y profesores que han incentivado
en continuar con este desafío.*

Agradecimientos:

Primero que todo me es grato expresar mis sinceros agradecimientos a los profesores Dra. en Arquitectura María Eugenia Pallarés Torres y al Arquitecto Marcelo Valenzuela Vargas por su confianza, estímulo, y dedicación en contribuir en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

A empresas y profesionales que me guiaron en el desarrollo de este trabajo, como el Sr. Claudio Mourgues Álvarez, Ph.D. Stanford University, Master of Science, Ingeniero Civil y Profesor Asistente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el Sr. Ricardo Rojas Pizarro, Ingeniero Civil, Jefe Área I+D en René Lagos Engineers.

Para concluir no puedo dejar de expresar nuevamente mi profundo agradecimiento a mi familia y mi hermosa mujer, por brindar todo el apoyo necesario para cumplir con un paso más de nuestro quehacer y continuo interés de profundizar en líneas investigativas asociadas al área de arquitectura y construcción que exige nuestro esfuerzo para contribuir en el desarrollo de proyectos que cumplan con los estándares de calidad y sustentabilidad para todos los integrantes que participan en la gestión de un proyecto inmobiliario habitacional en altura.

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades	1
1.2 El problema	4
1.3 Justificación del tema	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Marco Teórico	8
1.6 Hipótesis.....	11
1.7 Metodología.....	11
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.1 Introducción.....	13
2.2 Incertidumbre actual de la industria inmobiliaria en Chile	14
2.3 La coordinación en los proyectos inmobiliarios	15
2.4 Problemas detectados en un proyecto inmobiliario.....	17
2.5 Resultados estadísticos sobre la implementación del BIM.....	34
2.5.1 Estudio UFBA – Evento TIC (Brasil).....	34
2.5.2 Encuesta Nacional BIM (Chile)	37
2.6 El cambio del CAD al BIM	40
2.6.1 Gestionar las expectativas.....	41
2.6.2 Limitaciones en el modelado de la información	43

2.6.3 Limitaciones en las capacidades de visualización	44
2.6.4 Necesidad de formación	45
2.6.5 Expansión hacia otras disciplinas	45
2.7 Ventajas del uso del BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales.....	47
2.8 Perspectiva del uso del BIM en Chile	48
2.9 La transición en cuanto a tiempo del CAD al BIM	54

CAPÍTULO 3. PARADIGMAS DE GESTIÓN DE UN PROYECTO

INMOBILIARIO HABITACIONAL.....	56
3.1 Introducción.....	56
3.2 El uso de las tecnologías en proyectos inmobiliarios habitacionales	56
3.3 La implementación del BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales .	59
3.4 El producto inmobiliario habitacional	61
3.4.1 El producto visto como un trabajo colaborativo	62
3.4.2 Paradigmas en relación al cambio metodológico.....	64
3.5 Visiones de gestión de un proyecto habitacional.....	66
3.5.1 Flujos de información en un proyecto inmobiliario	67

CAPÍTULO 4. LA GESTIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO

HABITACIONAL CON LA INCLUSIÓN DEL BIM.....	70
4.1 Introducción.....	70
4.2 La gestión de proyecto inmobiliario habitacional	70
4.2.1 Competencias del gestor inmobiliario habitacional	74
4.2.2 Tipos de estructuras organizacionales usadas en un proyecto inmobiliario habitacional	76

4.3 Contrato inmobiliario habitacional	83
4.3.2 Roles y responsabilidades de los integrantes de la organización	90
4.4 Metodología de evaluación para la implementación del BIM en proyecto inmobiliario habitacional	94
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM EN UN PROYECTO INMOBILIARIO HABITACIONAL EN ALTURA	97
5.1 Introducción	97
5.2 Antecedentes sobre la implementación del BIM en proyectos inmobiliarios	98
5.2.1 Implementación del BIM en términos contractuales	98
5.2.2 Costos de implementación del BIM	100
5.2.3 Resultados de implementación del BIM	107
5.3 Elección del método de implementación del BIM	108
5.4 Análisis FODA	110
5.5 Estudio de casos	113
5.6 Análisis de sensibilidad	121
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	127
7. BIBLIOGRAFÍA	134
7.1 Tesis y libros	134
7.2 Artículos	138
7.3 Documentos web	140

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Camino de migración para la mejora del proceso metodológico	46
Figura 2.2: Previsión de la evolución de la implementación de la Tecnología BIM	53
Figura 3.1: Flujo de información en el ciclo de vida de un proyecto.....	67
Figura 3.2: Influencia sobre el costo de cada una de las fases del ciclo de vida del Proyecto.....	68
Figura 4.1: Características de un proyecto y de gestión de proyectos.....	71
Figura 4.2: Desarrollo esquemático de un proyecto.....	72
Figura 4.3: Competencias y ámbito del gerente de proyectos, según PMI	75
Figura 4.4: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción	77
Figura 4.5: Estructura Pure or Agency Construction Management.....	80
Figura 4.6: Estructura Construction Management at Risk.....	80
Figura 4.7: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción	82
Figura 4.8: Principales participantes en un proyecto inmobiliario habitacional en altura	87
Figura 4.9: Estructura organizacional a implementar para el desarrollo de un proyecto con BIM.....	88
Figura 4.10: Jerarquía de roles	91
Figura 4.11: Metodología de evaluación para la implementación del BIM	95
Figura 5.1: Productividad del diseño en la implementación de un sistema BIM.	102
Figura 5.2: Proceso de mitigación del riesgo	110

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Principales causas de una mala coordinación de proyecto	17
Gráfico 2.2: Principales problemas detectados en obra.....	18
Gráfico 2.3: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI ..	19
Gráfico 2.4: Niveles de Actividad del Sector Construcción– 2011	29
Gráfico 2.5: Niveles de actividad por tipo de proyectos– 2013	30
Gráfico 2.6: Origen de las causas de pérdidas globales - 2011.....	31
Gráfico 2.7: Principales causas globales de pérdidas de tiempo– 2011	32
Gráfico 2.8: Causales de pérdidas de tiempo Edificación en Altura – 2013.....	33
Gráfico 2.9: % de utilización del BIM.	35
Gráfico 5.1: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 1	116
Gráfico 5.2: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 2	117
Gráfico 5.3: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 3	119
Gráfico 5.4: Curva beneficio implementación del BIM – Compilado	120
Gráfico 5.5: Curva beneficio implementación sobre la rentabilidad del proyecto	123
Gráfico 5.6: Impacto de la implementación sobre la utilidad del proyecto	124

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI.....	19
Tabla 2.2: Escala de responsabilidades	20
Tabla 2.3: Calificaciones asignadas entre especialistas sobre las responsabilidades en las pérdidas de tiempo	20
Tabla 2.4: Calificaciones asignada a cada actividad responsable de las pérdidas de tiempo	20
Tabla 2.5: Estimación de pérdidas en obras de edificación.	24
Tabla 2.6: Clasificación de la pérdidas de tiempo (Alarcón y Mardones, 1998)	25
Tabla 2.7: Niveles de Actividad del Sector Construcción.....	28
Tabla 2.8: Niveles de Actividad por Tipos de Proyectos - 2013.....	29
Tabla 2.9: Origen de las causas de pérdidas globales	30
Tabla 2.10: Principales causas globales de pérdidas de tiempo.....	31
Tabla 2.11: Causales de pérdidas de tiempo Edificación en Altura - 2013.....	32
Tabla 2.12: Principales herramientas tecnológicas utilizadas para el desarrollo de proyectos	35
Tabla 2.13: Principales dificultades de trabajar con BIM	36
Tabla 2.14: % de herramientas usadas regularmente	37
Tabla 2.15: % de uso del BIM en función de tipos de proyectos	38
Tabla 2.16: % de uso del BIM en función de sus aplicaciones	38
Tabla 2.17: Participantes que más se benefician de la implementación del BIM	39
Tabla 2.18: Principales razones por las cuales no se ocupa BIM.....	39
Tabla 5.1: Variables para el cálculo del ROI.....	103
Tabla 5.2: Registros ROI de 10 proyectos evaluados por Holder Construction.	105
Tabla 5.3: Resumen ROI en distintos proyectos realizados en Chile.	106
Tabla 5.4: Opción de modelos a adoptar en la empresa inmobiliaria	108
Tabla 5.5: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura.....	114

Tabla 5.6: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura - Caso 1	114
Tabla 5.7: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 1	115
Tabla 5.8: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 2	117
Tabla 5.9: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura - Caso 3	118
Tabla 5.10: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 3	118
Tabla 5.11: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto sin reducción de imprevistos (ESCENARIO PESIMISTA)	121
Tabla 5.12: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto con 40% de reducción de imprevistos (ESCENARIO PROBABLE)	122
Tabla 5.13: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto con 100% de reducción de imprevistos (ESCENARIO OPTIMISTA)	122
Tabla 5.14: Beneficio de la implementación sobre la utilidad	122
Tabla 5.15: Escenarios de la implementación del BIM	123
Tabla 5.16: Impacto de la implementación sobre la utilidad	124
Tabla 5.17: Beneficio de la Implementación del BIM sobre la variación del Costo de Construcción	125
Tabla 5.18: Beneficio de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto.	126

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La globalización y su influencia en el vertiginoso desarrollo tecnológico demanda que los diversos rubros productivos modernicen sus procesos de manera que la arremetida de inversiones extranjeras en Chile no implique desventajas competitivas para el mercado interno. Según cifras de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), durante el periodo 1978-2011 el flujo de Inversión Extranjera Directa (IED) en nuestro país creció a una tasa anual promedio cercana al 28%, mientras que a nivel mundial dicha cifra alcanzó el 15%, denotando entonces que el mercado de Chile es evaluado por inversionistas extranjeros con interés, lo que conlleva a que la industria interna cumpla con los estándares de competitividad experimentados por empresas que poseen un mayor desarrollo en la implementación de tecnologías para la optimización de sus procesos.

En Chile el sector construcción representa un 8% del Producto Interno Bruto (PIB), no siendo determinante y representativo como el sector de minería, sin embargo se generan proyectos que involucran grandes inversiones, donde usualmente se requiere el apoyo de capitales extranjeros para llevar a cabo esa tipología de proyectos asociados principalmente a mejoramientos de la infraestructura del país, como la vial o la hospitalaria, inclusive se encuentran evidencias de fondos extranjeros en proyectos de edificaciones, consideradas como emblemáticas tales como Edificio Titanium o el Edificio Costanera Center, los cuales marcan un hito en la innovación e implementación de tecnologías para la industria inmobiliaria, y cuyas metodologías de gestión se proyectan aplicar a

proyectos de menor envergadura, de manera que la industria inmobiliaria habitacional en altura chilena se sitúe a los niveles de competitividad que hoy enfrentan los proyectos con mayor desarrollo de tecnologías insertas en sus procesos.

Con las experiencias ya vivenciadas es posible proyectar el negocio inmobiliario chileno como un polo de oportunidad para la innovación siendo preciso atraer al inversor y modificar los paradigmas actuales, incentivando la implementación de tecnologías en los procesos de gestión inmobiliaria, lo que implicaría incrementar los niveles de productividad, mejorar la calidad y satisfacer de mejor manera las necesidades de los clientes.

En este estudio de tesis se evalúa los beneficios que ofrece la implementación de tecnologías en los procesos de gestión inmobiliaria, de acuerdo a hipótesis que son abordadas con mayor profundidad, conforme antecedentes y recopilación de estudios realizados por organismos e instituciones prestigiosas. Se espera que la tesis promueva otras investigaciones, que sea de interés para organismos públicos y privados de manera de contribuir con la inserción de mayor capital tecnológico en la industria inmobiliaria chilena.

Lo mencionado requiere un esfuerzo de todos los involucrados en los procesos de gestión para cambiar el paradigma actual, enfrentando los proyectos inmobiliarios con nuevas metodologías de gestión apoyadas con el uso de herramientas tecnológicas tales como los sistemas BIM (*Building Information Modeling*), los cuales colaboran en mejorar los procesos de gestión, satisfacer el cumplimiento de los planes de trabajo previamente establecidos, entre otros aspectos relevantes para el desarrollo conforme de un proyecto. En otras palabras, la implementación de nuevas tecnologías involucra cambios que deben ser asumidos por el inversor y todo el equipo de trabajo, arquitecto, contratistas,

y subcontratistas, de manera que sea posible modificar o ajustar los métodos de gestión tradicionales a sistemas más colaborativos. Es preciso, por tanto, dar a conocer no tan sólo las bondades que ofrece una herramienta sino que conseguir la aceptación de modificar los planes de trabajo y metodologías de gestión ajustadas a nuevos mecanismos de gestión.

La implementación de tecnologías en los procesos de gestión de proyectos inmobiliarios son consideradas un paso necesario para potenciar la innovación e imprescindible para que las empresas se alineen a los procesos de gestión que se llevan a cabo en los países desarrollados. Resulta necesario entonces que los sectores productivos del país y particularmente la industria inmobiliaria de Chile fortalezca la inversión en tecnologías con el fin de favorecer la gestión eficiente de los proyectos.

Se considera que el costo de implementación es un factor importante para la toma de decisiones e inversión de una nueva herramienta tecnológica, cuyos criterios de aceptación al cambio deben ser visualizados en función de los beneficios medidos a mediano y largo plazo, y de esta forma evaluar la factibilidad de desarrollar un proyecto con herramientas BIM.

En este trabajo de tesis se espera por tanto demostrar que la implementación del BIM favorece la gestión eficiente de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, proporcionando información suficiente que permita apoyar la visualización de problemas que habitualmente se presentan en un proyecto, anteponiéndonos a la reducción de incertidumbres y conflictos que se generan debido la falta de información para llevar a cabo un proyecto adecuadamente.

1.2 El problema

Según cifras del Informe Mundial de Competitividad 2013, publicado por el Institute for Management Development (IMD) de Suiza, Chile se ubicaría en el décimo lugar en inversión extranjera y trigésimo en niveles de competitividad, que si bien se trataría de cifras auspiciosas en relación a los mercados latinoamericanos, motiva a que el mercado de Chile fortalezca y promueva la inversión de tecnología en las industrias, de manera que se disminuya la brecha competitiva con países más desarrollados.

El sector inmobiliario de Chile es visto como un mercado de oportunidad para las empresas extranjeras, sobre todo para proyectos que requieren gran infraestructura, como los hospitalarios, caminos, portuarios, aeropuertos, etc., en consecuencia es necesario que la industria chilena cumpla con estándares tecnológicos y competitividad de manera que sea posible disminuir la brecha existente con empresas que poseen un mayor desarrollo tecnológico para llevar a cabo sus procesos de gestión. Según estudios realizados por instituciones ligadas a la incorporación de nuevas técnicas y metodologías al rubro de la construcción, se rescata que la implementación de tecnologías BIM ofrece una oportunidad para mejorar la gestión de los proyectos Inmobiliarios, sin embargo involucra un cambio en el paradigma que aún no ha sido posible masificarlo en las empresas que invierten en el desarrollo de proyectos, en particular las edificaciones habitacionales en altura.

En el ciclo de un proyecto inmobiliario habitacional en altura se observan habitualmente tres grandes agentes que interactúan directamente: Mandante, Arquitectura, Constructora e Inspección Técnica de Obra, cuyas funciones y responsabilidades se acotan individual y contractualmente. Para la aplicación efectiva de las herramientas BIM es preciso, que todos los intervinientes se

familiaricen con ella y la consideren como relevante dentro los procesos de gestión, sin embargo cada cual opera con sus propios métodos dificultando se generen trabajos colaborativos.

En la etapa de diseño es Arquitectura quien lidera el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, por ende se considera como el actor que debe linear las propuestas y soluciones a las demás especialidades, los cuales habitualmente modifican algunas consideraciones respecto de situaciones técnicas que no son previstas directamente por Arquitectura, generándose por ende los primeros conflictos o interferencias que se prolongan durante la ejecución del proyecto, implicando costos asociados a imprevistos que en ocasiones se escapan de las expectativas iniciales, repercutiendo hacia los clientes en problemas de calidad, entregas fuera de los plazos, entre otros problemas asociados al desarrollo del proyecto que deben ser asumidos por el Mandante.

Particularmente se ha investigado que no existen antecedentes o estudios suficientes en Chile que nos aclaren cuáles serían los beneficios reales de la utilización del BIM en un proyecto inmobiliario habitacional en altura, y cuáles serían los impactos al contribuir en satisfacer los requerimientos de calidad, plazo y costo demandados por los clientes, de manera que todos los involucrados, inversionistas, profesionales, y clientes encuentren satisfecha sus necesidades.

1.3 Justificación del tema

Los registros que se utilizan en nuestras actividades diarias se manejan principalmente en formato digital, es decir por *softwares* que manipulan la información creada, las que deben ser comunicadas en formatos compatibles entre emisor y receptor. Si se cuenta con herramientas que permiten controlar el

diseño de un proyecto, entonces la transmisión de la información, ante el descubrimiento de interferencias, será oportuna, lo cual conllevará a una serie de mejoras en la ejecución de los procesos, vale decir aumento de productividad, mejor calidad del producto y plazos de término de actividades conforme lo proyectado.

En lo que respecta a la ejecución, cuando se producen diferencias entre lo programado y lo que acontece en terreno, se deben tomar decisiones inmediatas, cuya repercusión puede marcar el destino de un proyecto. Las variables de costo, plazo e inclusive la calidad sufren, en consecuencia, impactos no deseados, que serían evitables si se descubren en la etapa de desarrollo del proyecto, es decir antes de la ejecución, donde las herramientas BIM cumplen un rol importante que favorece, entre otros, la disminución de interferencias y entregan información paramétrica asociada a un modelado en tres y cuatro dimensiones que apoyan la gestión de los proyectos.

Una de las maneras de evitar que se produzcan mayores discrepancias entre los distintos proyectos sería a través de la implementación del BIM, cuyos potenciales han sido largamente estudiados y dictados por diversos autores y entidades, que en resumen apoyan la tesis que mientras antes se estudia un proyecto, las acciones correctivas se determinan antes también y a menor costo.

Resulta necesario conocer las oportunidades de mejora que ofrece la herramienta, sustentada en una evaluación financiera que permita concluir que la utilización del BIM favorece no sólo los aspectos técnicos sino que también los financieros. Lograr que las empresas Inmobiliarias cambien el paradigma y que la transición de los sistemas CAD al BIM sea una realidad que no impacte negativamente en la gestión de los proyectos se torna por tanto en un desafío importante a tratar en esta investigación.

La implementación de tecnología figura como una estrategia competitiva que desde el punto de vista económico, centra sus esfuerzos en obtener las mayores rentabilidades a través de la colaboración y la gestión eficiente del proyecto. Ahora bien, la incorporación de una nueva tecnología implica costos adicionales, y cambios en los procesos de gestión, por lo tanto, como primera impresión no sería una opción muy atractiva, sin embargo al destacar todos los beneficios que ofrece la aplicación del BIM ese estigma podría ser contrarrestado en la optimización de los tiempos para efectuar mejoras de diseño y obtener un producto de mejor calidad. Con todo, y sustentando la tesis que es posible obtener impacto favorable sobre la rentabilidad del proyecto al utilizar el BIM, resultaría beneficioso ocupar la tecnología como mecanismo para mejorar los procesos de gestión de un proyecto Inmobiliario Habitacional.

Es preciso por tanto incentivar el uso de las tecnologías para mejorar la gestión de los proyectos inmobiliarios, para lo cual se plantea una metodología de evaluación que servirá para el análisis y la toma de decisión ante el uso del BIM en un proyecto inmobiliario habitacional en altura, persiguiendo por tanto uno de los intereses de este estudio de tesis, enmarcado en promover la utilización de tecnologías que apoyen la gestión y estudio de proyecto previo etapa de ejecución, vale decir centrando los esfuerzos en la etapa de diseño.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo de tesis es evaluar el impacto de la implementación de las tecnologías BIM sobre la rentabilidad de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, buscando optimizar los procesos de gestión y lograr un producto de mejor calidad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- i. Incentivar el uso de las herramientas BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional en altura.
- ii. Proponer una metodología de evaluación que permita orientar al gestor inmobiliario a optar o no por la implementación de las herramientas BIM en el desarrollo su proyecto inmobiliario.
- iii. Evaluar las implicancias de la implementación de la herramienta BIM en un proyecto inmobiliario habitacional en altura considerando datos cualitativos y cuantitativos de estudios similares.
- iv. Evaluar financieramente un proyecto inmobiliario habitacional en altura que considere parámetros del mercado inmobiliario chileno.
- v. Analizar el impacto de los resultados sobre la rentabilidad del proyecto inmobiliario habitacional en altura evaluado ante posibles escenarios de implementación.

1.5 Marco Teórico

Según la definición de la Real Academia Española, arquitectura corresponde al “arte de proyectar y construir”, en que desde el Renacimiento hasta la fecha se ha visto ligada a la representación gráfica. En la antigüedad, la proyección se materializaba en trazados que se realizaban in situ y el levantamiento de un edificio se realizaba mediante proporciones, dimensiones y modulación ya conocidos que relacionaban el todo con las partes, cuyos detalles y

materialidades no eran tan estudiados y especificados como en la actualidad, donde es posible efectuar bocetos, memorias, maquetas y planos que representan la realidad de la idea. Actualmente la representación se apoya de herramientas tecnológicas que brindan al arquitecto mayores opciones para la creación de nuevas y más complejas formas, la que desde luego trae consigo desafíos importantes para la ingeniería y la construcción.

Durante siglos los planos se dibujaron con lápiz o tinta sobre pergamino o papel, lo que ha quedado prácticamente obsoleto, derivándose a técnicas consideradas cada vez más artísticas o ligadas al diseño gráfico. El compás, herramienta símbolo de la Arquitectura, al igual que la escuadra, el cartabón y la regla, han caído en desuso desde que se extendió la utilización del sistema CAD. Desde su invención en los años 1960, el “Computer-Aided Design”, en castellano DAO (diseño asistido por ordenador), el uso de esta herramienta se ha convertido en indispensable para proyectistas, arquitectos, diseñadores gráficos, ingenieros, entre otros especialistas. Desde entonces, todo se dibuja virtualmente con modelos matemáticos, apoyándose de procesos virtuales, una pantalla de ordenador para visualizar y un ratón para clickear. Autocad, Vectorworks o MicroStation nos permiten dibujar bidimensional y tridimensionalmente las ideas preconcebidas.

Los sistemas CAD revolucionaron las técnicas y formas de visualizar la arquitectura, que hoy en día se manifiesta en la introducción de los “Building Information Modeling” (BIM) en los proyectos de arquitectura, que poco a poco comienza a penetrarse en el mercado inmobiliario chileno.

El BIM permite la integración dimensional con otros parámetros de información tales como los datos económicos, los datos de sostenibilidad, las mediciones, etc. Este modelado que contiene además información para la construcción,

incorpora todos los datos necesarios para levantar un edificio sin necesidad de utilizar auxiliarmente ningún otro programa, reinterpretando la interacción lógica entre los diferentes elementos, sin embargo romper el paradigma es la dificultad actual.

Desde la década de los noventa se ha evaluado cuales son las principales causales de pérdida que se originan en un proyecto inmobiliario, estimándose entre un 40% a 50% del tiempo total destinado al diseño que es posible optimizar, y entre el 20% a 30% del período de construcción total posible de mejorar producto principalmente de deficiencias en diseño y coordinaciones de especialidades. Se ha investigado que para algunas empresas constructoras chilenas, la principal fuente de conflicto en los proyectos son los continuos cambios en los diseños realizados, los que afectan la calidad, la productividad y el tiempo de materialización del producto, y adicionalmente la relación entre todos los involucrados en el proceso que finalmente repercute en la satisfacción del cliente, implicando además costos adicionales no esperados.

Conforme investigaciones, publicaciones y documentos desarrollados por instituciones connotadas tales como American Institute of Architects (AIA), Asociación de Arquitectos de Chile (AOA), la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), universidades extranjeras como Stanford University, Universidad Politécnica de Madrid, Universitat Politecnica de Catalunya, Universidad de São Paulo, entre otras y nacionales como la Universidad Católica y la Universidad de Chile, concluyendo que el uso de las herramientas BIM son el medio para que la arquitectura se desarrolle y abra nuevos espacios para la creación e innovación, por lo que es preciso fomentar y promover su uso en el sector inmobiliario chileno.

Es preciso por tanto que el sector público y privado observen la implementación de las tecnologías BIM como un beneficio que no tan sólo repercute en satisfacción para los clientes que adquieren un producto inmobiliario habitacional, sino a todos aquellos que demandan un servicio eficiente.

1.6 Hipótesis

Es factible incrementar la rentabilidad de un proyecto inmobiliario habitacional en altura mediante el uso de tecnología BIM en la etapa de diseño.

1.7 Metodología

Para determinar la metodología de investigación se procederá de acuerdo a los siguientes pasos:

i. Revisión bibliográfica

Se realiza una extensa revisión bibliográfica de documentos relacionados con gerenciamiento de proyectos, planificación y metodologías para el control de los trabajos, implementación del BIM, tecnologías de información, productividad, análisis de costos.

Se complementará dicha recopilación de información mediante artículos y tesis publicadas a nivel nacional e internacional con el fin de evaluar el estado del arte de la implementación de las tecnologías BIM en la industria inmobiliaria.

i. Reuniones con especialista

Adicional a la investigación bibliográfica se realizan reuniones con especialistas del área, con el fin de contar con una visión del estudio de esta tesis y enmarcarla dentro de los requerimientos de difusión e implementación de nuevas tecnologías en los procesos de gestión.

ii. Desarrollo metodología de evaluación

En función de la investigación bibliográfica y de las citas realizadas, se propone una metodología de evaluación para analizar la factibilidad de utilizar la herramienta BIM en un proyecto inmobiliario habitacional de manera tal que se ajuste a los requerimientos tecnológicos actuales.

Se escogerá una tipología de proyecto inmobiliario particular con el fin de evaluar qué sucede ante distintos escenarios propuestos, buscando como objetivo masificar el uso del BIM en proyectos de la característica analizada.

iii. Evaluación y validación de resultados

Una vez planteado el modelo de evaluación gestión y caracterizado el proyecto, se realiza una evaluación financiera ante la variante costo de implementación sobre los costos de construcción y el impacto al aumentarlos y/o percibir menos ingresos.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan antecedentes relacionados con la implementación de la tecnología BIM en proyectos inmobiliarios, recopilando estudios realizados en el extranjero y también en Chile que nos permitan aclarar las variables necesarias para cuantificar más fielmente los beneficios que pudiera suscitarse del uso de tecnologías BIM en un proyecto Inmobiliario Habitacional.

Como antecedente se destacan dos encuestas, la primera rescatada del “V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC 2011, realizada y publicada el año 2013 por la Universidade Federal de Bahía (UFBA) y la “Encuesta Nacional BIM” realizada y publicada el año 2013 por la Universidad de Chile (UCH), apreciando en ambas resultados sobre el estado actual del uso de las herramientas BIM.

Cabe destacar que ambos estudios muestran que la implementación del uso de las tecnologías BIM corresponde a una tecnología que se encuentra instalada, donde existe un potencial e importante espacio para el crecimiento e implementación en el desarrollo de proyectos inmobiliarios. Donde uno de los desafíos sería instalarla en el negocio Inmobiliario Habitacional en Altura de manera tal que contribuya con la reducción de conflictos que habitualmente se producen entre Mandante y Contratista.

Adicional a los estudios tipo encuestas se ha recopilado antecedentes de publicaciones, y tesis que contribuyen a sustentar los análisis desarrollado en este trabajo.

2.2 Incertidumbre actual de la industria inmobiliaria en Chile

Estudios realizados por la Cámara Chilena de la Construcción estiman que se producirán pérdidas del beneficio de la exención tributaria para la compra de viviendas de más de 2.000 UF donde deberá gravarse el IVA por la venta de casas y departamentos nuevos, por lo que el precio de la propiedad aumentará entre un 11% y un 13,5%.

Esta situación no sólo repercute en el comprador, sino también en las estructuras organizacionales de las empresas Inmobiliarias, donde probablemente se produzca un incremento de Inmobiliarias que operarán como Constructoras, con el fin de obtener beneficios de la Construcción.

Se abre, en consecuencia, una oportunidad enorme para mejorar los procesos de gestión de un proyecto inmobiliario debido que la empresa inmobiliaria deberá centrar sus esfuerzos en cómo mejorar la gestión del proyecto, siendo preciso contar con metodologías y planificaciones que se ajusten a los requerimientos actuales.

La responsabilidad en la planificación de la construcción no recaerá sólo en la Constructora, sino que la Inmobiliaria deberá ser partícipe, prever y controlar el desarrollo completo del proyecto, y para ello deberá contar con los antecedentes suficientemente claros antes de comenzar con la ejecución de un proyecto. Por lo tanto, la planificación será el “órgano” decisivo para que un proyecto sea gestionado y administrado con el éxito esperado.

2.3 La coordinación en los proyectos inmobiliarios

Actualmente es muy habitual que se presenten descoordinaciones entre proyectos debido que no se invierte suficiente tiempo para estudiarlos con más detalle, detectándose diferencias entre el proyecto de arquitectura con los proyectos de cálculo o las especialidades y vice-versa. Esto porque no existe una “comunicación” fluida entre las partes, lo que conlleva a que planos de cálculo o especialidades no se condigan con las versiones o láminas actualizadas de arquitectura. Esto tipo de situaciones se presenta debido que los tiempos entre la concepción y entrega del producto al cliente son muy acotados, y porque el mandante está interesado en comenzar cuanto antes con la venta de las primeras unidades de departamentos con el fin de mover sus flujos financieros.

La falta de detalle de arquitectura genera un escenario de incertidumbre que puede impactar negativamente en el resultado del proyecto, cuyos problemas son evidenciados en la etapa de construcción. El objetivo se traduce entonces en detectar las causales de pérdidas durante la ejecución del proyecto, por lo que los profesionales a cargo de dirigir durante esa etapa deben detectar los problemas y proponer soluciones con la mayor celeridad posible con el fin de no afectar en las estimaciones de riesgos previamente proyectadas, evitando se generen demoras innecesarias y costos adicionales.

Sin lugar a dudas que en el contexto de la implementación, las herramientas BIM aportan favorablemente en la gestión de un proyecto, mejorando la conexión entre la propuesta y el diseño final a través de la visualización 3D y 4D del proyecto, el cual contiene información de las demás especialidades en la misma plataforma, vale decir, absolutamente integrado y automatizado.

Si bien es posible contar con más información asociada al diseño y la secuencia constructiva, no hay que perder la mirada en la calidad del producto y la entrega satisfactoria al cliente, y para ello es preciso elaborar una metodología que permita controlar los procesos, los cuales deben ser cuidadosamente gestionados de manera tal que se cumpla con los objetivos planteados inicialmente.

Las herramientas BIM permiten no sólo simular el producto, sino que obtener la secuencia de ejecución mediante la programación 4D, lo que favorece la interacción con todos los involucrados del proceso, es decir contar con un lenguaje común donde arquitectura, cálculo y especialidades puedan “conversar” sobre la definición del modelo.

Cabe destacar que en el supuesto de que los distintos profesionales trabajen con la misma tecnología no garantiza que el proceso de coordinación esté cumplido dado que se debe contar con una metodología que permita controlar el flujo de información que se genera durante el desarrollo completo del proyecto.

Actualmente el proceso de coordinación de proyectos se realiza generalmente cuando los distintos proyectos de arquitectura e ingeniería se encuentran terminados, y tan sólo se logra una anticipación a los problemas antes de la construcción, pero los costos y el tiempo siguen aumentando en alguna medida. A raíz de esto, es necesario que el proceso de coordinación de proyecto a través de BIM sea incorporada en forma temprana, desde sus inicios, aumentando así su capacidad de impactar en el resultado final del proyecto.

2.4 Problemas detectados en un proyecto inmobiliario

Un estudio realizado el año 2010 por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, diagnosticó la situación actual de la coordinación de proyectos y utilización de BIM en Chile logrando entre otros los siguientes resultados:

- Se detectó las principales causas de una mala coordinación de proyectos derivan en la falta de comunicación entre los participantes, seguido del tiempo destinado para el desarrollo de los proyectos en la etapa de diseño. Se destaca que estos problemas fueron calificados de acuerdo a su importancia con nota de 1 a 7, siendo 7 las que más afectan a la coordinación, cuyos registro se aprecia en la siguiente gráfico:

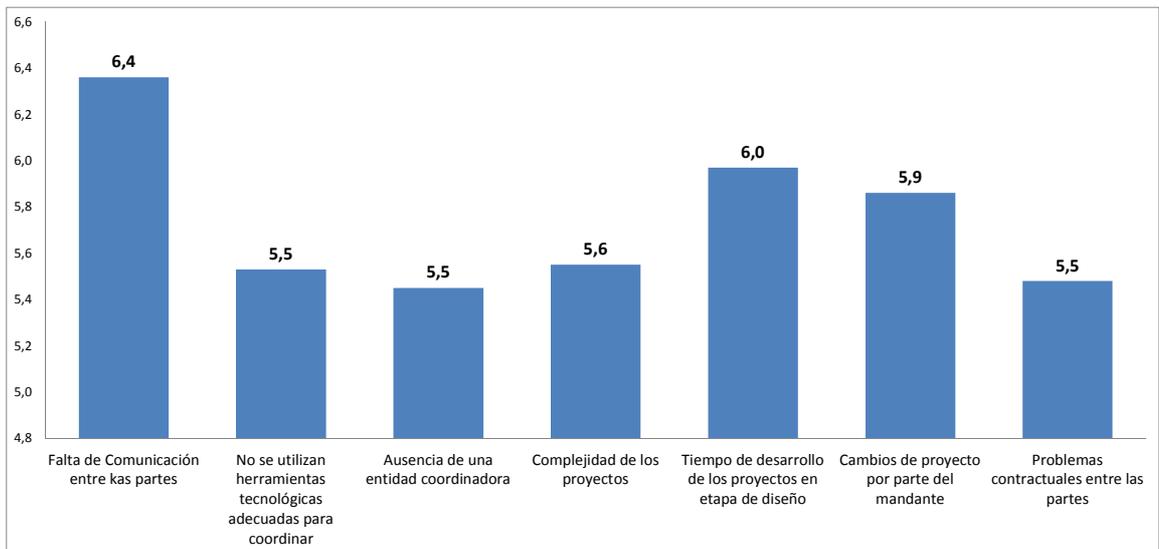


Gráfico 2.1: Principales causas de una mala coordinación de proyecto

Fuente: Documento Red Interamericana de Centros de Innovación en la Construcción (Inconet) - BuildingInformationModeling – BIM versión 1.5, página 6

- De igual manera también se identificaron los principales problemas que ocurren en obra, detectándose que los dos principales problemas se deben a atrasos en la entrega de la obra, seguido de aumentos en los costos finales de la obra e información faltante en cada proyecto.

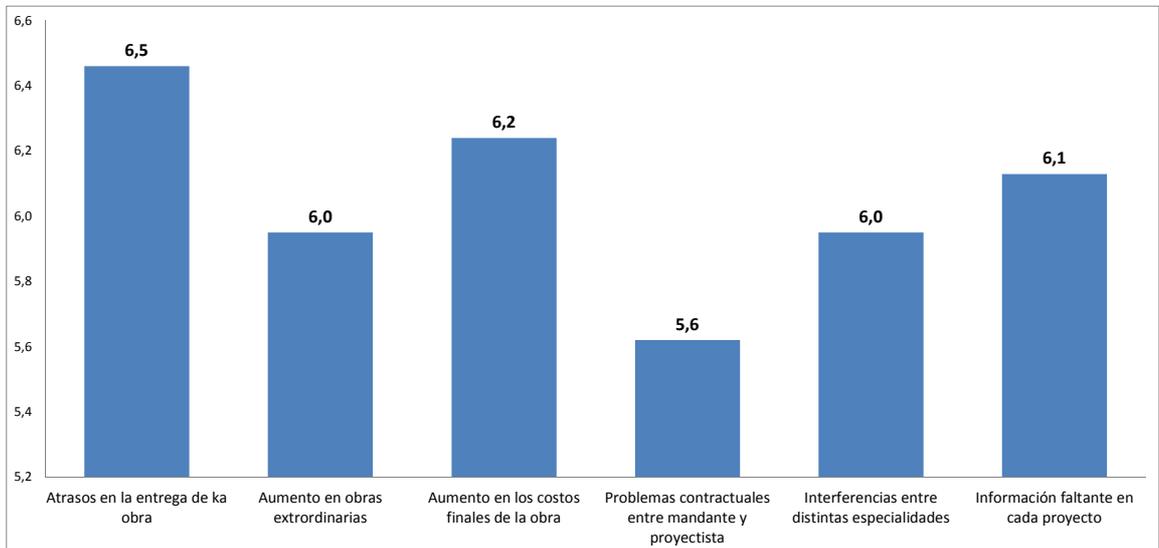


Gráfico 2.2: Principales problemas detectados en obra

Fuente: Documento Red Interamericana de Centros de Innovación en la Construcción (Inconet) – Building Information Modeling – BIM versión 1.5, página 6

En resumen, los resultados asociados a la mala coordinación en obra se originan porque no se cuenta con un proyecto suficientemente definido, hay poca colaboración de las especialidades, e insuficiente información para un análisis más detallado del proyecto. Si bien, en ocasiones, el gestor inmobiliario “traspasa” la responsabilidad de ejecución al contratista, no se debe perder el horizonte en la calidad del producto, y entregar la mayor cantidad de detalles y definiciones previo comienzo del proyecto. Los problemas originados en obra pueden impactar en términos de tiempo y costo en el desarrollo del proyecto, por ende prever cualquier dificultad favorece la disminución en los Requerimientos de Información (RDI) y evidentemente en la generación de adicionales.

Los siguientes gráficos nos muestran los resultados de un estudio efectuado por Antel y una encuesta realizada por Hernández (2011). Los resultados presentados en la tabla 2.1 reflejan las opiniones vertidas por los partícipes del desarrollo del proyecto inmobiliario, y los resultados de la segunda muestra una

visión de cómo se califican entre los especialistas las responsabilidades u origen de las pérdidas de tiempo que se producen en un proyecto (ver tabla 2.2).

Tabla 2.1: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI

Proyectos	Mandante	Constructora	Coordinadoras	Especialidades	Promedio
	%	%	%	%	
Arquitectura	20,0%	26,0%	29,0%	25,7%	25,2%
Cálculo	21,7%	26,1%	24,4%	26,6%	24,7%
Sanitario	20,0%	8,0%	11,1%	6,3%	11,4%
Eléctrico	15,0%	17,3%	13,3%	12,1%	14,4%
Clima	11,7%	4,0%	8,9%	4,6%	7,3%
Iluminación	3,3%	2,7%	0,0%	4,6%	2,7%
NS / NC	8,3%	11,3%	13,3%	16,3%	12,3%
Otros (seguridad, incendios, etc)	0,0%	4,6%	0,0%	3,8%	2,1%

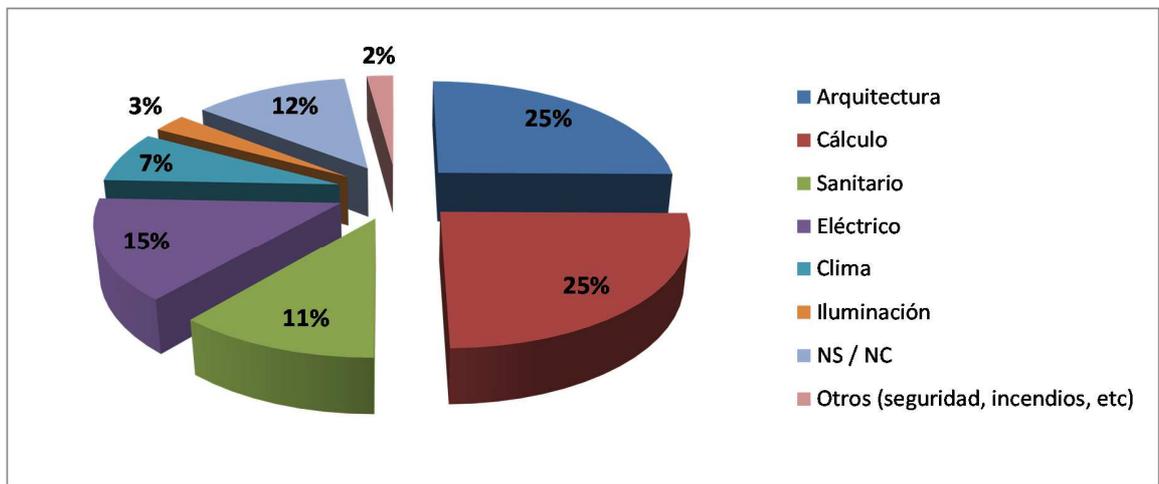


Gráfico 2.3: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI
Fuente: Tesis Hernández (2011), página 19

A continuación se muestra las calificaciones asignadas entre los especialistas y hacia las actividades que piensan corresponden a las principales causales de pérdidas de tiempo que ocurren en obra, las cuales fueron evaluadas de acuerdo al siguiente criterio:

Tabla 2.2: Escala de responsabilidades

Escala	Responsabilidad
1	Ninguna
2	Poca
3	Aceptable
4	Bastante
5	Demasiada

Tabla 2.3: Calificaciones asignadas entre especialistas sobre las responsabilidades en las pérdidas de tiempo

Especialista	Media
Mandante	2,6
Arquitecto	2,3
Ingeniero Estructural	2,1
Ingeniero Eléctrico	2,0
Ingeniero Visitador	1,8
Jefe de Oficina Técnica	1,8
Ingeniero de Terreno	1,8
Administrador de Obra	1,7
Prevencionista de Riesgos	1,5
Ingeniero Geólogo	1,4
Capataces	1,4
Geomensor	1,3

Tabla 2.4: Calificaciones asignada a cada actividad responsable de las pérdidas de tiempo

Actividad	Media
Terminaciones	2,7
Arquitectura	2,5
Estructuras	2,3
Climatización (aire acondicionado y calefacción)	2,3
Electricidad	2,3
Urbanización	2,2
Sanitario, Alcantarillado y Aguas Lluvias	2,1
Mecánica (Ascensores y/o escaleras mecánicas)	2,1
Redes de agua	2,0

Mecánica de Suelos	2,0
Gerenciamiento de Proyectos (Coordinadoras)	2,0
Redes de gas	1,9
Detección de extinción de incendios	1,9
Inspección Técnica de Obra	1,7
Iluminación	1,6
Seguridad y control de accesos	1,5
Paisajismo	1,1
Fachadas	1,0

Los resultados presentados nos señalan que más del 75% de las dificultades en obra se producen debido inconsistencia entre los proyectos de cálculo, arquitectura, sanitarios y eléctricos. En cuanto a las responsabilidades o actividades que inciden en la ocurrencia de las pérdidas de tiempo en una obra son compartidas por todos los agentes que interactúan en el desarrollo de un proyecto inmobiliario, destacándose se ocasionan más inconvenientes con Mandante, Arquitectura, Ingeniero Estructural e Ingeniero Eléctrico. Similar situación se presenta con las actividades donde se detectan la mayor cantidad de problemas o pérdidas de tiempo, destacándose terminaciones, desarrollo de arquitectura y estructura asociada a la entrega de detalles.

Los resultados presentados en las tablas anteriores nos denotan que la participación debe ser integral dado que cualquier cambio o modificación de alguna especialidad podría afectar el desarrollo de otra. Si bien existen problemas propios de obra se rescata que pueden ser solucionables en la etapa de diseño, en tanto otros poseen holgura suficiente para ser estudiados con mayor profundidad durante la ejecución del proyecto. Ahora bien, aun cuando la etapa de estudio podría extenderse a la ejecución, no sería aplicable el modelo de continuar con el estudio dado que el negocio de la constructora es descubrir las inconsistencias de proyecto para cobrar adicionales a la Inmobiliaria, por ende, en este caso, es misión de esta última detallar cuanto más el proyecto.

La inversión de tiempo para el desarrollo y profundización del diseño dependerá, en consecuencia de los aspectos contractuales y de las responsabilidades asignadas a las partes involucradas. Se presume que en cualquiera de los escenarios, es fundamental que arquitectura entregue los antecedentes y con tiempo suficiente para que las especialidades evalúen sus proyectos y luego se coordinen antes de comenzar con la ejecución de las actividades.

La Constructora habitualmente posee menos tiempo para estudiar el proyecto, y efectivamente son tantos los problemas que se presentan en obra, que los recursos destinados para el estudio no son los suficientes, aun cuando el proyecto teóricamente puede ser evaluado hasta la etapa de terminaciones, en que según los resultados expuestos, es en esta etapa donde se detectan los mayores problemas, denotando por tanto que no se invierte suficientes recursos para estudiar las interferencias del proyecto. Por este motivo se mantiene la tesis, que el periodo adecuado para efectuar un estudio más acabado es en la etapa de diseño.

Las empresas inmobiliarias generalmente operan con estrategias de negocios que difieren de los requerimientos de obra. Lo típico es que una Inmobiliaria materialice contratos con el contratista a Suma Alzada, porque de esta forma “traspasa” las responsabilidades de ejecución al contratista (Constructora), quien debe evaluar el proyecto y presentar los costos en base a la información proporcionada.

Independiente del tipo de contrato generado entre las partes involucradas, es recomendable contar con la mayor cantidad de información y detalle posible del proyecto, dado que de esta forma se evita la ocurrencia de los problemas presentados. Ahora bien, dado la presura de contar con los planos y empezar pronto un proyecto, muchas veces esta situación no se presenta, donde la

Inmobiliaria solicita a la Constructora evaluar los costos de construcción conforme los antecedentes proporcionados, en tanto la Inmobiliaria asume un riesgo asociado a la falta de información, cuyo costo estaría asociado al ítem imprevistos consignado en una evaluación financiera de proyecto.

Adicional a los requerimientos de planos o especificaciones técnicas bien definidas, el mandante solicita, en el transcurso del proyecto, efectuar modificaciones asociadas sobre todo a las terminaciones, generando en consecuencia consultas y requerimientos de información que deberán ser solucionados durante el desarrollo del proyecto, involucrando de esta forma a la Inspección Técnica de Obra (ITO), la que debe atenerse también a los antecedentes proporcionados y gestionar las modificaciones con la mayor presura posible con el fin de no generar un impacto negativo ante el desarrollo del proyecto. Nace, en consecuencia los primeros cuestionamientos a aclarar: ¿cuándo debiera la ITO comenzar a participar en el proyecto, y si tendría efectos positivos su actuar en la etapa de diseño?, razonablemente pensaríamos que mientras antes mejor, pero a ¿a qué costo? se preguntaría el mandante.

Ordenando la serie de cuestionamientos que se presentarán, es importante dar a conocer algunos, tales como: ¿cuándo es más recomendable iniciar un proyecto inmobiliario?; ¿quiénes debieran definir los proyectos?, ¿en qué momento se recomienda que interactúe la ITO con el mandante y las especialidades?, entre otras interrogantes que serán abordadas más adelante. En cualquiera de los casos siempre se generará una variable de costo, que en el caso de contar con la participación anticipada de la ITO, por ejemplo, deberá incluirse esa variable como costo en la evaluación económica del proyecto.

Teóricamente estamos conscientes de que es preciso contar con mayor holgura de tiempo para evaluar un proyecto inmobiliario, pero lamentablemente tenemos

arraigada en nuestra cultura la frase: “buscar las soluciones conforme se vayan presentando los problemas”, lo que provoca e incide directamente en que se produzcan pérdidas de tiempo en el desarrollo del proyecto, sobre todo en la etapa de construcción.

2.4.1 Escenario de pérdidas de tiempo producidas en otros lugares

Para afirmar lo expuesto anteriormente es preciso evaluar qué sucede en otros lugares que pudieran ser comparables con la realidad de Chile, particularmente se ha encontrado estudios realizados en Brasil que nos muestran cuales son los costos generados en obra producto de la poca inversión de tiempo en la etapa de diseño. Picchi (1993) en su tesis doctoral nos presenta unas estimaciones de las pérdidas económicas detectadas en proyectos de edificación ejecutados en São Paulo, concluyendo que hasta un 30% del costo total de la obra son derivados de pérdidas consideradas como evitables, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 2.5: Estimación de pérdidas en obras de edificación.
Adaptación Pichi, 1993, Sao Paulo, Brasil

Actividad de pérdida	%
Retiro de material excedente	5,0%
Hormigonado adicional	5,0%
Dosificaciones no optimizadas	2,0%
Trabajos rehechos	2,0%
Proyectos no optimizados	6,0%
Pérdidas de tiempo debido problemas de calidad	3,5%
Atrasos	1,5%
Post-venta	5,0%

Si bien se trata de estudios realizados hace más de veinte años atrás y en otro país, podemos tomar como referencia el resultado asociado a proyectos no optimizados, destacado en la tabla 2.5 cuyo valor se asemeja a los obtenidos por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT).

Estudios posteriores realizados en Brasil por Alarcón y Mardones (1998) detectaron en cuatro proyectos ejecutados en São Paulo cuales fueron los principales problemas que se originan en la interface diseño a construcción, llegando a la conclusión que las pérdidas de tiempo que ocurren en obra eran los relativos a la falta de detalles y la incompatibilidad presentada entre los planos de estructuras y arquitectura, ratificándose la tesis de Picchi.

La tabla 2.6 nos muestra que los mayores problemas asociados al diseño estudiados por Alarcón y Mardones, se reflejan en la etapa de construcción. En ella se destaca que se produce un bajo nivel de comunicación entre los proyectistas y poco conocimiento de los procesos constructivos.

Tabla 2.6: Clasificación de la pérdidas de tiempo (Alarcón y Mardones, 1998)

Pérdidas de tiempo detectadas en la etapa de diseño	%
Escaso detalle de los elementos estructurales	13,97
Falta de planos detallados de arquitectura	12,78
Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11,58
Cruce de información incorrecto con estructuras	8,17
Falta de definición de elementos de arquitectura	6,54
Modificaciones en los planos de arquitectura	6,39
Falta de dimensiones de arquitectura	6,24
Falta de identif. y ubicación de los elementos de arq.	5,65
Materiales de terminaciones que requieren muestras	4,75

Problemas con los ejes	4,46
Defectos de diseño en el desagüe	4,16
Cruce de información incorrecto con arquitectura	3,12
Cambios de diseño efectuados por el mandante	3,12
Defectos de diseño eléctrico	2,97
Se entregan tarde los planos de arquitectura	1,93
Defectos en los diseños sanitarios	1,49
Problemas con los equipos eléctricos	0,89
Estructura de los equipos	0,59
Problemas con la provisión de materiales	0,45
Convención de simbologías	0,45
Defectos en los diseños de gas	0,30

Los problemas detectados en la etapa de diseño por Alarcón y Mardones en 1998 son similares a los presentados por Picchi el año 1993. Si bien se trata de estudios realizados en Brasil y otro en Chile, las causales de los inconvenientes suscitados figuran como los mismos. Se presume que los sistemas de gestión no han modificado sus metodologías desde la implementación de los CAD que comenzó en la década de los ochenta y que en Chile tuvo implicancia a partir de los años noventa. Es esperable entonces que los cambios hacia la implementación de una nueva tecnología sea paulatina también, donde actualmente estaríamos en el punto de inflexión para que se produzca el cambio, por ende es necesario que las empresas inmobiliarias consideren el uso de la herramientas BIM si quieren contar ventajas comparativas, que a simples luces no es visible, pero sí cuando analizamos las implicancias que favorecen al desarrollo de un proyecto.

Es importante conocer qué problemas se originan en el desarrollo completo de un proyecto inmobiliario, sin embargo como los costos se concentran en la etapa

de construcción, habitualmente se evalúa cuáles son las posibles mejoras a realizar en esa etapa. Por lo tanto detectar cuáles son los problemas que se originan allí permite establecer qué aplicación metodológica es posible implementar para que el proyecto se vea favorecido.

A continuación se describen los resultados obtenidos por la CDT durante el periodo 2003 y 2011 que nos muestran cuáles son los principales problemas detectados en obras de edificación.

2.4.2 Niveles de productiva en obras de edificación en Chile

Los proyectos inmobiliarios, en términos generales, se desarrollan en dos grandes etapas diseño y construcción, siendo en esta última dónde se reflejan los problemas producto de la anterior, vale decir, diseño.

Las causas que afectan en el desarrollo de un proyecto inmobiliario pueden originarse en cualquier etapa del proyecto, siendo comprobadas habitualmente en la etapa de construcción, por ende en esta etapa sería posible efectuar análisis y establecer cuáles son los orígenes de los problemas.

Según estudios realizados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) organismo perteneciente a la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), se han publicado registros de mediciones realizadas en distintos tipos de proyectos de construcción, pudiendo establecer cuáles son las causales pérdidas de tiempo que impactan negativamente en el desarrollo de un proyecto de construcción. Los antecedentes que se muestran a continuación obedecen a resultados de Informes de Productividad presentados por la CDT los años 2011 y 2013.

A través del Sistema Calibre de la CDT se han efectuados estudios de los niveles de actividad producidos en obra, diferenciando cuatro tipos: actividades que Agregan Valor (AV) o productivas, actividades que No Agregan Valor (NAV) o improductivas, actividades asociada a Detenciones Autorizadas, como por ejemplo, los tiempos en que los trabajadores toman un descanso, desarrollan trabajos de seguridad, se realizan charlas de seguridad, o razones atribuibles a condiciones climáticas que imposibiliten realizar tareas normalmente, y también actividades de Soporte (SO), asociada a tareas necesarias para la ejecución de las labores productivas, como lo son las distribuciones de material.

En relación a los niveles de productividad del Sector Construcción, se registra que sólo un 55% del tiempo total destinado a labores de producción se ocupa en actividades productivas, el 20% del tiempo se pierde y el resto se destina a actividades colaborativas y necesaria para el desarrollo de sus trabajos en terreno.

Tabla 2.7: Niveles de Actividad del Sector Construcción

Niveles de Actividad	%
Agrega Valor	55%
No Agrega Valor	20%
Soporte	20%
Detenciones Autorizadas	5%

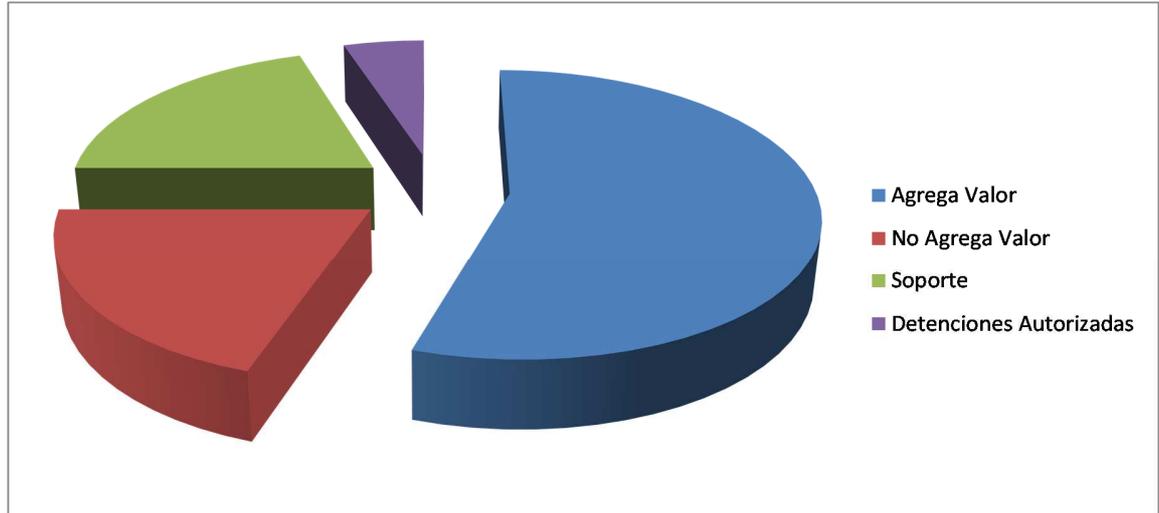


Gráfico 2.4: Niveles de Actividad del Sector Construcción– 2011
Fuente: Informe de Productividad en la Construcción N°1 – CDT

En relación al tipo de proyecto se han registrados los siguientes resultados de los niveles de actividad:

Tabla 2.8: Niveles de Actividad por Tipos de Proyectos - 2013

Niveles de Actividad por Subsector Acumulado	No Agrega Valor (NAV)	Agrega Valor (AV)	Soporte (SO)	Detención Autorizada (DA)
Edificación en Altura (OOGG y TT)	18%	62%	19%	1%
Edificación en Extensión	24%	53%	22%	1%
Obras Especiales (Clínicas, Hospitales, Mall)	19%	59%	20%	2%
Minería	14%	47%	8%	31%
Montaje Pesado	27%	41%	30%	3%

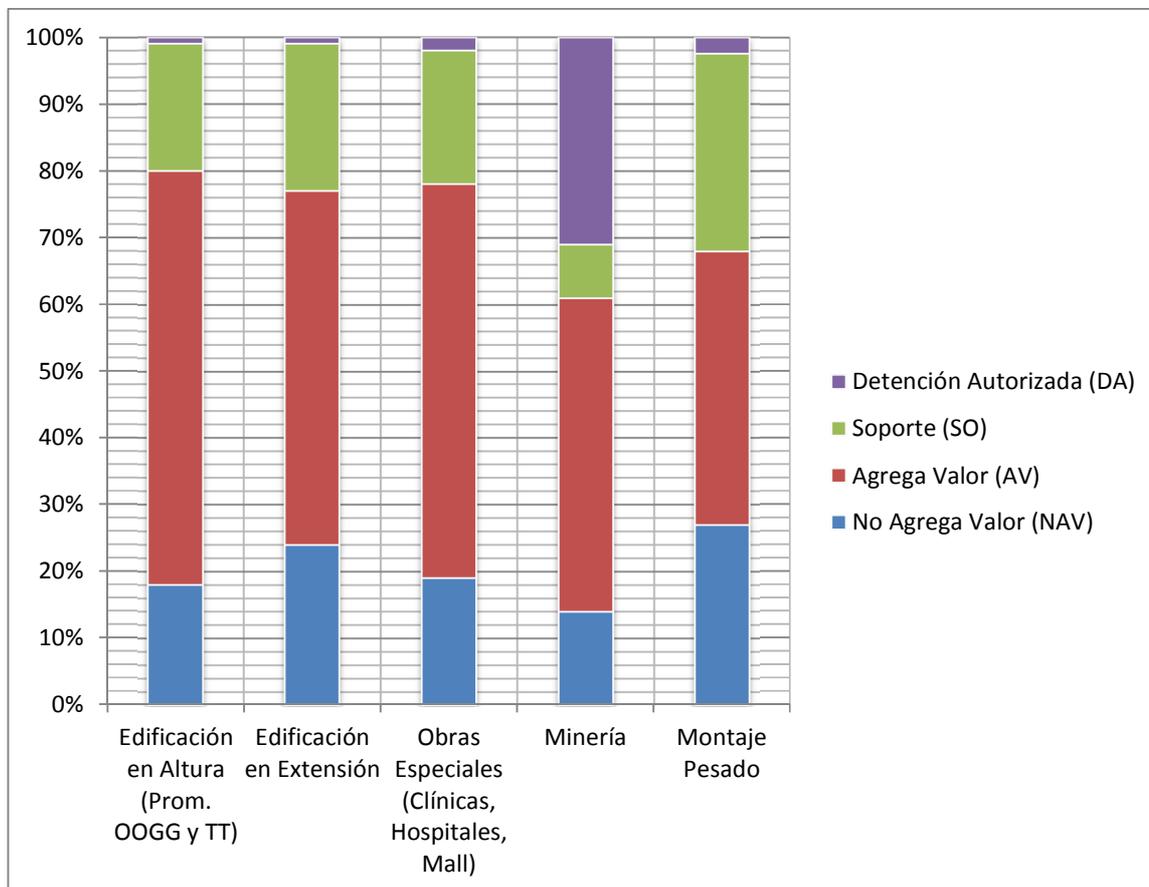


Gráfico 2.5: Niveles de actividad por tipo de proyectos– 2013

Fuente: Informe Análisis de Productividad en Obras de Edificación en Chile, Página 14 – CDT

En general se aprecian elevados porcentajes de pérdidas de tiempo en los procesos constructivos, independiente del tipo de proyecto, siendo las principales causales identificadas las siguientes:

Tabla 2.9: Origen de las causas de pérdidas globales

Causales de Pérdidas de Tiempo	%
Planificación y Coordinación	36%
Metodologías de Trabajo	21%
Supervisión	17%
Otros	15%
Abastecimiento de Materiales	11%

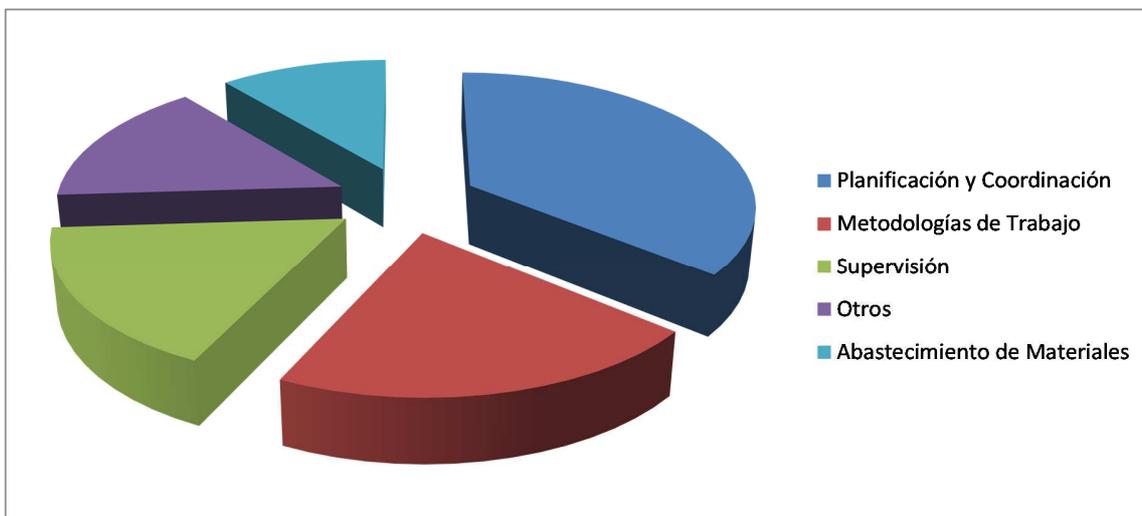


Gráfico 2.6: Origen de las causas de pérdidas globales - 2011
Fuente: Informe de Productividad en la Construcción N°1 – CDT

Tabla 2.10: Principales causas globales de pérdidas de tiempo

Causas de pérdidas de tiempo	%
Esperas por Método	18,80%
Distribución Sin Razón Aparente	15,40%
Abastecimiento Interno de Materiales	11,50%
Falta de Cancha	10,20%
Ausente de Zona de Trabajo	6,30%
Falta Asignación de Tareas	5,20%
Trabajo Rehecho	5,10%
Cambo de Frente de Trabajo	5,00%

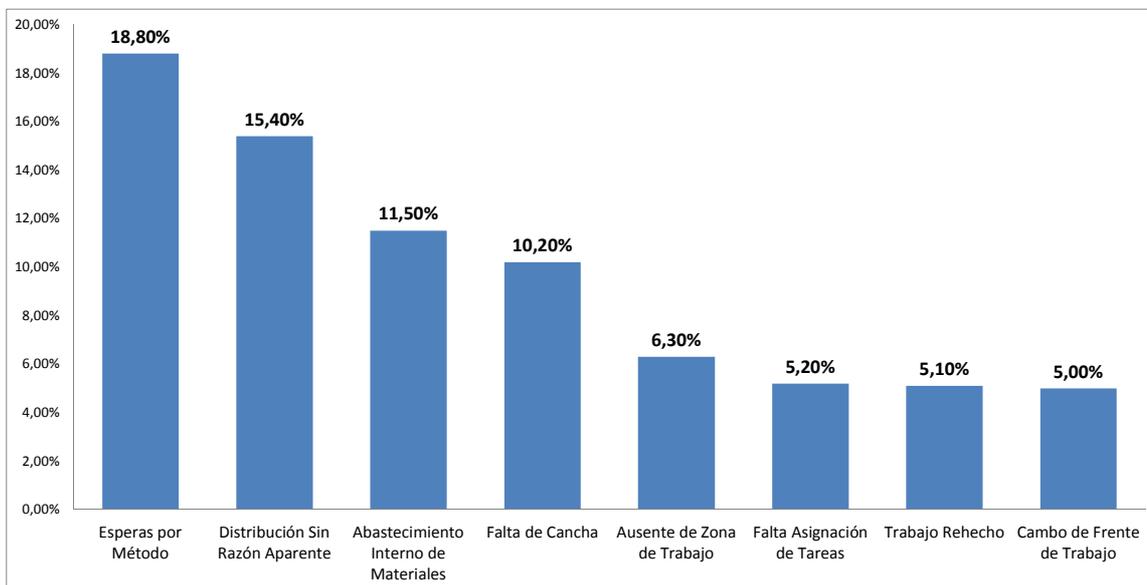


Gráfico 2.7: Principales causas globales de pérdidas de tiempo– 2011
Fuente: Informe de Productividad en la Construcción N°1 – CDT

Con respecto al origen de los problemas que se presentan particularmente en la Edificación en Altura, se tiene:

Tabla 2.11: Causales de pérdidas de tiempo Edificación en Altura - 2013

Causas de Pérdidas de Tiempo Edificación en Altura	%
Coordinación	36%
Supervisión	25%
Metodología de Trabajo	23%
Abastecimiento de Materiales	11%
Otros	5%

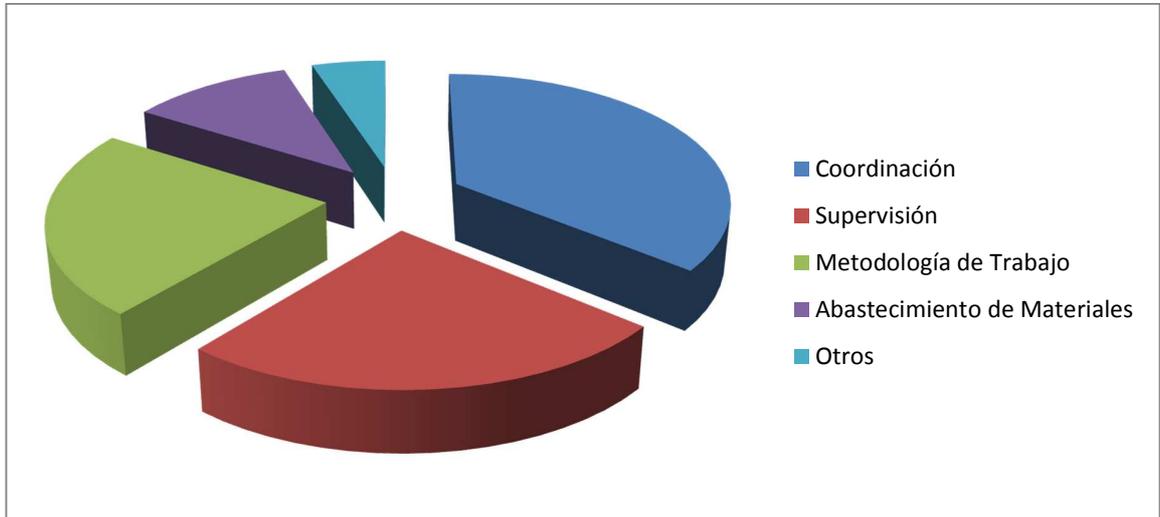


Gráfico 2.8: Causales de pérdidas de tiempo Edificación en Altura – 2013
Fuente: Informe Análisis de Productividad en Obras de Edificación en Chile, Página 15 – CDT

En relación a las pérdidas de tiempo que ocurren en obras, se concluye que el origen se debe principalmente a problemas derivados de planificación, coordinación y metodologías de trabajo poco claras, las que sumadas inciden en un 57% del total de las pérdidas de tiempo que se produce en obra (ver tabla 2.9).

Si bien se trata de porcentajes resultantes de actividades que se desarrollan en obra, se presume que es posible extrapolar estos índices a tiempos perdidos por la falta de coordinación de proyectos. En los informes del año 2011 como 2013 presentados por la CDT muestran que un 36% de los problemas se debe a la Coordinación y/o Planificación de proyectos, en que si lo asociamos al 18% del total de las pérdidas de tiempo o actividades improductivas ocasionados en las Edificaciones en Altura (ver tabla 2.8), entonces implicaría que un 6,5% del costo de construcción que es posible mejorar.

Los resultados mostrados por la CDT nos acerca a los presentados por Picchi (1993), por ende es posible establecer, en términos conservadores, que el 6% de

los costos de construcción pueden ser optimizados mejorando el estudio de un proyecto inmobiliario en la etapa de diseño.

2.5 Resultados estadísticos sobre la implementación del BIM

A continuación se presentan dos resultados estadísticos recientes obtenidos por la Facultad de Arquitectura de la Universidade Federal de Bahía (UFBA) en Brasil, que muestra una encuesta parcial desarrollada por dicha institución, mediante un cuestionario distribuido a los participantes del evento TIC 2011, y una encuesta realizada por la Universidad de Chile que contó con la colaboración de la Cámara Chilena de la Construcción, el Colegio de Arquitectos, el Colegio de Ingenieros, la Corporación de Desarrollo Tecnológico y grupo Arquitectura Caliente. Cabe destacar que ambos resultados fueron publicados el año 2013.

2.5.1 Estudio UFBA – Evento TIC (Brasil)

Para conocer cuál es universo del uso de la herramienta BIM, se consultó si utilizan algún tipo de programa asociado, obteniendo que el 23% de los participantes no respondiera, el 29% menciona que trabaja habitualmente con BIM y el 48% no lo ocupa (ver gráfico 2.9). En relación a este resultado se presume que era esperable contar con un mayor porcentaje de personas que si ocupan la herramienta BIM debido que se trata de un evento en el cual participan profesionales, estudiantes, etc, interesados en seguir profundizando sobre este tipo de tecnología, sin embargo esto demuestra que existe un interés importante por conocer las herramientas con el fin de visualizar las perspectivas de su implementación.

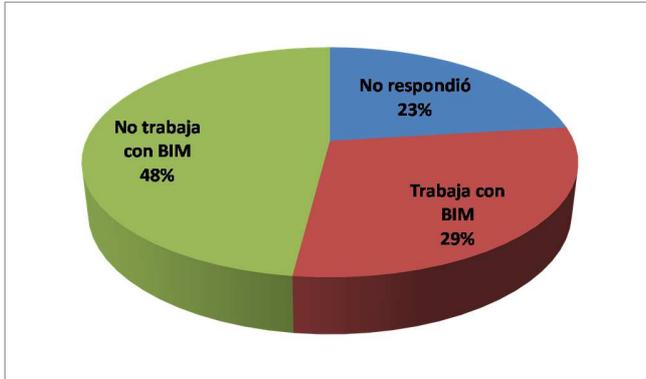


Gráfico 2.9: % de utilización del BIM.

Fuente: Documento “Uma Visão da Difusão e Apropriação do Paradigma BIM no Brasil - TIC 2011”, Página 23

En cuanto a los softwares que habitualmente ocupan en sus quehaceres diarios se diferenciaron una serie de herramientas, de las cuales no todas están asociadas al diseño, esto nos permite tener una aproximación de cuáles son las herramientas que habitualmente ocupan en sus quehaceres diarios, visualizando una variedad importante en que necesariamente no son propias del diseño, como por ejemplo *MSProject*, pero que si se trata de programas requeridos para la planificación o gerenciamientos de proyecto.

Tabla 2.12: Principales herramientas tecnológicas utilizadas para el desarrollo de proyectos

Herramienta usadas	%
Autodesk Revit	28,0%
AutoCAD	25,8%
SketchUP	7,5%
MsProject	6,5%
Microsoft Office	5,9%
ArchiCAD	5,4%
3D Max e Navisworks	3,2%
Rhinoceros	2,7%
RM CORPORE e Solibri	2,2%

ArcGIS, Ecotect e Volare	1,6%
Otras	11,2%

En relación a los problemas o causales que generan mayores inconvenientes para la implementación de las herramientas BIM se desprenden los siguientes:

Tabla 2.13: Principales dificultades de trabajar con BIM

Dificultades en trabajar con BIM	%
Integración con el equipo de trabajo	16,1%
Resistencia del equipo en cambiar la metodología de trabajo	13,6%
Necesidad de formación de mano de obra especializada	12,0%
Tiempo necesario para la implementación de la tecnología en la empresa	11,2%
Poca compatibilidad con las herramientas hasta ahora utilizadas	10,8%
Costo elevado para la adopción de las herramientas	10,0%
Complejidad de la tecnología	9,2%
Dificultad para el aprendizaje de las herramientas	8,6%
Poco material para el aprendizaje: manuales, libros y bibliografía sobre el tema	8,5%

Se registró que sobre el 30% de las dificultades se debe a la resistencia de los equipos de trabajo en cambiar las metodologías, lo que eventualmente generaría problemas de integración por no contar con personal calificado, por otro lado, se observa que eventualmente no existirían inconvenientes para aprender a ocupar las herramientas.

Hay una gran resistencia a los cambios de métodos de trabajo establecidos, en tanto el paradigma BIM exige un cambio importante y la reestructuración de estos métodos. Además del costo y la complejidad de la tecnología, el factor humano se impone sobre la implementación, por lo que es la adopción lo más difícil y complejo (Souza et al., 2009).

En relación a los papeles que debe desempeñar cada uno de los agentes que intervienen en el proceso de aprendizaje, se espera:

- Universidades desempeñen un papel en relación con la enseñanza y la investigación en BIM.
- Los proveedores trabajen en el desarrollo de las bibliotecas de los componentes ocupados en el mercado nacional de la construcción.

La gran mayoría de los participantes prefiere por tanto una herramienta BIM que permita realizar el modelado de forma flexible donde se garantice la integridad.

2.5.2 Encuesta Nacional BIM (Chile)

En cuanto a la experiencia en Chile se muestran algunos resultados obtenidos por una encuesta realizada por la Universidad de Chile a nivel nacional, cuyo objetivo es conocer el estado del uso de las tecnologías BIM, destacando los siguientes resultados:

Tabla 2.14: % de herramientas usadas regularmente

Herramientas usadas	%
Autodesk Revit	46%
Autodesk Navisworks	24%
Graphisoft ArchiCAD	19%
Tekla Structures	3%
Bentley Architecture	2%
Otro	7%

Al igual que en Brasil, el software Autodesk Revit es la más empleada por los usuarios de BIM. Cabe considerar que en esta encuesta sólo se precisa las herramientas BIM, vale decir sin considerar otros programas que también se ocupan para la etapa de diseño.

Tabla 2.15: % de uso del BIM en función de tipos de proyectos

Tipos de proyectos	%
Oficinas	18%
Residencial en Altura	15%
Menores de 250m2 (pilotos)	15%
Comerciales y Retail	14%
Industriales	12%
Hospitalarios y Salud	11%
Residencial en extensión	8%
Otros	8%

En relación al uso de BIM se destaca que lo ocupan de forma más habitual en proyectos de oficinas y residenciales en altura, seguidos de proyectos pilotos o retail, denotando que la curva de implementación tiende al uso masivo, vale decir más que en proyectos de mayor complejidad, como los hospitales, por ejemplo.

Tabla 2.16: % de uso del BIM en función de sus aplicaciones

Aplicaciones del BIM de usuarios iniciales	%
Visualización durante el diseño	23%
Elaboración de planos generales	21%
Renders o imágenes fotorealistas	16%
Elaboración de planos de detalles	13%
Coordinación de estructuras	10%
Coordinación de instalaciones	8%
Cubicaciones y presupuestos	5%
Programación de Obra	2%
Gestión o Inspección de obras	1%

Las aplicaciones del BIM son diversas, siendo algunas empleadas más que otras, por las bondades directas que presta la herramienta, destacándose la visualización del diseño, elaboración de planos generales, y renders, vale decir, información necesaria para efectuar una evaluación inicial de un proyecto inmobiliario.

Tabla 2.17: Participantes que más se benefician de la implementación del BIM

Participantes que se benefician al usar BIM	%
Constructora	23%
Mandante	12%
Arquitectura	17%
Cálculo	11%
Especialista clima	7%
Especialista Instalaciones	7%
ITOs	8%
Clientes	5%

Cabe destacar que la percepción de los usuarios de BIM es que la implementación favorece en primera instancia a la Constructora, pero también directamente al Mandante y Arquitectura, mostrando que persiste un estrecho lazo entre estos tres agentes que comparten la información de un mismo proyecto, por ende utilizar las herramientas BIM no tan sólo beneficia a cada parte sino a todos los involucrados en el proceso.

Del universo de usuarios sobre el 60% está de acuerdo que los mandantes aún no están dispuestos a pagar por la implementación del BIM, en tanto los no usuarios mencionan que no ocupan el BIM por los siguientes motivos principales:

Tabla 2.18: Principales razones por las cuales no se ocupa BIM

No usuarios: razones para no usar BIM	%
No tenemos personal capacitado	16%
Las licencias son muy caras	15%
Nuestros clientes no lo pagan	13%
Con quienes trabajamos no lo utilizan	12%
No hemos podido evaluarlo	11%
No hay suficiente demanda	11%
Se requiere mucha inversión	10%
La industria chilena no está preparada	5%
Nuestras herramientas son suficientes	5%
No es necesario para nuestro trabajo	4%

Varios motivos planteados por los encuestados se asemejan a los estudios realizados en Brasil, a modo de ejemplo podemos citar los costos de implementación, resistencia al cambio, dificultad para el aprendizaje, es decir variables que nos motivan a pensar que los inversionistas y quienes desarrollan los proyectos no se esforzarán a realizar cambios que modifican sus actuales metodologías de gestión o técnicas para diseñar.

Se destaca que uno de los propósitos de esta tesis es mostrar que el BIM satisface los requerimientos del mandante y que los costos y demás motivos por los cuales se fundan para no efectuar los cambios se traducirá a corto plazo en una desventaja comparativa frente a empresas que sí están destinando recursos suficientes para que se produzca la migración hacia una nueva tecnología sin alterar el desarrollo de sus proyectos.

Aun cuando la migración se torne compleja para algunos, las cifras presentadas en esta encuesta nos muestra que la tendencia es que a mediano plazo, el BIM reemplazará totalmente al CAD por ende es preciso contar con metodologías y planes de trabajo que satisfagan la necesidad de cada empresa, y particularmente cada tipo de proyecto.

2.6 El cambio del CAD al BIM

Si bien las cifras presentadas nos muestran que la tendencia es al cambio, es necesario tener presente una serie de aspectos a vencer para que una empresa inmobiliaria tome la decisión de migrar hacia el BIM, de manera que no se produzcan dificultades imprevistas que hagan peligrar el proceso.

Análogo a la implementación del CAD, cuando se comenzó a trabajar con ellas se requirió variar las formas de pensar, siendo un aspecto difícil de resolver. Lo

más complejo es, sin duda, acostumbrarse a diseñar con una herramienta que no es capaz de expresar ningún elemento sin haberlo definido previamente, aunque sea en otro proyecto. Abandonar el mundo de la representación física a digital, considerada ambigua en ese entonces, para desarrollar el proyecto arquitectónico fue un cambio cultural importante. De igual manera sucede con la aplicación del BIM donde no tiene mucho sentido trabajar el proyecto si sólo se ocupará como una plataforma visual para describirlo, en que la parametrización marca una importante diferencia. En la experiencia, todos estos cambios cuestan más de explicar que de poner en práctica y, superadas las dificultades iniciales, los usuarios pronto saben apreciar sus ventajas siempre y cuando sea posible transmitir adecuadamente las ventajas de la implementación.

2.6.1 Gestionar las expectativas

Frente a un cambio, hay que tener claro lo que aportará a los que se beneficiarán y saberlo transmitir para no crear falsas expectativas. Si nos dejamos guiar por lo que promulgan los distribuidores de software y los teóricos del tema, nos podemos hacer una idea errónea de las posibilidades reales de las aplicaciones y la diversidad de las herramientas BIM.

Lo más importante no es saber si se puede hacer algo, sino cómo lograrlo. Por esta razón, es muy importante que el responsable de liderar una migración tecnológica conozca muy bien las posibilidades de las herramientas que propone y tenga una idea clara de hasta dónde quiere llegar con ellas. Esta información debe ser puesta en conocimiento a los inversionistas inmobiliarios, que son los únicos que pueden dar pie para que el gestor asigne las responsabilidades y conduzca al resto del equipo hacia el cambio.

Por tanto, es de suma importancia conseguir gestionar eficazmente las expectativas de los usuarios y no dar la falsa imagen de que todo será mucho más fácil y mejor durante y después de la migración. En este aspecto, hay una serie de actitudes muy comunes en los usuarios que hay que afrontar adecuadamente. La primera es la voluntad de conseguir los mismos productos a pesar de haber cambiado de tecnología, se debe hacer entender que con una herramienta diferente es posible conseguir un producto mejor que ofrecerá nuevas prestaciones pero que quizás deberá dejar algunas en el camino.

Se pueden invertir muchos esfuerzos y días de trabajo intentando conseguir representar un proyecto y admitir que es posible obtener fácilmente los modelos, lo cual muchas veces no lo es, sobre todo cuando se parte con una implementación. Por otro lado, se debe estimular a los usuarios de aprovechar las posibilidades con las que antes no contaban para que el balance final sea siempre positivo en todos los campos.

En el desarrollo del modelado tridimensional se debe tener en consideración que han de producirse incompatibilidades dado que existirán aplicaciones que no podrán representar lo que se proyecta, sin embargo afortunadamente el abanico formal de las actuales aplicaciones BIM es suficientemente amplio para cubrir la mayoría de las necesidades, y aun cuando se produzcan eventos donde el modelo no pueda ser resuelto conforme lo esperado, entonces habrá que recurrir a otra herramienta o forma de transmitir la información de manera que no se produzcan vacíos.

Los BIM también ofrecen interoperabilidad por lo que pueden conectarse a otra herramienta y efectuar una transferencia fluida de la información, rescatando en lo posible, la mayor cantidad de datos posible. Para complementar la información,

en ocasiones se generan bases de datos que sirven para diversos análisis posteriores.

Finalmente, hay que dejar claro a todos los implicados, desde los inversionistas hasta el modelador, que no se puede conseguir nada sin una previa formación y una preparación adecuada del soporte tecnológico, por lo que es preciso considerar estos aspectos antes de tomar la decisión, vale decir si efectivamente se optará por la implementación, o si bien no serán capaces de efectuar el cambio esperado.

2.6.2 Limitaciones en el modelado de la información

Como cualquier herramienta de modelado, las aplicaciones BIM tienen algunas limitaciones que pueden dificultar el establecimiento preciso de las características de un objeto determinado. Entre ellas, las que pueden preocupar inicialmente a los arquitectos que empiecen a utilizarlas, son las de tipo formal. Naturalmente, las herramientas CAD también tienen dificultades en este aspecto, sobre todo en el campo de la representación tridimensional, donde AutoCAD es bastante incompetente en este campo.

Independiente del software escogido, la decisión de la utilización de una u otra herramienta pasará por las capacidades y bondades que preste, donde lo más conveniente sería adaptar el diseño a las posibilidades de la herramienta. De hecho, es lo que ocurre con el diseño industrial, vale decir, llega hasta donde las herramientas permiten su control. Con la tecnología BIM es posible ampliar los horizontes del control real del proyecto.

2.6.3 Limitaciones en las capacidades de visualización

Para una aplicación BIM, la visualización del modelo es un medio de comunicación y no un fin en sí mismo. Las posibilidades generales de representación de las ideas de proyecto de las aplicaciones BIM son mucho más elevadas que las que pueden ofrecer la mayoría de herramientas CAD literal, pero naturalmente, no ocurre lo mismo con las posibilidades de visualización, pues son discretas en las primeras y casi infinitas en las segundas.

Con una herramienta paramétrica se representará siempre algo que tenga relación directa con el modelo, lo que no ocurre con una herramienta literal. Este rigor es una de sus principales virtudes, ya que no tiene nada bueno, siendo habitual primero representarla y después intentar construir algo que no se ha podido simular antes. En cambio, debido que el modelo es también paramétrico, en alguna ocasión el usuario deberá conformarse con los criterios establecidos por la aplicación.

En realidad, esto no debería preocuparse ya que el diseño del edificio puede realizarse independiente, pero al principio puede resultar difícil de aceptar por motivos culturales. También se debe tener en cuenta que el criterio que debe seguirse es el de utilizar las visualizaciones adecuadas para explicar el edificio, que pueden ser muchas, y no limitarse a unas pocas muy trabajadas, ya que esta es la manera de trabajar del CAD, pero no la del BIM. Hay que recordar que lo más importante es la información que se tiene y cómo está almacenada.

Algunos fabricantes casi aconsejan la exportación de las vistas a un programa de modelado literal para retocarlas durante el proceso de adaptación a la nueva tecnología, pero personalmente opino que es bastante contraproducente porque baja aún más la productividad de los primeros meses de implantación y ralentiza el proceso de migración. Se trata de un argumento principalmente comercial que

prueba despejar las reticencias de los usuarios potenciales, pero no hace más que entorpecer la plena asunción de los principios del BIM por parte de los usuarios.

2.6.4 Necesidad de formación

La mayoría de los arquitectos están acostumbrados a utilizar sus herramientas a partir de una formación autodidacta e insuficiente. Sin embargo, no son conscientes de la infrautilización de sus herramientas de CAD y del dinero que les hacen perder. Cuando se emplea una herramienta más sofisticada, la formación es indispensable, opción que por un lado consumirá recursos, pero por otro, resultará tremendamente beneficiosa, tanto del punto de vista laboral como personal.

2.6.5 Expansión hacia otras disciplinas

Ahora que el campo del diseño parece bastante cubierto, el objetivo común de todas las aplicaciones BIM es sobrepasar el mundo del diseño arquitectónico para cubrir otras disciplinas, conformando plataformas formadas por bases de datos heterogéneas que integren toda la información del edificio, sea formal, estructural, tecnológica o funcional para que pueda ser diseñada, auditada o estudiada por todo tipo de profesionales.

En cuanto a sus prestaciones de diseño paramétrico, lo que actualmente ofrecen es suficiente, pero podrían avanzar mucho en este aspecto dado el actual contexto del modelado paramétrico en general. Por ello, no se debe pensar que el diseño arquitectónico dejará de desarrollarse en un entorno multi-CAD, al contrario, lo que deberá mejorar es la capacidad de las aplicaciones BIM de integrar datos generados con software específicos, por ejemplo los elementos

formalmente muy complejos o procedentes de otras disciplinas deberán ser modelados con aplicaciones más avanzadas para después incorporarlas al modelo BIM de modo que participe de manera coherente con el resto de los componentes. Por otra parte, se avanzará en la integración de bases de datos, de tal manera que la gestión de recursos como los stocks de materiales pueda visualizarse en modelos tridimensionales.

Las aplicaciones BIM han de ser un apoyo multidisciplinar que sea capaz de coordinar datos e intereses de muy distinta naturaleza, con el fin de dar respuesta a lo que deberá cumplir el edificio construido. A medida que vaya pasando el tiempo se incorporarán otros requisitos de modelado y análisis de la información que se ajustarán a los requerimientos particulares de los diferentes implicados en la promoción, diseño, construcción y explotación del edificio, siguiendo de esta forma con la evolución del uso de la tecnología BIM, la cual ha comenzado por los profesionales del diseño arquitectónico y que probablemente terminará en los contratistas y los usuarios, pasando por los industriales.

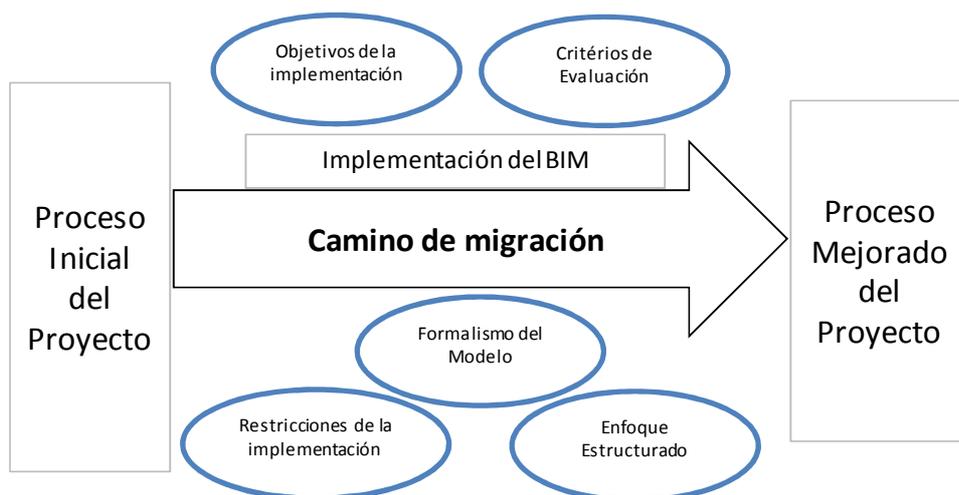


Figura 2.1: Camino de migración para la mejora del proceso metodológico
Fuente: Elaboración propia

Todo nos hace pensar que las empresas inmobiliarias en Chile también tiendan a migrar hacia la implementación del BIM, por lo que los sistemas tradicionales de gestión de un proyecto inmobiliario deben considerar la incorporación de esta tecnología, mediante una metodología que se ajuste a la organización de la empresa y en consecuencia al desarrollo del proyecto.

2.7 Ventajas del uso del BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales

Los proyectos inmobiliarios habitacionales, en relación a otra tipología, como la hospitalaria, por ejemplo, en teoría no requiere de mayor profundización presumiendo que existen actividades que en ocasiones se repiten entre un proyecto y otro, por ende existe un mayor nivel de aprendizaje de los procesos en obra, sin embargo eso no quiere decir que los problemas se eliminen, por ende es preciso de igual manera contar con los antecedentes suficientes previo etapa de ejecución.

La implementación de la tecnología BIM ofrece ventajas que han sido estudiadas largamente por otros autores y especialistas, destacando a continuación las principales:

1. Diseño interactivo: es posible visualizar el modelo en 3D y simularlo también en 4D, lo que facilita la interpretación del proyecto.
2. Diseño colaborativo: es posible lograr que todos los integrantes del proyecto participen y colaboren activamente en el desarrollo del proyecto, en sus distintas etapas (Diseño – Ejecución).
3. Detección automatizada de interferencias: es posible detectar interferencias entre los mismos proyectos arquitectónicos, así como cálculo o especialidades.
4. Obtención de información y documentación coordinada: es posible obtener información a partir del modelo y definir, por ejemplo, las terminaciones

del proyecto. En definitiva es posible materializar especificaciones técnicas más detalladas.

5. Posibilidades de análisis de la información recopilada: si eventualmente se produjeran cambios o eventos no esperables, es posible reevaluar el proyecto sin mayores inconvenientes de tiempo.
6. Aumento en la productividad: este índice se produce a partir de la entrega de información y mayores detalles de diseño, generando menos requerimientos de información en obra.

Lograr que se cumplan las ventajas requiere de un esfuerzo importante para la inmobiliaria, dado que es preciso invertir recurso y también tiempo para efectuar cambios metodológicos. La migración hacia una nueva metodología implica modificar la forma de ver un proyecto, donde los integrantes del proceso deben adquirir nuevos conocimientos.

La tecnología BIM tiene un potencial que puede ser explotado siempre y cuando se cuente con el apoyo del inversionista, el gestor en tanto debe materializar una metodología que no repercuta en la planificación del proyecto, donde los plazos estimados para su desarrollo deben mantenerse, con o sin la implementación de esta tecnología.

2.8 Perspectiva del uso del BIM en Chile

En 2008 la entidad Estado Unidense National Institute of Standards and Technology (NIST) presentó resultados de cinco proyectos desarrollados con plataforma BIM desde sus inicios, concluyendo que obtuvieron avances significativos en la eficiencia de sus proyectos, mejorando la calidad, la precisión, la economía y la sustentabilidad. Como recomendación para los siguientes años sugiere lo siguiente:

1. Difundir el desarrollo y el uso de tecnología BIM es fundamentalmente un concepto que implica el modelado de la información del edificio, la creación de un modelo digital que integra todas las disciplinas que abarca el ciclo vida de la construcción. El modelado 3D y la interoperabilidad son características esenciales que otorgan soporte a este concepto (Santos 2009).
2. Aumentar la eficiencia del lugar de trabajo promoviendo mejores y efectivas interfaces entre el personal, los procesos y materiales, los equipamientos y las informaciones. Se observa que el tema de la prevención, gerenciamiento y solución de los conflictos está inserto en este contexto.
3. Difundir el uso de la prefabricación, pre-montaje, modulaciones, procesos y técnicas de fabricación que se ejecuten fuera de la obra.
4. Buscar innovaciones, difusión del uso de instalaciones modelo.
5. Realizar mediciones efectivas de desempeño para dirigir la eficiencia y sustentar la innovación.

Los autores, en general, divergen en relación a la productividad de la construcción, algunos estudios inclusive mencionan que ha declinado, sin embargo existe consenso sobre los potenciales del uso.

La aceptación de este tipo de tecnologías en otros sectores permite adivinar algunos de los posibles beneficios para la construcción, pero no por sí misma constituir una prueba de que la tecnología tenga un impacto positivo en el sector.

Algunos de los resultados presentados indican aumentos de la productividad como resultado directo del uso del BIM, pero se cree que los mayores beneficios derivan de una implementación de esta tecnología en todo el proceso constructivo.

A pesar de las aparentes ventajas que ofrece el uso de tecnología es importante presentar a los inversionistas y/o gestores de proyectos los beneficios que no

alteren el desarrollo de los procesos necesarios para obtener el producto. En este contexto, un sistema que automáticamente detecte los problemas y permita entregar resultados para la toma de decisiones sería argumento suficiente para aumentar el interés en la aplicación de nuevas metodologías en la evaluación de un proyecto.

En relación a la literatura se ha recopilado los siguientes comentarios destacables:

1. Kymmel (2004), la eficacia de los modelos BIM parametrizados pueden promover la convergencia entre la representación y el proceso de producción. Esta declaración establece una expectativa que ya existía en la industria “tradicional”, la que recién se incorpora a la arquitectura y la construcción.
2. Mitchell (2005), es precisamente la combinación entre modelos inteligentes, visualización realística del flujo informacional los que configuran el punto de inflexión de la representación. En sus palabras: “El cambio que sugiero es un resultado directo de las nuevas condiciones creadas por la revolución digital. Edificios ya fueron materializados por medio de diseños, pero ahora, cada vez más son realizados desde las informaciones digitales – concebido con la ayuda de sistemas CAD, fabricado por medio de máquinas controladas digitalmente que se ubican en un local con el auxilio de la distribución digital y dispositivos de posicionamiento, y generalmente inseparables de los flujos de información de las redes computacionales globales. Muchos arquitectos han explorado la tecnología digital simplemente para reducir el tiempo y el costo de producción de edificios de manera convencional modernista, así como los arquitectos de la primera revolución industrial se sumaron a la producción en masa para proliferar económicamente las artesanías creadas por los artistas. Sin embargo, otros han reconocido que la revolución digital abrió

nuevos dominios de manera arquitectónica para la exploración, y ellos aprovecharon la oportunidad para producir proyectos que rompen las reglas antiguas”.

3. Kymmel (2008) menciona que los modelos BIM incluyen informaciones temporales que permiten la programación de compras, información sobre costos, aspectos contables, etc., en resumen, casi todo tipo de información pertinente al objeto arquitectónico puede ser ligado al modelo BIM.
4. Eastman (2008) señala que la automatización del proceso de certificación, en base a las representaciones de modelo estándar de un producto inmobiliario, se ve como un objetivo a ser alcanzado por el sector de la construcción desde el año 2020.

Los comentarios nos muestran distintas visiones sobre los potenciales que brinda la utilización del BIM, donde lo más rescatable es la capacidad que tiene de entregar información útil para el estudio del proyecto. Es habitual que arquitectura, cálculo y las especialidades ocupen la herramienta para generar información que la podemos definir como fragmentada, vale decir que se desconecta de otras que también constituyen el proyecto.

Los modelos BIM parametrizados incorporan información sobre el proyecto de una determina manera, pudiendo transformar una imagen tridimensional a una potencial incorporación de la variable tiempo. La información más básica que entregan los modelos BIM paramétricos son los relacionados con los parámetros físicos, como tamaño, ubicación y cantidad, siendo posible incorporar variables tales como, especificaciones de materiales, proveedores, etc.

Con todo lo anterior, es posible resumir que los modelos paramétricos colaboran con el desarrollo de nuevas ideas, procurando nuevas formas y diseños que favorecen al arquitecto. Ahora bien, en un proyecto inmobiliario, no sólo actúa el arquitecto, sino también otros profesionales que deben reconocer la idea y el

proyecto con el objeto de llevarlo a cabo con los materiales y métodos constructivos adecuados. Los modelos BIM contribuyen en la generación de nuevas formas y diseños complejos de materializar, pero esto es un tema que se viene resolviendo desde tiempos remotos, donde la creación, en ocasiones supera la racionalidad de la construcción con elevados costos, es así como podemos citar a obras de Gaudi, Frai Otto o el actual Calatrava. Bajo el criterio del diseño, el BIM facilita la creación de figuras complejas que pueden ser parametrizadas y evaluadas con mayor detalle, lo que facilitaría la estimación de los plazos y costos reales del proyecto.

En definitiva no sólo se espera que el BIM colabore en el diseño o evaluación técnico-económica del proyecto, sino que durante su desarrollo sea posible controlar todos los aspectos o actividades condicionantes para que el proyecto termine conforme lo planificado.

Para terminar se destaca que la curva de implementación se incrementa rápidamente, estimándose que en el transcurso de veinte años todos los agentes que intervienen en un proyecto inmobiliario migraría al uso del BIM, similar a lo que sucedió con la implementación del CAD.

Algunos países prevén que la migración total se producirá el 2020, sin embargo para el caso de Chile, considerando que algunas que la implementación empezó más fuertemente el año 2009 (Artículo Revista BIT Septiembre 2013 Los avances del BIM en Chile), entonces se espera que al 2029 todas la empresas del sector inmobiliario estén aplicando las herramientas BIM para el desarrollo de sus proyectos.

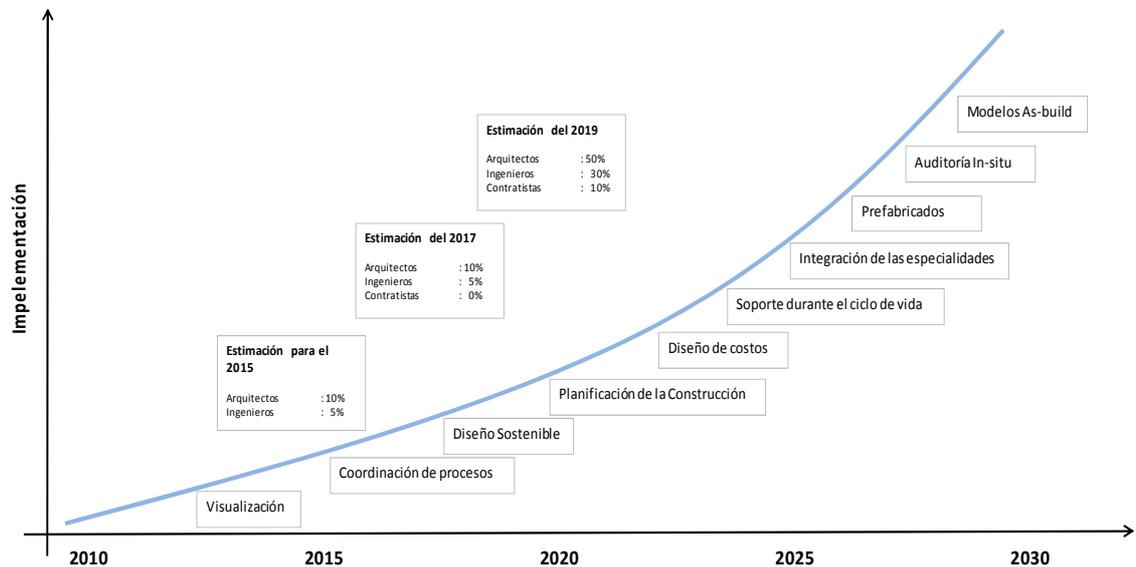


Figura 2.2: Previsión de la evolución de la implementación de la Tecnología BIM
 Fuente: Adaptación Tesis Eloi Coloma (2012), página 225

Está demostrado el potencial que ofrece BIM en términos técnicos y productivos, pero no en términos de una implementación exitosa, la decisión de implementar esta tecnología no es consensual. Los beneficios del BIM son a gran escala e implica cambios significativos en términos de procesos de trabajo, que traen consigo una disminución natural de la productividad en la fase inicial de implementación. Aplicar la tecnología BIM en las empresas es más bien una decisión empresarial más que técnica (Smith y Tardif 2009).

Es común que la mayoría de las personas sospechen cuando algo suena demasiado bueno para que sea verdad, por lo que es entendible que se produzcan susceptibilidades para la implementación del BIM.

2.9 La transición en cuanto a tiempo del CAD al BIM

Todavía es cierto que en el periodo de transición hay una disminución en la productividad alrededor de 25 a 50%. Sin embargo, estas pérdidas se compensan rápidamente por las ganancias en la productividad resultante de la utilización de BIM. En la mayoría de los casos, se tarda de 3 a 4 meses para lograr los mismos niveles de productividad alcanzados con la implementación anterior y, posteriormente, la productividad sufre un aumento marcado hasta que se alcanza un estado de equilibrio. Aunque los niveles de productividad varían con el tamaño y tipo de empresa, la verdad es que un aumento de la productividad frecuente es aproximadamente un 50%, y en algunos casos este valor se puede extender a cerca de 100%. Según estudios realizados por la empresa de arquitectura estadounidense (*Loft & Barber Architects*), en el que se compara el número de horas dedicadas en las distintas fases de dos proyectos muy similares utilizando tanto la aplicación CAD como BIM, respectivamente, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 2.18: Comparación entre horas necesarias para realizar las mismas tareas entre CAD y BIM

Fuente: Autodesk 2007

Actividad	CAD	BIM	Beneficio	Beneficio
	(Horas)	(Horas)	(Horas)	(%)
Diseño Esquemático	190	90	100	53%
Desarrollo del Proyecto	436	220	216	50%
Documentos para Construcción	1023	815	208	20%
Coordinación y Control	175	16	159	91%
Totales	1824	1141	683	37%

Los presentados en la tabla 2.18 nos dice que se disminuye un 37% en horas destinadas al proyecto, donde la actividad más favorecida es la coordinación, dado que tarda menos de un décimo del tiempo, en tanto el diseño puede ser desarrollado en la mitad del tiempo, por lo que se evidencia la ventaja de utilizar el BIM una vez que ya se cuenta con dominio de la herramienta.

En relación a la productividad, Eloi Coloma (2012) establece algunos valores asociados al descenso e incremento producto de la implementación del BIM, asignado un 50% para el descenso y un 25% para el incremento de la productividad, siendo según él “un valor bastante conservador, pero apropiado para los primeros meses de implantación”. Adicionalmente define que la inversión requerida para la implementación del BIM es de 8.000 (€) aproximadamente equivalente a 250 UF, considerando un periodo de adaptación al cambio de tres meses, vale decir cerca de 84 UF/mes de costo. Probablemente el periodo de adaptación al cambio sea cuestionable pero el costo/mes puede ser tomado como base para futuros análisis.

CAPÍTULO 3. PARADIGMAS DE GESTIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO HABITACIONAL

3.1 Introducción

La implementación de nuevas tecnologías nos invita a estudiar y reevaluar si las técnicas de gestión y control de proyecto empleados se ajustan a los requerimientos actuales.

Desde luego, los proyectos inmobiliarios son complejos de desarrollar y tanto más controlarlos debido que en su proceso se ejecuta una serie de etapas que interactúan entre sí, y que adicionalmente se entrelazan en innumerables actividades, tareas y sub-tareas necesarias de realizar para obtener el producto.

En el presente capítulo se dará a conocer la visión deseable para abordar un proyecto inmobiliario habitacional con el objeto de aclarar que la implementación del BIM implica un cambio metodológico que no debería alterar el desarrollo de un proyecto inmobiliario, sino más bien contribuir a que se materialice conforme los requerimientos de tiempo y costos esperados.

3.2 El uso de las tecnologías en proyectos inmobiliarios habitacionales

Hay sectores de la industria que durante mucho tiempo han estado empleando sistemas de información y tecnología que permiten obtener resultados más eficientes del producto, las que a menudo han sido aceptadas como estándar en sus respectivas áreas, tal como se presenta en la industria manufacturera, por ejemplo, por lo que es inevitable que el sector inmobiliario también adopte

medidas o metodologías que permitan mejorar sus procesos, de manera tal que el producto sea de mejor calidad.

Las buenas prácticas se obtienen a medida que las empresas implementan una nueva tecnología, y luego reconocen las razones o motivos que afirman o rechazan la idea o criterios adoptados inicialmente como primeras experiencias. Naturalmente la adopción y el desarrollo de mejores prácticas no eliminan el riesgo de deficiencias originadas en un proyecto.

Diversos autores han documentado casos de deficiencias asociadas con los fracasos de proyectos, algunos de ellos inclusive con consecuencias trágicas. Se cita en la industria del automóvil (Bates et al. 2007), (Lee, 1998), aeronáutica (Leveson, 2000) y aeroespacial (Rogers, 1986). Aun cuando estas deficiencias han producido impactos inconvenientes, sí cabe destacar que permitieron mejorar las prácticas de trabajo en la transición entre las fases de diseño y producción, las que paulatinamente están siendo emuladas en la industria inmobiliaria.

Las tecnologías están a disposición de todos los agentes que intervienen en los procesos de una empresa, el BIM particularmente es implementado por empresas de ingeniería y arquitectura, mayoritariamente, y también algunas empresas de especialidades, de inspección técnica de obra y constructoras de mayor tamaño.

En un estudio realizado por Prates (2003) se estima que al menos el 80% de las oficinas usan softwares que colaboran en el diseño arquitectónico, presumiendo hoy en día que prácticamente la totalidad de las oficinas de arquitectura emplean hoy al menos herramientas CAD para el desarrollo sus diseños. Ahora bien, si

las empresas tienen la capacidad de trabajar con las tecnologías CAD, se presume que podrían adoptar el uso de los BIM sin mayores complicaciones.

Se aprecia cada vez más interés de los agentes que interactúan en los procesos de diseño en el uso del BIM debido las ventajas largamente estudiadas y reconocidas por especialistas del área, por lo que existe un potencial que repentinamente será necesario explotar.

Ahora bien, aun cuando se reconozca la importancia de las tecnologías, la gran mayoría de las empresas todavía las utiliza como una herramienta para resolver problemas específicos, es decir, adquieren un sistema que sea capaz de reproducir la ejecución del trabajo de manera tal que sea más eficiente en términos de tiempo, sin embargo no es eficaz (Toledo et. al., 2000).

Dado lo mencionado en el párrafo anterior, se requiere además del uso de las tecnologías, que ésta se implemente bajo un contexto de eficacia, en que todos los agentes que interactúan en el proceso se comuniquen de manera que se optimicen los recursos e información generada, siendo necesario contar con una planificación que se ajuste a los requerimientos particulares de un proyecto.

Según Nascimento et. al. (2003), la tecnología ayuda en los procesos de gestión del conocimiento en la empresa, es decir no es considerada como una mera tecnología, sino más bien una filosofía de trabajo que debe estar relacionada con las políticas estratégicas de la organización, enmarcada en un programa que involucre el uso de la tecnología y la información con la reingeniería de sus procesos.

3.3 La implementación del BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales

Si bien los resultados presentados en el capítulo 2 muestran que es preciso mejorar la coordinación de un proyecto para minimizar el impacto en la etapa de construcción, aún es preciso cambiar el paradigma actual, porque la implementación de herramientas BIM plantea un nuevo desafío de cambiar la metodología de trabajo y administración del proyecto que debe ser aprobado por el mandante, sin embargo dado el desconocimiento se torna dificultoso la implementación integral.

En la literatura se ha profundizado sobre los beneficios de la aplicación del BIM en un proyecto, donde las ventajas asociadas a la parametrización y la bidireccionalidad asociativa hace que cualquier modificación deseable sea realizada de forma casi automática, es decir sin la necesidad de evaluar con todas las especialidades los cambios de proyecto, sin embargo, esto no quiere decir que el proyecto sea evaluado unilateralmente.

La implementación del BIM por tanto, tiene la capacidad de mejorar la coordinación integrada de los proyectos, entendiendo ésta como el proceso por el cual los distintos agentes participantes de un proyecto se comunican para hacer que cada parte de éste sea coherente y coincidente.

Según Coloma (2012) la manera con que una aplicación BIM gestiona el proyecto de arquitectura vale decir, el diseño, es uno de los rasgos más característicos a la hora de analizar sus prestaciones desde un punto de vista general. El modelo de un edificio es un ente complejo que hay que administrar con herramientas contemporáneas que permitan gestionarlo en su globalidad.

Hoy en día la responsabilidad de coordinar proyecto inmobiliario habitacional recae en las oficinas de arquitectura, sin embargo deben considerar el contar con la visión de cálculo y las especialidades porque también son parte del proceso, pudiendo definir materialidades y especificaciones particulares que se ajusten a los requerimientos de diseño.

El diseño de un proyecto habitacional generalmente se lleva a cabo de manera prácticamente unilateral, donde si bien existe una retroalimentación entre la oficina de arquitectura con las distintas especialidades, en general se registran fallas en la comunicación o revisión de las propuestas presentadas, por no contar con un modelo que permita evidenciar las interferencias que pudieran afectar al proyecto de arquitectura, cálculo u otra especialidad, provocando en consecuencia problemas en la etapa de construcción que deberían ser evitados en la etapa de diseño, generando los consecuentes retrasos en la programación original de la construcción y grandes pérdidas para el mandante, la constructora y el cliente.

La complejidad de algunos proyectos requiere la participación de ingenierías especializadas que aporten al desarrollo, siendo preciso encontrar los mecanismos más adecuados para el traspaso y canalización de la información de forma que contribuya con la solución de los posibles problemas que pudieran ocurrir en una obra. No se trata solamente de ocupar la herramienta BIM y entregar el modelo de cada especialidad, sino que debe existir un lenguaje común donde todos los actores sean capaces de comprender y transmitir esa información al ejecutor.

3.4 El producto inmobiliario habitacional

Primero que todo es importante especificar qué se entiende por producto inmobiliario y qué fases se deben desarrollar para concretar la idea. Según Grieves (2006), la función de producción se puede ver en una forma simplificada, vale decir, como un proceso dividido en tres fases distintas:

1. La fabricación del primer número (el prototipo);
2. La optimización de los procedimientos relacionados con la producción ;
3. La producción en sí.

En realidad, estas fases a menudo no están claramente definidas, de hecho el prototipo, en general, no es una versión final del producto a elaborar, por ende los procedimientos de optimización no pueden ser generados inmediatamente, pero si es posible rescatar información en base a datos históricos u otros proyectos que se asemejen al proyecto previamente ideado, esto ocurre normalmente en la definición de las especificaciones técnicas, donde aún no es posible determinar cuáles serán las terminaciones finales, materialidad, tonalidades, etc.

Por lo anterior, se presume que sólo es posible contar con una decisión cuando se genere el producto o bien cuando exista un modelo que lo represente fielmente, sólo así podrían especificarse las terminaciones finales o detalles de uniones, las que de todas formas pueden considerarse en primera instancia como modelos tipos. En ocasiones no se definen algunos elementos o detalle puesto que en el transcurso desde la formación de la idea a la ejecución ocurren situaciones inesperadas, como por ejemplo, encontrarse con que los materiales definidos que no se encuentren en stock. En un proyecto inevitablemente se realizan cambios, por ende debe considerarse ese escenario independiente de cuán definido se encuentre un proyecto, sin embargo las modificaciones deben tender a ser mínimas de manera que repercutan lo menos posible en el desarrollo

de un proyecto, por lo tanto en un proyecto siempre existirán variables e incertidumbre ante algunas definiciones, resguardando que los procesos no se vean alterados.

El producto presenta casi invariablemente las características de un prototipo, rara vez forman parte de una serie de productos idénticos. En la etapa de ejecución del proyecto no es deducible a simple vista la mecanización del proceso, por lo que es necesario contar con mayor información para su creación, sin embargo, este proceso en ocasiones no es preocupación del mandante debido que traspassa esa responsabilidad a la constructora, la que debiera efectuar los estudios respectivos sobre cómo obtener el producto. Ahora bien, cuando nos encontramos con inmobiliarias que a su vez operan como constructora, claramente es más beneficioso contar con todos los procesos bien definidos y con la mayor cantidad de detalles posibles, porque de esta manera invertirán menos tiempo en la planificación, centrando los esfuerzos en cómo lograr un mejor producto, es decir aumentar la calidad.

3.4.1 El producto visto como un trabajo colaborativo

En teoría, orientar el proyecto hacia la satisfacción de otros objetivos, aparte de los más relacionados con el diseño formal, debería ser una prioridad para el arquitecto, y también para el resto de las personas que intervienen en el desarrollo de un proyecto. El problema es que, para hacerlo, se necesita de tecnología especializada que trabaje con datos específicos contenidos en modelos especializados. Por ejemplo: tenemos los modelos de arquitectura, los de estructura, los de instalaciones, los energéticos, los de presupuestos y mediciones, los de certificaciones, etc. Todo esto complica enormemente la gestión del proyecto y por ello, hasta ahora, estas disciplinas han funcionado de forma muy poco compacta.

Con el uso de herramientas BIM, la cantidad de modelos se reduce bastante ya que los datos redundantes se eliminan y, por otra parte, permite el aprovechamiento de la misma información para más de un proceso de diseño.

Por otra parte, la práctica integrada también habla de incluir a todos los implicados en el proceso de diseño para que éste pueda responder mejor a sus necesidades. Sin embargo, los arquitectos tradicionalmente han preferido no hacerlo así porque, en primer lugar, dejarían de tener la relevancia que habitualmente poseen, y en segundo lugar, porque cualquier cambio introducido por el cliente o cualquier otro especialista implicaría una gran inversión de tiempo en rehacer toda o parte de la documentación del proyecto.

En general, los arquitectos piensan que es mejor que ningún agente debe intervenir en sus proyectos, dado que es preciso revisar y chequear las implicancias de cualquier modificación, lo cual es bastante lógico, por ende ante cualquier cambio, se recomienda que todas las partes involucradas interactúen y manifiesten sus puntos de vista. De igual manera se produce ese celo cuando un especialista eléctrico o sanitario no es avisado oportunamente ante una modificación que afectase su diseño.

Por lo anterior, la táctica predominante es la de tomar decisiones de forma unilateral e informar al interesado cuando ya no hay nada que hacer, es decir bajo un formato de trabajo no colaborativo, inclusive también podemos afirmar que las decisiones bilaterales también pueden afectar al desarrollo del producto porque no se han realizado las consultas con los demás especialistas tampoco, de la misma forma se presentan estas situaciones cuando el especialista o el contratista pactan efectuar cambios de materiales "olvidándose" de informar al arquitecto, por lo que es imprescindible que todas las partes que participan en la elaboración del producto también lo hagan en su creación, hasta obtener el

modelo final. Sólo es posible disfrutar de las ventajas de la colaboración si los problemas relacionados con la calidad de la información y su libre acceso se superan.

3.4.2 Paradigmas en relación al cambio metodológico

En el capítulo 2 se ha enunciado que las herramientas BIM efectivamente colaboran a una visión distinta del proyecto, y que además tienen mucho que aportar debido todas las ventajas que brindan.

El tema a resolver es si la herramienta efectivamente aporta al desarrollo del proyecto y si la inversión en tiempo y costo satisface los beneficios que eventualmente persigue. Desde mi punto de vista pienso que las tecnologías BIM aún tienen mucho que decir, siempre y cuando no nos centremos sólo en el uso sino más bien en cómo obtener el mayor provecho de una herramienta que potencialmente entrega información para todos los agentes que interactúan en el proceso y que adicionalmente se ajuste a las necesidades de todos, transformando al entorno del proyecto en un sistema automatizado donde todos aportan en la elaboración del producto, que en este caso se relaciona con el modelo.

También hay que superar el obstáculo que representa el temor al cambio o a la dificultad de realizarlo, en que eventualmente podrían producirse errores que tendrían un impacto aún más negativo que al trabajar con modelos tradicionales, esto en relación a los tiempos para poder solucionar los problemas. Tal como se ha mencionado, normalmente es el arquitecto quien lidera los proyectos, y justificadamente porque debe precaver que los cambios que eventualmente se producen no impactarán en el producto, como por ejemplo: que no pasará una viga o instalación por lugares que están proyectadas como libres, y así una

infinidad de situaciones que habitualmente generan diferencias. Se producen por tanto celos entre los participantes del equipo debido que cada cual tratará de poner su punto de vista en relación a su beneficio.

En relación a lo anterior se destaca que la duda puede considerarse como saludable en el punto de vista de contar con un proyecto bien pesquisado, dado que todos los participantes buscarán la oportunidad de obtener mejoras, cuyas observaciones pueden ser compartidas y difundidas entre los demás integrantes, lo que claramente, impactaría positivamente en el proyecto, más allá de pensar en los egos personales. La lucha debe centrarse en cómo lograr un producto optimizado, que genere un impacto positivo para el cliente, más allá de beneficios particulares.

Bajo el formato colaborativo la persona que lidera el proyecto debe contar con aptitudes blandas bien fortalecidas, y con argumentos y conocimientos sólidos que demuestren a todos los involucrados los beneficios de las decisiones tomadas.

Eventualmente, si se consigue incluir también a los clientes, se minimizaría el riesgo de tomar caminos equívocos, donde los futuros compradores no permitirían se limiten recursos en cuestiones que los benefician. La participación de un cliente podría presentarse, si por ejemplo, se cuenta con proyectos en “verde” ofertando que es posible efectuar algunas modificaciones que satisfagan sus requerimientos, otro ejemplo se podría presentar en proyectos de restauración o rehabilitación, donde el cliente tendría mucho que decir en cuanto a sus necesidades, donde el arquitecto o la persona que esté a cargo tratará de poner su punto de vista con tal se mantenga la idea inicial.

En resumen se destaca que la participación de todos los agentes que intervienen en la generación del proyecto, específicamente en la creación de los modelos más detallados en la etapa de estudio favorece en la toma de decisiones, las cuales mientras antes se definan, mayor probabilidad de éxito existirá, disminuyendo en consecuencia las incertidumbres asociadas a modificaciones de proyecto.

Se invita a los inversionistas a cambiar el paradigma actual y optar por metodologías innovadoras que colaborarán a que el proyecto se desarrolle conforme las expectativas iniciales, donde la implementación de una herramienta en su proceso, en vez de transformarse en un problema, resolverá una serie de inquietudes tanto técnicas como de diseño que impactarán positivamente en la obtención del producto a menor costo, plazo y mejor calidad.

3.5 Visiones de gestión de un proyecto habitacional

Tal como se ha planteado en los apartados anteriores, podemos gestionar un proyecto habitacional desde dos perspectivas, cuyos modelos han sido planteamientos desde hace casi 35 años. Marques (1979) apud Novaes (1996) distinguen dos conceptos para un proyecto:

1. Estático: que visualiza al proyecto como un producto constituido por elementos descriptivos, ordenados y elaborados conforme un lenguaje apropiado, destinado a satisfacer las necesidades de la etapa de producción.
2. Dinámico: que considera al proyecto como un proceso, donde las soluciones son elaboradas y compatibilizadas.

Entre ambas visiones la que más se acerca a los cambios sería la forma dinámica, compartiendo la tesis que un proyecto debe ser visto como un proceso

y que además debe contar con la colaboración de todos los agentes que intervienen en él.

Es muy difícil observar un proyecto inmobiliario como un elemento estático, desde su conceptualización hasta su término debido las constantes variables necesarias de resolver para obtener el producto, sin mencionar los aspectos que marcan relación con los mecanismos de comunicación requeridos para que el proyecto se desarrolle conforme el flujo planteado en cada metodología. Adicionalmente es preciso destacar que todos los proyectos son distintos aun cuando pudieran tener parámetros constructivos muy similares.

3.5.1 Flujos de información en un proyecto inmobiliario

En el desarrollo de un proyecto inmobiliario se generan flujos de información que son transmitidas entre sus distintas etapas, siendo el orden conveniente comunicar de forma secuencial vale decir, generar la información en la etapa de diseño, para luego transmitirla al constructor que finalmente será entregado como resultado al cliente.

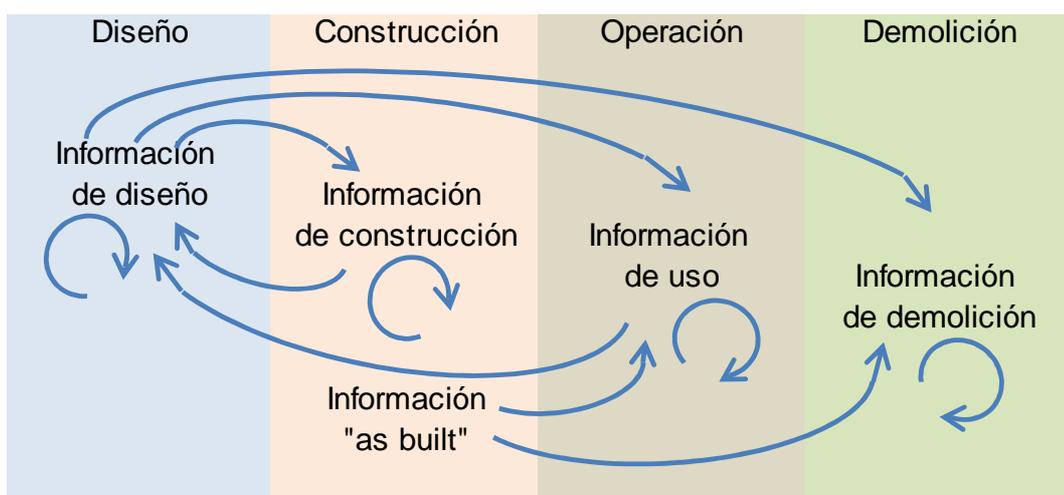


Figura 3.1: Flujo de información en el ciclo de vida de un proyecto
Fuente: Adaptación Claudio Mourgues, Tesis SALDIAS 2010, Página 12

Uno de los principales aspectos del BIM es que los flujos de información en los proyectos se transmiten de manera directa entre cada especialista, ocupando como base un modelo central, siendo el caso de un desarrollo habitacional el proyecto de arquitectura.

Otro aspecto a tener en cuenta en los proyectos es que, generalmente se producen cambios o modificaciones en los proyectos de arquitectura, acción que produce una serie de ciclos de revisiones y consecuentes RDI y cambios que podrían afectar los proyectos de otras especialidades, que en definitiva alteran el flujo de la coordinación. Por ende, es preciso informar a todos los agentes del proceso sobre las modificaciones que se producirán, siendo necesario coordinar una reunión con el fin de dar a conocer las modificaciones a realizar y buscar soluciones inmediatas a los posibles problemas que pudieran afectar en la ejecución del proyecto.

La capacidad de la coordinación de proyectos impacta en la disminución de requerimientos de información y disminuyendo los costos asociado a los imprevistos a medida que nos acercamos a la etapa de construcción.

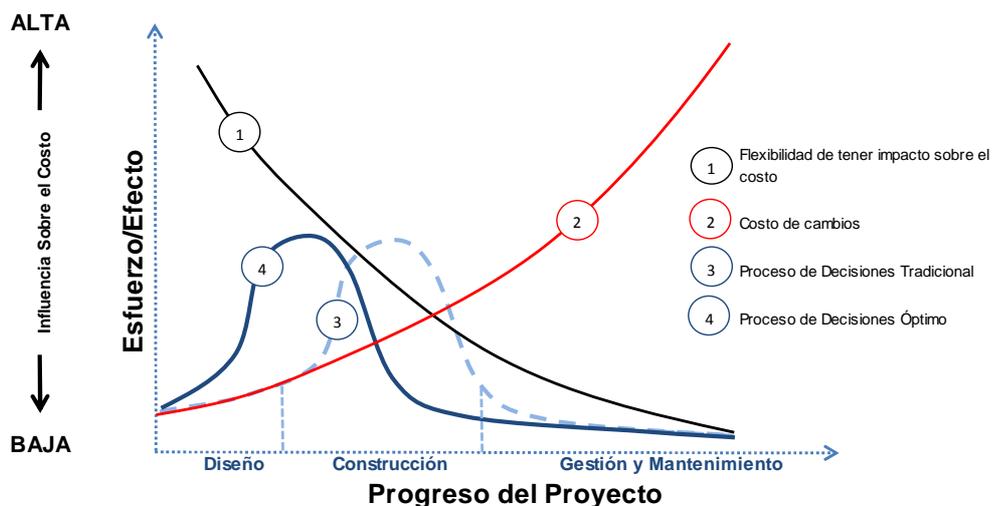


Figura 3.2: Influencia sobre el costo de cada una de las fases del ciclo de vida del Proyecto
Fuente: Elaboración propia, adaptación Patrick Macleamy

En la figura 3.2 se muestra el gráfico planteado por Patrick Macleamy, donde se explica los efectos de realizar cambios en el proyecto a medida que avanza el tiempo, apreciando que el costo de realizar modificaciones al inicio es mucho menor que en las etapas posteriores, recomendando invertir más tiempo y recursos financieros en la etapa de diseño tal que se detecte los inconvenientes que pudieran suscitarse en la etapa de construcción.

CAPÍTULO 4. LA GESTIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO HABITACIONAL CON LA INCLUSIÓN DEL BIM

4.1 Introducción

En el presente capítulo se explican las etapas de gestación de un proyecto inmobiliario, cómo interactúan los agentes, y dónde sería necesario evaluar más detenidamente la inclusión de una nueva tecnología, proponiendo una metodología que discrimina la factibilidad de la implementación del BIM en un proyecto inmobiliario habitacional.

Anteriormente se ha mencionado que la implementación del BIM en un proyecto inmobiliario implica un cambio de paradigma, por lo que afecta en su estructura, siendo preciso establecer nuevas responsabilidades a cada una de las partes, cuyos aspectos también se identifican en este capítulo.

4.2 La gestión de proyecto inmobiliario habitacional

Los proyectos por definición tienen una fecha de inicio y finalización determinada, alcances particulares, recursos asignados, resultados esperados, entre otros. Por similar que sean las actividades y los alcances entre cada proyecto, tienen diferentes características que difieren unas de otras.

Los proyectos inmobiliarios son administrados por un gestor inmobiliario, encargado de controlar la utilización de los recursos disponibles. Por pequeño que sea el proyecto se requieren habilidades de administración, para enfrentar, analizar y resolver las diferentes situaciones que se presenten, garantizando el cumplimiento de los objetivos dentro de los tiempos estipulados, manejo de contratos y relación con proveedores.

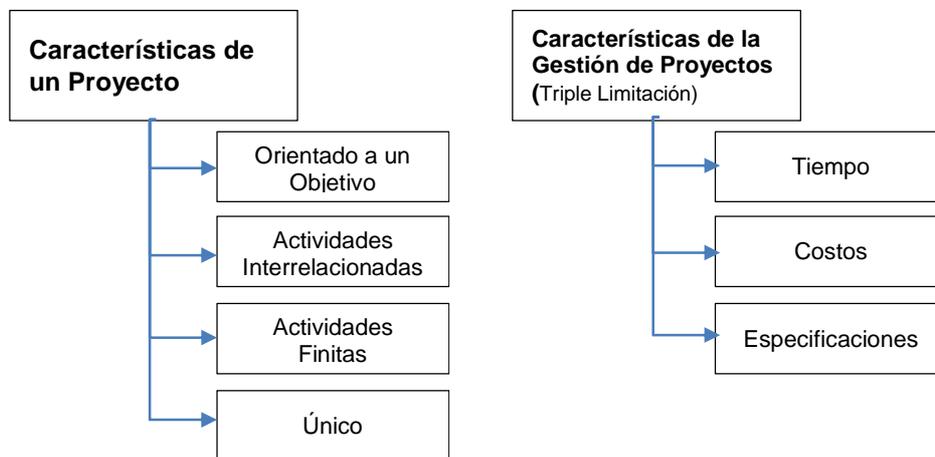


Figura 4.1: Características de un proyecto y de gestión de proyectos
 Fuente: Adaptado Tesis Barahona (2006), Página 7

El primer conjunto de características nos permiten distinguir qué es un proyecto, así como precisar sus aspectos más relevantes. El segundo conjunto de características corresponde a lo que se llama triple limitación de la gestión de proyectos, es decir, variables presentes en todos los proyectos que definen fuertemente las acciones a evaluar.

Cada proyecto inmobiliario posee sus propias particulares, son complejos de gestionar debido que sus actividades se encuentran interrelacionadas, por lo que es preciso establecer una ruta crítica para el desarrollo del proyecto. Identificarlas permite establecer un procedimiento acorde con los requerimientos, planificar las actividades y controlar aquellas consideradas como críticas para el cumplimiento de los objetivos, de no ser así el proyecto corre el riesgo de fracasar.

La triple limitación de la gestión de proyectos nos indica que cada proyecto debe realizarse acorde a sus especificaciones, siendo fundamental en consecuencia definir las características del proyecto, las que deben acotarse a los costos y plazos establecidos.

Uno de los inconvenientes analizados en los capítulos anteriores es que en los proyectos inmobiliarios habitualmente se producen inconsistencias, por ejemplo, lo que detallan los planos versus lo señalado en las especificaciones técnicas, lo que se traduce en conflictos manifestados en etapas posteriores.

En la figura 4.2 se muestra un desarrollo esquemático de los principales procesos que involucra la gestión de un proyecto inmobiliario, pudiendo reconocer dónde sería más oportuno utilizar la herramienta BIM como mecanismo para reducir los conflictos de proyecto.

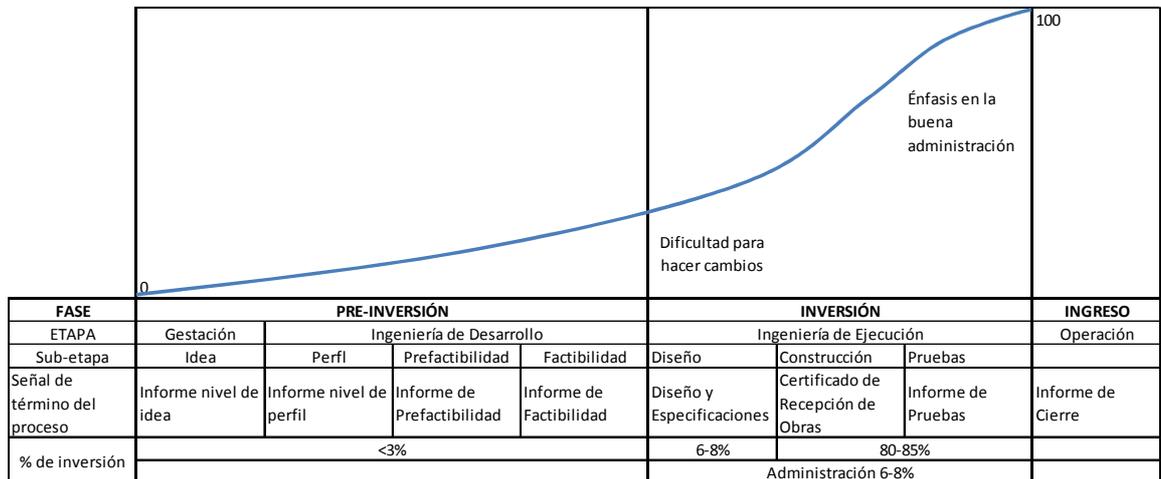


Figura 4.2: Desarrollo esquemático de un proyecto
Fuente: Adaptado Campero y Alarcón (2008), Página 37

Este modelo presenta un enfoque lineal, con grados consecutivos de definición del proyecto, de sus especificaciones y costos. Se divide en cuatro etapas principales:

1. Fase de gestación, en la que aparece la idea del proyecto y se hace un estudio muy básico para darse cuenta de si tiene alguna racionalidad la realización del producto.

2. Fase de Definición o Ingeniería de Desarrollo, en la que se evalúa el proyecto con información específica (estudios de mercado, estadísticas u otro que permita sustentar la idea).
3. Fase de materialización o Ingeniería de Ejecución, en la que se realiza el diseño y la ejecución del proyecto.
4. Fase de Operación, en la que se realiza la entrega del producto.

El estudio de esta tesis enmarca el uso de la tecnología en todas las fases del proyecto, esto con el fin de reducir al máximo la incertidumbre asociada a la toma de decisión de invertir en la implementación de una nueva tecnología, pretendiendo por tanto demostrar que la utilización del BIM es ventajoso frente a proyectos que no lo ocupan, aun cuando implique cambiar los procesos.

Una de las mayores dificultades que existe para efectuar los cambios en los procesos, es sin lugar a dudas la cantidad de tiempo requerida para adaptarse al cambio y también tener certeza si el cambio implicará resultados favorables para el proyecto. La variable costo corresponde un parámetro importante a la hora de decidir si efectuar el cambio o no, por lo que es preciso analizarlo con detalle, lo cual se abordará más adelante.

La relevancia o no de centrar los esfuerzos en cada una de las etapas depende del modelo de la empresa inmobiliaria a evaluar. En Chile las Inmobiliarias que realizan proyectos habitacionales en altura habitualmente contratan empresas constructoras que se encargan de la fase ejecución, por ende la responsabilidad de planificar recae en él, sin embargo esto no quiere decir que el gestor no se preocupe del desempeño y lo que acontece en esta etapa, debido que el desarrollo de un proyecto inmobiliario tiene una condicionante asociada al cumplimiento de plazos en cada una de las etapas. Si una empresa Inmobiliaria también construye, entonces destinará mayores recursos para contar con una planificación adecuada.

Independiente de la estructura organizacional de empresa se aconseja contar siempre con una planificación lo más detallada posible porque de esta manera será posible controlar y gestionar de mejor forma cada una de las etapas. A continuación se explicará cuáles son las variables que debe controlar un gestor inmobiliario con el fin de que el proyecto culmine conforme la planificación evaluada.

4.2.1 Competencias del gestor inmobiliario habitacional

Según el Project Management Institute (PMI) se han clasificado ocho competencias principales que debe poseer un gerente de proyectos para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto inmobiliario de forma exitosa. Tales destrezas están señaladas en la figura 4.3 , siendo: Campo de Acción (del proyecto), Gestión del Tiempo, Administración de Costos, Gestión de RRHH, Gestión del Riesgo, Administración de la Calidad, Gestión de Contratos y Comunicación con el equipo, clientes y proveedores del proyecto. En el lado derecho se describen elementos de apoyo y detalle de estas destrezas.

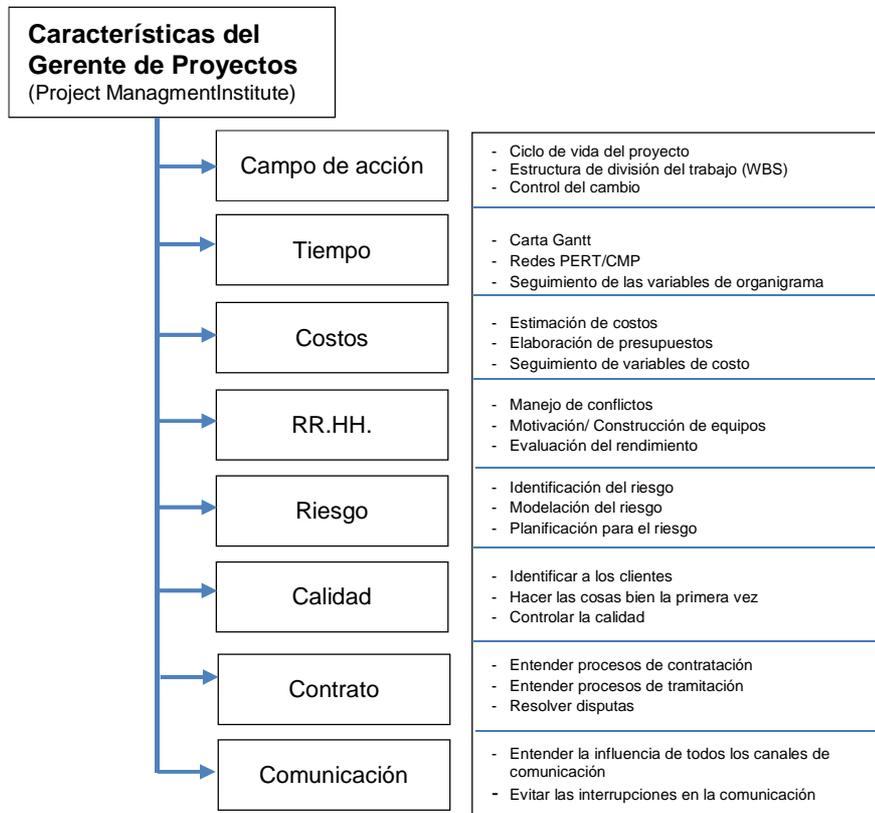


Figura 4.3: Competencias y ámbito del gerente de proyectos, según PMI
Fuente: Tesis Barahona (2006), Página 12

Para el desarrollo de un proyecto inmobiliario actúan varios involucrados, los que habitualmente trabajan de forma independiente, por lo que no comparten los mismos criterios o puntos de vista de un proyecto, sobre todo los asociados a parámetros técnicos.

Entre los actores se destacan la participación del inversionista, el gestor del proyecto, y los contratistas, los cuales pueden interrelacionarse de forma distinta, puesto que dependen de la estructura organizacional de la empresa, las cuales se definen en función del marco contractual. No es posible, por tanto establecer un modelo comunicacional genérico, por lo que es preciso adaptarse a cada tipología de proyecto.

En la etapa de ejecución, por ejemplo, el contratista (Constructor) propone soluciones alternativas que favorece en sus procesos constructivos, sin embargo si no incorporan estos aspectos previamente como parte integral del proyecto, evidentemente se pierde esa información en las etapas de desarrollo. En términos prácticos es mejor que la Inmobiliaria traspase la responsabilidad de Construcción a un tercero, y que éste evalúe los mecanismos que más le favorezcan, sin embargo, en ocasiones, se producen dificultades que deben ser evaluadas conjuntamente, siendo preciso entonces coordinar reuniones técnicas y administrativas con el fin de establecer los aspectos contractuales, y consideraciones técnicas del proyecto. Es recomendable que el Constructor participe lo más tempranamente en la evaluación del proyecto de manera que se desarrolle con la menor cantidad de inconsistencias que pudieran detectarse.

Las mejoras y optimización en la transición de información se producen entre las etapas de proyecto y construcción, en que una vez establecida las responsabilidades entre las partes fijadas a través de un contrato, se debe paralelamente coordinar reuniones con el fin de mantener un flujo comunicacional adecuado entre los actores, y de esta manera definir todos los aspectos que marcan relación con la desarrollo de cada actividad en particular. Por ende es importante definir antes que todo, qué estructura organizacional tendrá la empresa para luego definir las responsabilidades de cada agente.

4.2.2 Tipos de estructuras organizacionales usadas en un proyecto inmobiliario habitacional

Los contratos inmobiliarios se estructuran conforme el objetivo de la organización, siendo las más utilizadas las siguientes:

- A. Traditional Design-Bid-Build (DBB)
- B. Pure or Agency Construction Management (PCM)

- C. Construction Management at Risk (CMR)
- D. Design-Build (DB)
- E. Engineering Procurement Construction (EPC)
- F. Design-Build-Operate (DBO)
- G. Build-Operate-Transfer (BOT)

A continuación se describe brevemente cada una de las organizaciones:

A. Traditional Design-Bid-Build (DBB)

En la modalidad de secuencia tradicional Diseño-Licitación-Construcción o DBB, en su sigla en inglés, nos dice que el gestor inmobiliario asume el gerenciamiento integral y contrata separadamente los servicios para la elaboración del proyecto y la construcción propiamente tal (Gordon, 1991). En este formato varios agentes actúan separadamente, y sin ninguna responsabilidad sobre la ejecución en obra, los aspectos de post-venta u operación, por lo que el riesgo lo asume exclusivamente del inversionista.

El sistema de contratación tradicional se caracteriza, por lo tanto, por tres agentes: mandante, proyectistas y contratistas (Constructor), cuya relación se identifica a continuación:

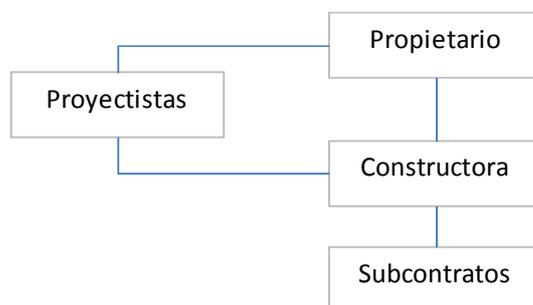


Figura 4.4: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción
Fuente: Elaboración propia. Adaptación Bucker (2010), Página 52

Cabe destacar que la principal ventaja de los modelos basados en el padrón DBB se debe a que el mandante puede anticipar con mayor precisión los costos y beneficios de la inversión puesto que debe ejecutar y concluir cada una de las etapas antes de pasar a la etapa sucesiva. De este modo, el proyecto comienza con un estudio de viabilidad, luego por la evaluación de costo para establecer la inversión inicial, posteriormente se realiza un proyecto básico y finalmente una presentación más ejecutiva. Sin bien se trata de etapas que demandan tiempo para el análisis, son necesarias para una mejor planificación del emprendimiento.

Otra ventaja de esta estructura es que el mandante tiene una relación contractual directa con cada uno de los proyectistas, con la Constructora y los proveedores de servicios, posibilitando controlar íntegramente los procesos del proyecto, permitiendo asegurar que el proyecto cumpla con los objetivos propuestos.

La principal desventaja de este modelo es que la separación de las fases del proyecto y construcción resulta en plazos mayores para desarrollarlo, en que aún persiste el problema de la fragmentación de las obligaciones entre los diversos agentes, dificultando la determinación de las responsabilidades. Por este motivo el gestor inmobiliario debe procurar acotar bien cada una de las responsabilidades con el fin de evitar se produzcan conflictos futuros entre las partes involucradas.

B. Pure or Agency Construction Management (PCM)

Esta es una modalidad de organización donde el Mandante delega responsabilidades distintas a los proyectistas y la Constructora, en que se selecciona y contrata a una empresa de gerenciamiento y empresas proyectistas para desarrollar el proyecto, siendo la empresa de

gerenciamiento finalmente la responsable de realizar las gestiones para la contratación y posterior ejecución. Este método es más usado cuando existen grandes incertidumbres durante la etapa de ejecución.

La empresa de gerenciamiento se encarga de contratar a los proveedores, las cuales se realizan al nombre del Mandante. Evidentemente se delega este tipo de responsabilidad siempre y cuando exista suficiente confianza entre el inversionista y el gestor. La empresa gestora tiene por tanto la atribución de gestionar los eventuales conflictos que se produzcan durante la ejecución.

La gestora no corre el riesgo financiero puesto que los contratos se celebran a nombre del mandante, sin embargo esto no quiere decir que no se encargue de velar en la búsqueda de las ofertas que se ajusten mejor a los requerimientos técnicos, económicos y de tiempo. Se produce por tanto un mayor riesgo para el mandante quien debe asumir los eventuales costos que no estaban contemplados.

La gestora externa posee la atribución de contratar de forma directa o indirecta los proveedores, al igual que la modalidad DBB, produciéndose una fragmentación de las obligaciones entre los diversos agentes, ocasionando mayor dificultad en la determinación de responsabilidades, la que en este caso es asumida por la empresa de gerenciamiento. Cabe destacar también que la comunicación de los subcontratos o proveedores con el mandante es interrumpida por el encargado de planificar y coordinar, siendo en este formato la gestora.

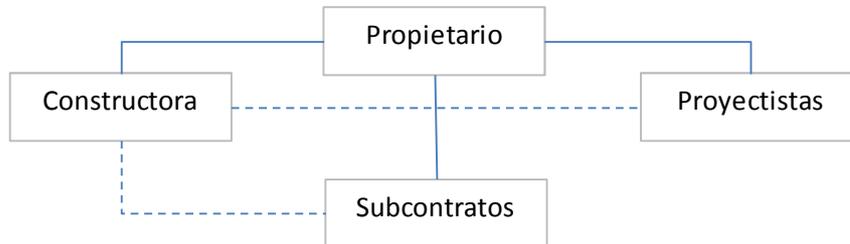


Figura 4.5: Estructura Pure or Agency Construction Management
 Fuente: Elaboración propia. Adaptación Bucker (2010), Página 55

C. Construction Management at Risk (CMR)

En este tipo de modalidad la empresa gestora asume la responsabilidad de los costos que pudieran existir, garantizando, de esta forma, un precio fijo para el Mandante, estableciéndose un precio máximo para la conclusión del proyecto. Bajo este formato el Mandante disminuye el riesgo dado que se establece un precio para la elaboración y/o ejecución de lo acordado.

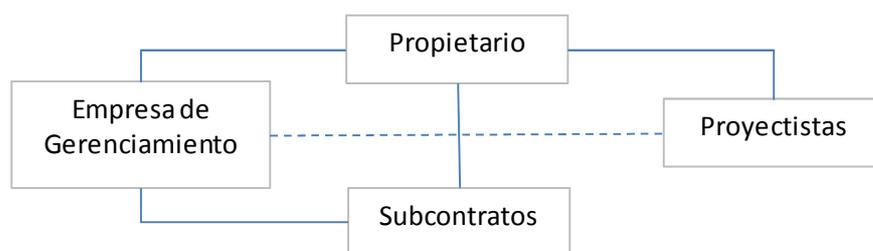


Figura 4.6: Estructura Construction Management at Risk
 Fuente: Elaboración propia. Adaptación Bucker (2010), Página 56

En este sistema la empresa de gerenciamiento es responsable por el término y entrega del proyecto con un costo menor o igual al precio máximo contratado. Por esto, la empresa gestora buscará que los resultados se acerquen más bien al óptimo financiero, más que evitar se produzca menos conflictos para la ejecución.

D. Design-Build (DB)

En la modalidad Diseño-Construcción o Design-Build, el mandante define el anteproyecto y contrata todas las demás etapas hasta el término de la construcción, cuya ejecución es realizada por sólo una empresa Constructora, siempre y cuando la situación así se presente. La empresa contratista está obligada a realizar el proyecto y debe contar con un equipo profesional adecuado para las exigencias del proyecto.

En general el criterio de pago es por un precio global garantizado, dado que el contratista ha realizado el estudio y presentado los valores conforme los antecedentes proporcionados por el Mandante.

La ventaja de esta modalidad es que el mandante traspasa la responsabilidad de ejecución al contratista, descartando se produzcan problemas asociados a interpretación de antecedentes proporcionados para su evaluación.

El mandante tiene la necesidad de garantizar la calidad del producto ejecutado por el contratista, para ello, debe contar con personal profesional calificado para la supervisión de las actividades que desarrolla el contratista, cuya figura es representada por la Inspección Técnica de Obra (ITO).

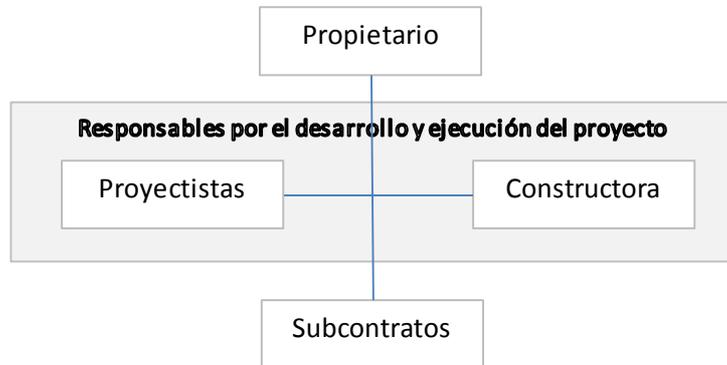


Figura 4.7: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción
 Fuente: Elaboración propia. Adaptación Bucker (2010), Página 57

E. Engineering Procurement Construction (EPC)

La modalidad EPC conocida también como “llave en mano” o turnkey, es similar a la modalidad DB, en que el mandante traspasa la responsabilidad de la ejecución al contratista, siendo la variable tiempo determinante, dado que el proyecto debe comenzar en fechas previamente establecidas.

Al igual que la modalidad DB, los costos son previamente fijados de manera que no se produzcan conflictos que repercutan en la entrega a tiempo.

F. Design-Build-Operate (DBO)

La modalidad Proyecto-Construcción-Operación o DBO difiere del EPC, en la medida que el contratista tiene la atribución, después del término de las obras, de efectuar las labores de puesta en marcha, es decir, la operación e inclusive puede incorporarse los mantenimientos. El mandante define los requisitos del proyecto y de la obra de acuerdo a las necesidades objetivas.

G. Build-Operate-Transfer (BOT)

La modalidad Construcción-Operación-Transferencia o BOT difiere de la anterior porque el contratista es quien aporta los recursos financieros y tecnológicos para la ejecución del proyecto en particular, cuyas formas de pago son acordadas contractualmente.

Este tipo de modalidad se utiliza, por ejemplo, en proyectos de obras públicas, donde se requiere el aporte del privado para su realización.

Para efecto de este trabajo de tesis se presenta una estructura típica de una empresa inmobiliaria que gestiona uno o dos proyectos al año en modalidad Diseño-Construcción, vale decir donde el mandante traspasa la responsabilidad al contratista para la ejecución del proyecto, siendo preciso formalizar la entrega todos los antecedentes técnicos y administrativos para cumplir con los acuerdos contractuales. El Mandante, tiene en consecuencia, la responsabilidad de desarrollar el proyecto y entregar la información requerida por el contratista de manera que éste pueda evaluar y posteriormente llevar a cabo la fase de ejecución del proyecto.

4.3 Contrato inmobiliario habitacional

Estructurar un contrato inmobiliario no es tarea sencilla, debido que en el proceso interactúan muchos agentes, por lo que asignar responsabilidades individuales es complejo, sobre todo porque una actividad es dependiente de otra. Los tipos de contratos tradicionales, por tanto, no favorecen el análisis global del proceso para llevar a cabo un proyecto inmobiliario, donde las variables de tiempo, costo o calidad, por ejemplo, dependen de los actores que ejecutarán posteriormente

el proyecto, por tanto es preciso contar con su visión o propuesta antes de establecer plazos y costos que se acerquen a la realidad.

En los contratos inmobiliarios generalmente se separan las fases de desarrollo y ejecución. Es posible por tanto, contar con modelos de contrato en que el gestor inmobiliario es responsable por todos los eventos que se produzcan, o bien transmitir dichas compromisos a otros actores, como a los proyectistas, arquitectos, especialistas o contratistas, por lo que la forma o metodología de control varía dependiendo de la estructura organizacional ideada.

El contrato de construcción de una determinada obra, por ejemplo, obliga al contratista (Constructor) a realizar la obra y al mandante a pagarla. El contrato debe por tanto describir detalladamente qué es lo que hay que construir, y cómo se va a pagar lo construido. Para esto el contrato debe incluir una serie de documentos, tales como:

- a) Proyecto: Forma parte integral del contrato, incluye en él no sólo la descripción gráfica (planos) y pormenorizada (EETT) de todos y cada uno de los trabajos a realizar, sino también las condiciones y calidades de ejecución, y las formas de pago de cada una de las unidades a desarrollar. Además permite al Constructor obtener una idea clara de cuáles son los objetivos finales de lo que va a hacer y por tanto, si es una persona responsable y técnica, le permite conocer a fondo no sólo lo exigible técnicamente sino también lo conveniente en el proceso constructivo. Desde un punto de vista puramente legal, se suelen especificar los documentos del proyecto que son contractuales, es decir que forman parte legal del contrato e incluso el orden de prioridades en caso de divergencias entre unos documentos y otros.
- b) Condiciones Generales: En las condiciones generales del contrato se especifican responsabilidades, obligaciones y poderes de cada una de las

partes contratantes y sus competencias en los campos de actuación respectivos.

- c) Oferta: Es el documento de compromiso, firmado por el Constructor y aceptado por escrito por el Contratista, donde se fija el precio ofertado y el plazo ofrecido para la terminación de los trabajos, respetando las condiciones fijadas en el Contrato.
- d) Documentos aclaratorios: De algún posible punto difícil o importante del contrato, como puede ser el de la fianza, premios o sanciones por retrasos, forma de actuar en caso de aparición de emergencias imprevisibles, reparto de riesgos, etc.
- e) Contrato propiamente dicho: Es el documento, firmado por ambas partes obligándose en los términos fijados en los documentos antes descritos, que se resumen en el compromiso del Constructor a construir y el del Contratista a pagar lo construido.

En Chile las empresas inmobiliarias organizadas en modalidad Diseño-Construcción operan con contratos tipo Suma Alzada cuyo detalle se describe a continuación:

El contrato Suma Alzada también denominado con frecuencia llave en mano describe que el Contratista Constructor se compromete a entregar una construcción completamente terminada y en estado de funcionamiento contra la entrega de una cantidad fija, repartida en plazos pactados previamente, de acuerdo con el avance de la obra.

Por otro lado, la oferta del Constructor en ocasiones se basa en un estudio del proyecto evaluado por contratistas, donde los riesgos de errores en dicho proyecto se entienden asumidos por el constructor que debe por tanto realizar un estudio completo y exhaustivo del proyecto que le entrega el contratista y añadir

en él todo aquello que considera que falte ya que la cifra de su oferta se considera "cerrada" una vez firmado el Contrato.

El constructor se compromete a recibir exclusivamente la cantidad ofertada, incluyendo en ella todas aquellas cosas que en su opinión son necesarias para la correcta terminación y funcionamiento de la instalación aunque no estuvieran incluidas en el proyecto recibido para el estudio de la oferta.

Las ventajas de este tipo de contrato son:

- Todas las ofertas tienen la misma base, es decir, se oferta lo mismo por cada uno de los licitadores, por tanto son comparables.
- El Mandante se asegura un costo más o menos cierto o al menos con muy pequeño porcentaje de variación, ya que los riesgos de posibles variaciones son asumidos por el constructor e incluidos en el precio ofertado.
- El constructor asume la responsabilidad de la medición, por lo tanto puede valorar algo que el mismo ha medido, lo que le exime de posibles errores ajenos a la hora de evaluar sus propios costos.
- Evita una gran parte del trabajo de medición y valoración del trabajo realizado, pues la cifra final de cada unidad es conocida y por lo tanto se puede certificar, o sea pagar cada relación mensual de obra realizada, a base de calcular el porcentaje realizado de cada unidad.
- El Mandante obtiene una serie de ofertas, que le comprueban la fiabilidad económica del proyecto que encargó y al compararlas le dan una idea muy clara de cuál puede ser el precio real de la construcción de su proyecto.

Como inconvenientes se podrían señalar:

- El establecimiento de un precio cerrado obliga al Mandante a no poder variar prácticamente nada una vez realizada la adjudicación, ya que si lo hace el constructor puede aprovechar la coyuntura para mejorar su posición contractual y ya no tiene competencia posible, que permita comprobar lo procedente de su postura.
- Requiere un proyecto bien definido, pues cualquier variación supone dificultades seguras entre Mandante y Constructor.

Este tipo de contratos sólo son recomendables en alguno de los casos siguientes:

- Obras de poca cuantía económica.
- Obras que pueden ser definidas con precisión. Debe evitarse su uso, por ejemplo, en obras subterráneas, o con alto grado de incertidumbre.
- Obras de poca duración o poco riesgo de variación de precios.

4.3.1 Estructura organizacional de la empresa inmobiliaria habitacional tradicional

En la figura 4.8 se muestran cuáles son los principales agentes que intervienen en el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional, destacándose que en los casos a evaluar se considerará una empresa inmobiliaria que opera en modalidad Diseño-Construcción.

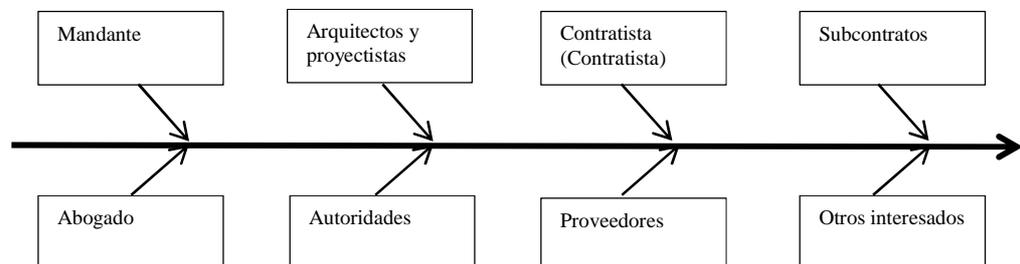


Figura 4.8: Principales participantes en un proyecto inmobiliario habitacional en altura
Fuente: Elaboración propia. Adaptación Serpell y Alarcón (2001), Página 15

Cabe destacar que cada agente reúne estructuras de trabajo diferentes, pero todos tienen un objetivo común, que sería la entrega de un servicio con el fin de obtener un producto inmobiliario.

Los proyectos inmobiliarios habitualmente se proyectan en base al diseño desarrollado por un Arquitecto responsable de proyectar conforme los requerimientos del Mandante. Bajo la modalidad Diseño-Construcción el Mandante debe definir el diseño y las especificaciones del proyecto de manera que el Contratista pueda ejecutar la obra. Se requiere entonces se produzcan comunicaciones fluidas entre todos los participantes, que adicionalmente debe ser activa y colaborativa durante el desarrollo del proyecto.

Tal como se mencionó anteriormente, la estructura organizacional escogida de la Inmobiliaria a evaluar será de tipo Diseño-Construcción y estará conformada por: el Propietario o Mandante, Arquitectura, Proyectistas de Cálculo, Especialistas y la el Contratista o Constructora, los que serán gestionados por el coordinador o gestor del proyecto (ver figura 4.9).

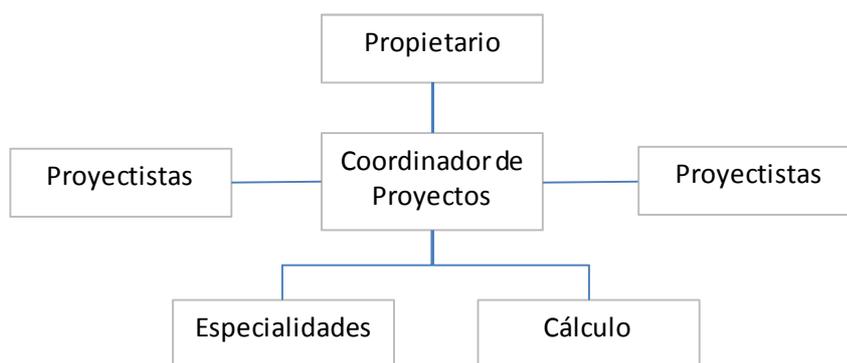


Figura 4.9: Estructura organizacional a implementar para el desarrollo de un proyecto con BIM
Fuente: Adaptación AIA C195 Standard Form Single Purpose Entity Agreement for Integrated Project Delivery

En una estructura Diseño-Construcción, Arquitectura es quien habitualmente se encarga de escoger el equipo de contratistas con el cual quieran colaborar, pudiendo asumir ese rol también el Coordinador de Proyectos cuya posición sería tipo Diseño-Colaborativa. Bajo el sistema de colaboración, el control del flujo de información se asegura, por lo que el Coordinador de Proyectos puede efectuar el BIM con la información actualizada, siempre y cuando todas las partes cumplan con los acuerdos de entrega. Se recomienda que la figura Coordinador de Proyectos comience a participar en la etapa de Ingeniería de Desarrollo.

El propietario y también los proyectistas tienden a esperar demasiado de la aplicación del BIM, por ende es preciso acotar bien cuáles serán los usos, sobre todo cuando se trata de una empresa inmobiliaria que recién está comenzando a utilizar este tipo de tecnología en su emprendimiento. Para una empresa que se inicia con la implementación del BIM se recomienda comenzar con el siguiente ordenamiento:

1. Desarrollar la detección de conflictos y la animación 3D, centrando la aplicación en un área específica del proyecto, recomendando sea en la etapa de pre-inversión, dado que es posible rescatar en profundidad qué funcionó y tomar nota de las lecciones aprendidas.
2. Una vez que la tecnología esté más desarrollada, y efectuada las mejoras de las lecciones aprendidas, es posible evaluar y profundizar otras aplicaciones que ofrecen las herramientas BIM como la animación 4D, parametrización, etc.
3. Finalmente se recomienda implementar la herramienta.

Es importante comenzar con aplicaciones más sencillas y paulatinamente con más complejas, con el fin de lograr los objetivos esperados de manera responsable. Esto evita la adopción de mucho en poco tiempo, lo que probablemente no dará los frutos esperados.

Algunos autores también argumentan de forma similar, Melhado et al. (2005), menciona lo siguiente: optar por centralizar la información a través del Coordinador de Proyecto facilita el control, pero puede significar la pérdida de agilidad en la comunicación entre los miembros del equipo del proyecto y poner en peligro la interactividad entre los proyectos. En consecuencia, es función del coordinador también, gestionar que el flujo de información y los procesos de intercambio sean realizados con la mayor premura posible, por ende es siendo necesario contar con el constante apoyo del propietario para gestar esta etapa de estudio conforme lo esperado.

En resumen, para una empresa inmobiliaria que opera en modalidad Diseño-Construcción se propone operar con la figura Coordinador de Proyectos que se encargará, entre otros, de coordinar los proyectos en función de la información entregada por Arquitectura, Estructuras, las Especialidades, y otros participantes del proceso, todo esto con el apoyo constante del mandante.

4.3.2 Roles y responsabilidades de los integrantes de la organización

A continuación se detallan los roles y responsabilidades rescatados de la tesis de Aliaga, 2012, destacando que este ítem debe ser conceptualizado al inicio del proyecto de manera que todas las partes involucradas sepan claramente cuáles son las actividades que debe realizar cada cual, lo que conlleva optimizar la estructura organizacional general del proyecto dentro de la empresa. “Es importante que la descripción de funciones que se señala sea asimilada lo mejor posible, y sobre todo realizar un esfuerzo en mantener activas las responsabilidades de cada uno, sin intercambio ni mezcla de ellas.

Ya quedó definido que una herramienta fuerte de trabajo para el éxito de la implementación de BIM es la correcta coordinación y orden de trabajo interno en

la creación y desarrollo del modelo, y por eso se recomienda mantener los márgenes de trabajo asignados.

Dentro de los roles definidos, se plantean dos cargos principales que tendrán el manejo del modelo en sí, uno para el modelo de cada especialidad y otro para el modelo general del proyecto que se genera de la unión de estos sub-modelos. El resto de las descripciones están enfocadas a las responsabilidades que deben mantenerse dentro de cada cargo, con tal de respetarlas para el correcto funcionamiento de la metodología señalada.

Tratándose de pequeños es posible mantener la estructura descrita en la figura 4.10, sin embargo a medida que el proyecto es más complejo, es preciso establecer nuevas jerarquías de manera que se gestione con mayor fluidez. El esquema de creación de responsabilidades planteado es el siguiente:

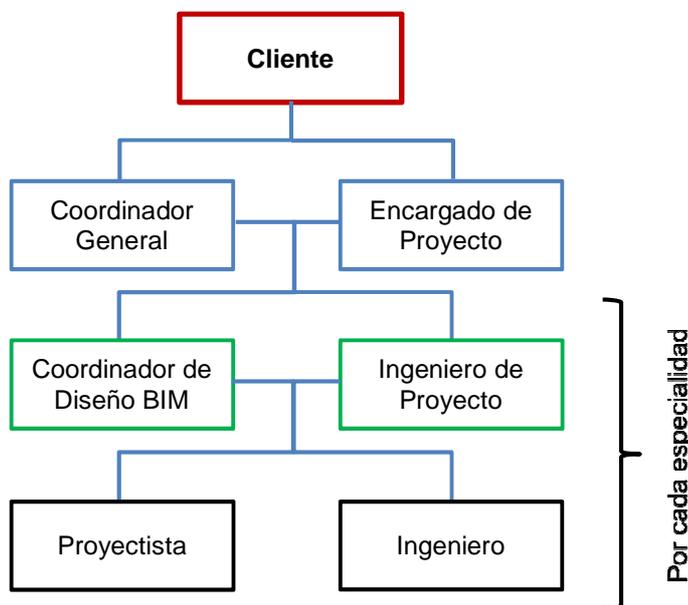


Figura 4.10: Jerarquía de roles
Fuente: Tesis Aliaga (2012), Página 36

La organización de cada uno de los cargos definida por Aliaga (2012) se describe de la siguiente manera:

- **Coordinador General:** Es el encargado de definir y liderar las reuniones de coordinación que se realizan en toda la etapa de diseño del proyecto. Esta reunión es guiada en conjunto con el Jefe de Proyecto. Su labor principal es llevar control del proyecto virtual, y por esto tiene acceso y manejo total a la maqueta BIM. Se encarga de autorizar los cambios y actualizaciones de las versiones aprobadas que vayan surgiendo del modelo, y mantener esta información de manera organizada a lo largo del proyecto, así como el orden de los archivos y carpetas.
Es en la primera reunión formal del grupo de trabajo - Reunión de Coordinación Inicial - donde el Coordinador General y el Encargado de Proyecto tienen la labor de dejar en claro las responsabilidades de cada uno, así como de dejar preestablecido las fechas de control de avance y definir los alcances y objetivos del modelo, entre otros.
-
- **Encargado de Proyecto:** Cumple con la función de coordinar el trabajo a nivel de ingeniería, por lo que está en contacto directo con el Ingeniero de Proyecto de cada una de las disciplinas involucradas en el diseño. Trabaja en apoyo con el Coordinador General, y debe asistir a las reuniones de coordinación para controlar el modelo proyectado, pues es una forma eficiente de ver el avance del proyecto en general.
- **Coordinador de Diseño BIM:** Al igual que el Coordinador General está encargado de controlar el modelo virtual, pero específicamente de la especialidad en la que se desempeña. Coordina el trabajo del grupo de proyectistas y dibujantes, y se encarga de controlar y gestionar el acceso al modelo de cada uno de ellos, y la evolución de la maqueta de su especialidad. Además, debe preocuparse de mantener el modelo

actualizado para la posterior aprobación del Coordinador General. Todo el trabajo que se desarrolle dentro de la especialidad está condicionado por él y el Ingeniero de Proyecto. También, debe encargarse de que se cumplan los plazos de avances establecidos de su maqueta para la siguiente Reunión de Coordinación.

- **Ingeniero(s) de Proyecto:** Su labor es desarrollar la ingeniería del área en la que se desempeña, trabajando conjuntamente con los Proyectistas del área en el desarrollo del modelo. Es importante el trabajo codo a codo que debe desarrollar con el Coordinador de Diseño BIM durante el diseño, así como su asistencia conjunta a las reuniones de coordinación. El trabajo de ingeniería está controlado y aprobado por el Jefe de Proyecto.

Dependiendo del tamaño y características del proyecto en el que se esté trabajando, es posible que exista más de un profesional ingeniero involucrado, pero uno solo de ellos es quien tiene el cargo asignado de Ingeniero de Proyecto.

- **Proyectistas/Dibujantes:** Son los encargados de crear el modelo en sí, trabajando en equipo en un modelo común bajo el control del Coordinador de Diseño BIM. Su labor queda restringida por el acceso al modelo que controla el Coordinador de Diseño BIM, y condicionado a la ingeniería desarrollada.

Dependiendo de las características y magnitud del proyecto, se evalúa la necesidad de contar con más de un Ingeniero de Proyecto y/o Proyectista/Dibujante por especialidad.

Se destaca que la figura Coordinador de Proyectos debe poseer conocimientos técnicos suficientes para gestionar el proyecto, cuya figura sería equivalente al gerente técnico o jefe de proyecto cuando se trate de una empresa de mayor

envergadura. También es posible que el perfil Coordinador de Proyectos sea asumido por un Inspector Técnico de Obra, el cual también debe poseer dominio sobre el uso de la herramienta BIM.

Definida la estructura organizacional y asignada las responsabilidades estamos en condiciones de evaluar un proyecto que se ajuste más a los requerimientos del proyecto, que bajo lo planteado se supedita en contar con un coordinador BIM que estará a cargo de controlar que la implementación se realice conforme la exigencia del proyecto, la que debe ser evaluada conforme las características particulares de cada proyecto, debiendo, por ejemplo, considerar si convendría capacitar al equipo en la utilización de la herramienta o bien externalizar el servicio como primera experiencia.

4.4 Metodología de evaluación para la implementación del BIM en proyecto inmobiliario habitacional

Un proyecto inmobiliario, en términos generales está compuesto por un terreno y un conjunto de información, tales como estudios de mercado, antecedentes técnicos, económicos, financieros y legales, que deben ser evaluados para determinar la rentabilidad del mismo, el nivel de riesgo e incertidumbre asociados, y sólo así seleccionar la mejor alternativa para llevar a cabo el mismo.

El tiempo requerido para desarrollar un proyecto inmobiliario es prolongado y la cantidad de información requerida para evaluar y materializarlo es tal que, se hace necesario planificar y dividir el proyecto en fases de manera tal sea posible gestionar de forma eficiente cada una de las actividades.

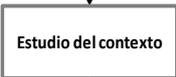
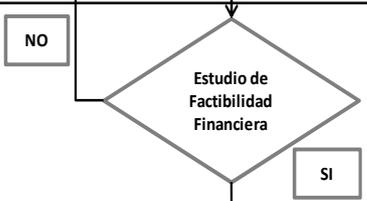
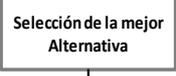
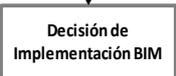
Etapa	Diagrama	Descripción
1	 <pre> graph TD A[Definición Preliminar del Proyecto] --> B[Estudio del contexto] </pre>	Implica la concepción preliminar del proyecto a partir de una idea. Por lo general todo comienza con la visualización de una oportunidad: construir un edificio, un condominio cerrado, oficinas, un centro de negocios, etc.
2	 <pre> graph TD B[Estudio del contexto] --> C[Análisis FODA] </pre>	En esta etapa se debe evaluar el contexto de la implementación del BIM y recopilar los antecedentes suficientes que nos permitan establecer si es factible continuar con el análisis. Se buscan estadísticas, evaluación de proyectos similares, etc. Se establece las características del proyecto: ubicación, diseño físico, estructuración financiera y legal, marketing y comercialización, lo que permite rescatar las variables cuantificables de ingresos y egresos, y proyectar los escenarios probables a enfrentar.
3	 <pre> graph TD C[Análisis FODA] --> D[Alternativas] </pre>	Se realiza un análisis de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades con el fin de establecer la estrategia más adecuada de implementación.
4	 <pre> graph TD D[Alternativas] --> E{Estudio de Factibilidad Financiera} </pre>	Del FODA se elige la estrategia a seguir para superar las debilidades, neutralizar las amenazas, apoyarse en las fortalezas y aprovechar las oportunidades. En esta etapa se define los parámetros y característica del proyecto: ubicación, diseño físico, costos financieros, administrativos, legales, etc. Es decir se establecen las variables que permiten cuantificar los ingresos y egresos y establecer probables escenarios a enfrentar.
5	 <pre> graph TD E{Estudio de Factibilidad Financiera} -- NO --> D E -- SI --> F[Selección de la mejor Alternativa] </pre>	En esta etapa se analiza la rentabilidad del proyecto a través del indicador VAN, el cual es calculado en función de los casos propuestos. Se evalúa si es factible implementar la tecnología BIM en el proyecto caracterizado.
6	 <pre> graph TD F[Selección de la mejor Alternativa] --> G[Decisión de Implementación BIM] </pre>	Se elige la mejor alternativa de implementación, en función de los casos y parámetros evaluados en las etapas anteriores.
7	 <pre> graph TD G[Decisión de Implementación BIM] </pre>	Se decide finalmente la conveniencia de implementar BIM en el proyecto caracterizado.

Figura 4.11: Metodología de evaluación para la implementación del BIM
Fuente: Elaboración propia

Para efectos de la elegir la conveniencia o no de la implementación del BIM en un proyecto inmobiliario particular, se considera determinante y suficiente evaluarlo en función de la metodología planteada en la figura 4.11, siendo posible rescatar parámetros financieros que permiten determinar si la implementación del BIM es beneficiosa para el desarrollo del proyecto.

Por lo pronto, desde el contexto de los antecedentes estudiados se presume beneficioso apoyarse de las herramientas BIM para el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional, en que para sustentar los argumentos mencionados hasta este apartado, es preciso realizar un diagnóstico más acabado que nos permita decidir si es conveniente de invertir en nuevas tecnologías que implican cambios metodológicos importantes en la gestión de un proyecto inmobiliario habitacional.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM EN UN PROYECTO INMOBILIARIO HABITACIONAL EN ALTURA

5.1 Introducción

En el presente capítulo se analiza el impacto económico de la implementación del BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario habitacional en altura.

Se ha escogido un proyecto habitacional en altura debido que la tendencia nos muestra que la incorporación del BIM formará parte del desarrollo de los proyectos inmobiliarios, así como lo son los sistemas CAD, siendo motivo más que suficiente para evaluar la implicancia de la implementación y evaluar la conveniencia de realizar la inversión o bien mantener el esquema “tradicional” de gestión.

En los capítulos anteriores se han tratado suficientes argumentos que nos muestran cuales son los beneficios y eventuales desventajas ante la implementación del BIM en proyectos de construcción, sin encontrar estudios suficientes enmarcados en proyectos inmobiliarios habitacionales en altura. Se pretende en este capítulo profundizar el análisis sustentados en variables financieras como el ROI y el VAN siendo decidoras para que el gestor concluya si mantendrá su metodología de trabajo, o bien si se ajustará a los desafíos que ofrece el mercado mediante la introducción de la tecnología BIM.

5.2 Antecedentes sobre la implementación del BIM en proyectos inmobiliarios

Es común abordar la implementación a partir del uso de una nueva tecnología como una herramienta que apoya las operaciones, como por ejemplo, lo sería el diseño tridimensional o la materialización de un presupuesto, que son rescatables a través del uso del BIM.

Aliaga (2012) menciona que utilizar tecnología BIM para el diseño, no está relacionada solamente a elegir cierto programa que pueda considerarse apropiado para trabajar en una determinada especialidad de un proyecto, sino que para contar con una planificación del uso acorde a las necesidades de la empresa o el cliente, es preciso producir un cambio en la forma en que se desarrollan los trabajos, enfocado específicamente a la estructuración interna de cada área, y para esto es importante crear un plan de ejecución o metodología de trabajo asociada. Al contar con esta descripción de planificación, tenemos definido un proceso para lograr un trabajo conjunto para el desarrollo del proyecto.

5.2.1 Implementación del BIM en términos contractuales

El uso de la herramienta del BIM implica un cambio metodológico que involucra a los principales gestores del proyecto inmobiliario, por lo tanto, es fundamental definir y acotar las responsabilidades desde el principio. Los contratos en “formato BIM” en general aún no están bien definidos, debido a las dificultades que conlleva establecer responsabilidades, y aún más si la aplicación no ha sido masificada y las planificaciones no involucran al BIM como parte sustancial del proceso.

Los contratos BIM actuales requieren que las partes que entran en el acuerdo tengan un conocimiento profundo de sus procesos, como el intercambio de modelos a través objetos parametrizados.

Para una empresa que se inicia en la aplicación, es recomendable apoyarse de un profesional experimentado o bien contratar alguna empresa consultora que haya trabajado con proyectos BIM de manera que colabore en la definición de funciones y asignación de responsabilidades entre los participantes del proyecto y posteriormente implementar la metodología que más se ajuste a los requerimientos particulares que demanda el proyecto.

Lo anterior simplificaría el proceso debido que se acotan los objetivos de cada agente interventor, los cuales pueden ofrecer información más detallada y por sobre todo porque evita se produzcan posibles conflictos en relación a la información que debe entregar cada miembro del proceso. Si no fuera posible contar con el apoyo de un especialista BIM, sería preciso al menos apoyarse de un asesor legal que redacte un contrato acotando las responsabilidades, con el foco en la integración del BIM y en el equipo del proyecto, definiendo claramente los roles de cada uno.

En la actualidad, el Instituto Americano de Arquitectos (AIA), los Contratistas Generales Asociados de América (AGC), y el Instituto de Diseño y Construcción de América (DBIA) tienen todos los documentos que marcan relación con la integración del equipo de proyecto y los métodos alternativos de entrega. Sin embargo, la AIA y el AGC son hasta ahora las dos organizaciones que han desarrollado un lenguaje para un contrato BIM que se ocupa específicamente de la construcción de modelado de información, definir los roles y responsabilidades dentro del equipo y durante el proceso su gestión.

Lo más importante en un proceso BIM integrado es la selección del equipo, idealmente, se debe seleccionar a las empresas y profesionales con los cuales se ha trabajado, y que tengan la capacidad de desarrollar proyectos con la herramienta BIM también. La selección del equipo adecuado establece la tendencia hacia el éxito de la implementación.

Muchos subcontratistas y consultores no tienen experiencia en el uso del BIM, entonces bajo esta circunstancia se debe saber cuál es la postura ante el cambio, vale decir, si el subcontratista es receptivo a la utilización de nuevas tecnologías y métodos de entrega o lo contrario, y también conocer si será capaz de entregar información que, en ocasiones, también son reticentes de aportar, siendo un tema relevante a resolver.

El proceso de utilización de la tecnología BIM se hará más eficiente a medida que aumente la experiencia entre los equipos. Si no fuera posible que el subcontratista implemente la tecnología en su equipo, existe la opción de externalizar el servicio de manera tal que todos intercambien la información bajo el mismo lenguaje. Ahora bien dado que las empresas contratistas no poseen los conocimientos suficientes para el cambio, se estima que la mejor opción sería externalizar el servicio completo donde el inconveniente se produciría en el establecimiento de responsabilidades.

5.2.2 Costos de implementación del BIM

Es interesante ver cómo el esfuerzo asociado con los procesos tradicionales se centra más en la fase de ejecución, sin embargo, los costos de implementación comienzan antes de esta etapa, lo que favorece en la disminución de contratiempos en ésta. Tal como se planteó en el capítulo anterior, mientras antes y más detallado sea el estudio del proyecto, menor será el impacto sobre sus

costos, por lo que se busca resolver de forma temprana los problemas, debido que se complejizan a medida que el proyecto avanza. La aplicación del BIM en etapas tempranas favorece entonces la tendencia de disminuir los imprevistos o problemas asociados a la coordinación o falta de detalles en el proyecto.

Se ha tratado que la implementación del BIM implica grandes cambios los cuales no pueden verse a la ligera, es preciso analizar los pros y los contras, hacer un balance y tomar una decisión informada. En general, los contras de una manera u otra se evalúan en términos de costos. Desde la perspectiva de la herramienta, los costos directos representan la inversión realizada en la adquisición de licencias y capacitación de los usuarios, y los costos indirectos representan las consecuencias de la pérdida de productividad en el período de aprendizaje y adaptación. Estos factores pueden ser combinados y ponderados en la forma de un análisis de Retorno sobre la Inversión (ROI – *Return on Investment*).

Básicamente, el análisis del ROI es un estudio comparativo entre las ganancias y las pérdidas previsible de la inversión.

Fórmula ROI:

$$ROI = \frac{Ganancias}{Costos}$$

La complejidad de la fórmula aumenta a medida que se consideran más variables de costos. Algunas variables son difíciles de determinar, por lo que es preciso realizar estimaciones o proyecciones basadas en estudios o antecedentes que puedan sustentar los planteamientos.

La variable asociada a la pérdida de productividad es difícil de precisar, siendo probable que en un principio exista una pérdida de productividad, pero a medida

que aumenta el aprendizaje, la tendencia es a obtener ganancias. La siguiente figura ilustra lo que sucede cuando el nuevo sistema se pone en marcha:

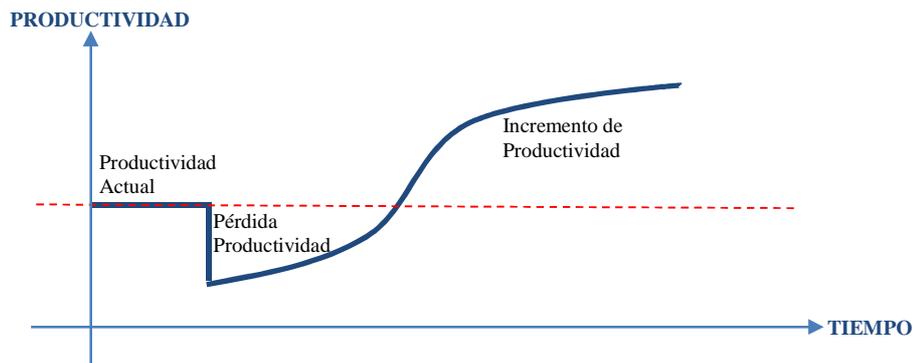


Figura 5.1: Productividad del diseño en la implementación de un sistema BIM.
Fuente: Elaboración propia. Adaptación Tesis Coloma (2012), Página 196

A continuación se muestra una fórmula estándar para el cálculo del retorno de la inversión en el primer año, el uso de variables relacionadas con los costos del sistema, el aprendizaje y el sistema general de ahorro productivo:

$$ROI = \frac{\left(B - \left(\frac{B}{1+E} \right) \right) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)}$$

, siendo:

- A : costo del hardware [UF]
- B : costo de mensual implementación [UF]
- C : tiempo para formación e habituación [meses]
- D : pérdidas de productividad durante la formación [%]
- E : ganancias de productividad después de la formación [%]

Para comprender mejor la ecuación se desprende lo siguiente:

- El numerador de la ecuación representa los beneficios a una mayor productividad.

- $B - \left(\frac{B}{1+E}\right)$: representa el incremento medio mensual de la productividad.
- $(12 - C)$: representa el número de meses al año que ya no están bajo el aprendizaje.

- El denominador de la ecuación representa la parte relativa a los costos.

Tabla 5.1: Variables para el cálculo del ROI

A: costo del hardware y software	200 UF
B: costo de implementación	85 UF
C: tiempo para la formación	6 meses
D: pérdida de productividad durante la formación	50%
E: ganancias de productividad después de la formación	25%

La cifra de aumento de la productividad utilizada en el cálculo de muestra (25%) es indicativa de los resultados comunicados por Autodesk y corresponde a una estimación conservadora.

Un cliente de Revit Architecture de Rhode Island, *Donald Powers Architects*, calculó los aumentos de productividad logrados con el uso de Revit Architecture. El director, Donald Powers, afirma que “Con aproximadamente 20 proyectos finalizados con Revit, la empresa ha obtenido un incremento de la productividad del 30 por ciento en diseño y documentación, y una disminución del 50% de las solicitudes de información durante la construcción.” Además, el tiempo destinado a formación (el tiempo que necesitaron para ser igual de productivos con el nuevo sistema que con el anterior) fue tan sólo de 14 días, muy menor frente a los 6 meses utilizados en nuestra fórmula de muestra.

Utilizando las cifras presentadas en la tabla 5.1, el ROI calculado está algo por encima del 22%. Es un ROI favorable para una inversión en tecnología, y sería una decisión financiera fácil de tomar para un propietario.

En una encuesta realizada por Autodesk, “más de la mitad de las personas que respondieron experimentaron aumentos de productividad superiores al 50% con el uso de la solución de modelado de información de edificios Revit y un 17% experimentaron aumentos de productividad superiores al 100%”.

Según encuestas realizadas por Autodesk, se rescata que: “la adopción del BIM había modificado la repartición del tiempo entre los procesos tradicionales de diseño y documentación. Al utilizar Revit Architecture habían disminuido las horas dedicadas a elaborar documentos de construcción en un 10%, con lo que podían destinar ese tiempo adicional a tareas más constructivas de diseño inicial. A consecuencia de ello, estaban reevaluando sus propias estructuras de honorarios.”

Estudios presentados en la tesis de Salih (2012) muestran los resultados del ROI calculados a partir de la recopilación de datos de 10 proyectos llevados a cabo por la empresa *Holder Construction* en EE.UU., ver tabla 5.2 El rango en el retorno de la inversión varía debido a diferentes ámbitos de BIM aplicados a proyectos distintos. El cálculo se basa en el precio directo medido desde la detección de conflictos durante la fase de construcción o en fase de planificación al hacer el análisis de valor para estimar la reducción de costos.

Tabla 5.2: Registros ROI de 10 proyectos evaluados por Holder Construction.

Fuente: Salih, 2012

Año	Costo Proyecto (US\$M)	Proyecto	Costo BIM (US\$)	Beneficio BIM (US\$)	Costo del BIM / Proyecto (%)	Beneficio BIM / Costo Proyecto (%)	ROI BIM (%)
2005	30	Ashley Overlook	5.000	135.000	0,02%	0,45%	2600%
2006	54	Progressive Data Center	120.000	395.000	0,22%	0,73%	229%
2006	47	Raleigh Marriott	4.288	500.000	0,01%	1,06%	11560%
2006	16	GSU Library	10.000	74.120	0,06%	0,46%	641%
2006	88	Mansion on Peachtree	1.440	15.000	0,00%	0,02%	942%
2007	47	Aquarium Hilton	90.000	800.000	0,19%	1,70%	789%
2007	58	1515 Wynkoop	3.800	200.000	0,01%	0,34%	5163%
2007	82	HP Data Center	20.000	67.500	0,02%	0,08%	238%
2007	14	Savannah State	5.000	2.000.000	0,04%	14,29%	39900%
2007	32	NAU Science Lab	1.000	330.000	0,00%	1,03%	32900%
Promedio					0,06%	2,02%	

En la tabla 5.2 se observa que el costo promedio de la implementación del BIM es 0,06% sobre el costo del proyecto y el ahorro medio es de 2,02% sobre el costo de cada proyecto. Salih menciona que su hallazgo importante es que “el costo de la implementación del BIM sobre el costo del proyecto difiere significativamente de la suposición hecha por otros estudios Giel et al., 2009, por ejemplo, concluyéndose en esa evaluación que el costo de la implementación del BIM es un 0,5% sobre el costo del proyecto, en promedio. Por lo tanto el promedio de 0,5% presentado por Giel es mucho más elevado en comparación con los resultados presentados por *Holder Construction*.

En Chile también han existido esfuerzos de evaluar el ROI en proyectos de construcción rescatando la siguiente información:

Tabla 5.3: Resumen ROI en distintos proyectos realizados en Chile.

Fuente: adaptación Saldía, 2012

Costo (US\$M)	Proyecto	Costo BIM (US\$)	Beneficio BIM (US\$)	Costo del BIM / Proyecto (%)	Beneficio BIM / Costo Proyecto (%)	ROI BIM (%)
45	Acuario "Hilton"	90.000	600.000	0,20%	1,33%	667%
98	Edificio Medico "Camino"	410.000	3.000.000	0,42%	3,06%	732%
150	Datacenters	110.000	220.000	0,07%	0,15%	200%
28	Ampliación Clínica Dávila	27.000	65.000	0,10%	0,23%	241%
76	Planta de Tratamiento	40.000	150.000	0,05%	0,20%	375%
250	Centro de Música	100.000	500.000	0,04%	0,20%	500%
200	Edificio de Oficina	50.000	3.000.000	0,03%	1,50%	6000%
100	Centro Comercial	40.000	575.000	0,04%	0,58%	1438%
250	Campus Universitario	400.000	16.800.000	0,16%	6,72%	4200%
26	Gran Santiago	59.000	360.000	0,23%	1,38%	610%
20	Mall Paseo Estación	38.000	120.000	0,19%	0,60%	316%
9	Ángel Cruchaga	31.000	11.000	0,34%	0,12%	35%
Promedio				0,16%	1,34%	

Los antecedentes presentados en las tablas 5.2 y 5.3 nos muestran promedios de proyectos de distinta tipología y envergadura por lo no es posible rescatar resultados fieles aplicables a proyectos inmobiliarios habitacionales en altura, pero sí pueden ser tomados como base para estimaciones más precisas. Se destaca que los costos de implementación son marginales frente a los costos del proyecto, por lo que a mayor costo de construcción, se obtendrían más beneficios, lo que debiera ser correspondido con otras variables financieras que nos muestre el impacto de la utilización de las herramientas BIM sobre la rentabilidad del proyecto.

Para calcular el ROI desde el punto de vista de la generación de ingresos, a menudo se utilizan estimaciones, lo cual reduce la precisión del análisis, por lo que un análisis más exhaustivo del ROI sobre la adopción de BIM podría incluir el aumento de los beneficios derivados de un aumento del VAN, por ejemplo, siendo posible proyectar los beneficios en la eficiencia para el desarrollo del diseño, que incidiría en mejoras de la calidad del proyecto, mejoras de la comunicación, reducción de pérdidas asociadas a la falta de información, etc.,

siendo la dificultad realizar una proyección adecuada del valor de estos beneficios.

5.2.3 Resultados de implementación del BIM

Resultados evaluados por la Universidad de Stanford, específicamente el Centro de Servicios Integrados de Ingeniería (CIFE) en el año 2007, cuantificó los beneficios que se obtuvieron aplicando BIM en 32 grandes proyectos, destacándose los siguientes resultados:

1. Eliminación de hasta un 40% de los cambios no presupuestados (imprevistos).
2. Reducción de hasta el 80% del tiempo empleado para generar una estimación de los costos.
3. Ahorro de hasta un 10% del valor del contrato a través de detecciones de interferencias y conflictos.
4. Reducción de hasta el 7% en el tiempo del proyecto.

Por otro lado, en Estados Unidos, la utilización de los programas BIM aplicados al desarrollo de los proyectos han demostrado una disminución del costo final de construcción estimado entre un 3 y hasta un 9% del presupuesto base, y es por esta razón que actualmente más del 50% de los gestores de proyectos exigen tecnologías BIM para el desarrollo de sus proyectos (McGraw Hill, 2009).

Ambos resultados fortalecen los estudios realizados en Brasil y en Chile, donde es posible concluir que la implementación del BIM reduce el 6% de los Costos de Construcción.

5.3 Elección del método de implementación del BIM

A continuación se presenta una tabla que muestra las ventajas y desventajas en la adopción de los modelos disponibles para que el gestor tome la mejor opción para la implementación del BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

Tabla 5.4: Opción de modelos a adoptar en la empresa inmobiliaria

Método	Ventaja	Desventaja
Contratación de proveedor de servicios especializados	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de implementación; • No se requiere de servidor propio y de personal para el soporte y mantenimiento de los sistemas; • Dispone de una variedad de modelos que se ajustan al sistema de gestión o el modelo de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se limita en cuanto a la elección de un modelo particular que sería genérico para los proyectos; • El acceso a los archivos y documentos depende de una buena comunicación entre la oficina de servicios y el cliente, por lo que no es directa para el Mandante;
Adquisición de software específico	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de mantenimiento; • Posibilidad de contar con un centro de procesamiento de la información propio (servidor) o bien externalizar esa opción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de la aplicación; • Requiere de inversión en infraestructura y mano de obra calificada para establecer la base de datos y los mantenimientos del sistema; • Se limita en cuanto a la elección de un modelo particular que sería genérico para los proyectos; • Dependencia de los desarrolladores de sistemas para implementar nuevas tecnologías y recursos.

Desarrollo propio del software	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de adaptación a los requerimientos propios y metodologías que se ajustan al formato de la empresa; • Posibilidad de contar con un centro de procesamiento de la información propio (servidor) o bien externalizar esa opción. • Posibilidad de adopción del software de código abierto como el sistema base. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de la aplicación; • Requiere inversión en conformación de equipo y desarrollo; • Requiere de inversión en infraestructura y mano de obra calificada para establecer la base de datos y los mantenimientos del sistema;
--------------------------------	--	---

Como primera experiencia de implementación de BIM para el apoyo en la gestión de un proyecto se recomienda escoger la modalidad “contratación de un proveedor de servicios especializados”, puesto que de esta manera se evita incurrir en pérdidas de tiempo asociadas a la conformación de un equipo que se adecue a la aplicación de la tecnología, donde de igual manera es posible tener una primera impresión sobre la experiencia adquirida. En este caso, la empresa de coordinación o gestión de proyectos BIM se encargaría de solucionar todos los requisitos técnicos y operativos con el fin de garantizar la calidad y entrega de lo requerido.

Una vez contado con una primera experiencia, y obtenido resultados favorables, es posible adquirir el software más adecuado y finalmente acercarse a instancias de mayor desarrollo de la herramienta.

Independiente de la opción escogida, habrá un costo asociado que tendrá un impacto sobre la inversión, el que debe ser analizado y contrastado con los beneficios que pudiera otorgar la implementación de la herramienta BIM.

5.4 Análisis FODA

El enfoque verdaderamente innovador de las herramientas digitales se presta en el dominio una metodología que se ajuste a la estructura organizacional de la empresa y los objetivos de desarrollo.

Tal como se ha mencionado el desafío de la implementación de una metodología debe ser aceptada por el inversionista, con el fin de obtener el capital necesario para su desarrollo. El gestor inmobiliario suele concentrarse en los aspectos positivos del negocio, es decir, en lo que sucederá si todo sale bien, y el inversor piensa más en lo que podría salir mal, por lo que es necesario evaluar las consideraciones Optimistas y Pesimistas, respectivamente.

Las proyecciones financieras son un acto de una serie de hipótesis que posteriormente se reflejan en una metodología o plan de trabajo que sustenta los objetivos del proyecto. Los proyectos inmobiliarios, por su duración y cifras involucradas, enfrentan demasiadas incertidumbres en lo referente a costos, precios de venta, duración de la obra y al horizonte del proyecto.

Uno de los objetivos de la implementación del BIM en un proyecto inmobiliario es justamente disminuir las variables de incertidumbre. El riesgo y la incertidumbre se pueden acotar y gestionar con un adecuado estudio previo que defina la conveniencia de la implementación del BIM, y para identificarlas se realiza un análisis FODA, cuyo objetivo es mitigar los riesgos asociados a la inversión.



Figura 5.2: Proceso de mitigación del riesgo
Fuente: Elaboración propia

Del FODA surgen las principales variables que impactarán en la viabilidad de la implementación del modelo, las que deberán tenerse en cuenta para la construcción de los casos y escenarios probables. En relación a la implementación del BIM se analizará las variantes que presenta el VAN al ocuparla, y su incidencia frente a un proyecto inmobiliario habitacional en altura que no considera el uso de la tecnología, proyectando escenarios probables de manera que el estudio sea confiable y avalen las proyecciones.

El objetivo es demostrar al inversor la conveniencia de invertir en la implementación de la tecnología que implica paralelamente un cambio metodológico de la forma de gestionar un proyecto inmobiliario.

1) Fortalezas:

- Mayor eficiencia en la búsqueda de información relevantes para la materialización de documentos (EETT);
- Mayor fluidez en la comunicación entre los involucrados del proceso;
- Automatización de los procesos de trabajo.
- Mayor eficiencia en la recopilación de información.
- Integración de los procesos de producción y gestión de documentos que se traducen en un esfuerzo de ahorro a nivel administrativo;
- Simplificación en la recopilación de información que se produce en los proyectos anteriores o de fuentes externas de información;
- Creación de condiciones favorables para el trabajo simultáneo de varios diseñadores, resultando en períodos más cortos para el desarrollo de proyectos;
- Eliminación de la duplicidad de información, lo que evita la ocurrencia de errores asociados;
- Reducción de los trabajos rehechos debido falta de información o problemas de coordinación;

- Aumento de la productividad debido que el traspaso de la información es más efectiva vale decir visible;
- Minimización de consultas de proyecto y/o requerimiento de información (RDI);
- Resolución más rápida de las consultas de proyecto;
- Simplificación en el estudio de modificaciones de proyecto;
- Mejora la cooperación interdisciplinaria.

2) Oportunidades:

- Aumentar la rentabilidad del proyecto;
- Disminuir los tiempos de ejecución del proyecto;
- Mejorar la calidad del producto inmobiliario;
- Obtener mayor satisfacción del cliente.

3) Debilidades:

- Posibilidad de producir impacto en los aspectos funcionales (primera experiencia);
- Posibilidad se produzca aumento de las consultas;
- Dificultad para que los actores del proceso implementen el BIM en su esquema de trabajo;
- Posibilidad de producir fallos en la exportación de información;
- Generar duplicidad en la información de proyecto.

4) Amenazas:

- Posibilidad de producir impacto negativo en los costos del proyecto;
- Posibilidad de cometer errores por falta de dominio de la herramienta;
- Posibilidad de pérdida de productividad;
- Posibilidad de ocurrencia de errores de diseño.

Del análisis FODA es posible desprender que las variables asociadas a los costos del proyecto serían los más determinantes a la hora de tomar una decisión si es conveniente o no implementar una tecnología basada en una nueva metodología, que a su vez redundaría en mejoras en los tiempos de trabajo y en la calidad del producto.

5.5 Estudio de casos

En el análisis se evaluarán los beneficios relacionados con la reducción de los sobrecostos debido a la utilización del BIM, vale decir los imprevistos ocurridos durante una obra de construcción que pueden ser cuantificables mediante los requerimientos de información (RDI). De los antecedentes presentados en capítulos anteriores se estima por tanto que es posible reducir al menos el 6% de los costos de construcción cuyo porcentaje estaría asociado a evitar que se produzcan problemas de coordinación mediante el estudio más detallado del proyecto, el cual puede ser mejorado mediante la utilización del BIM que también tiene un costo asociado.

Dado que uno de los motivos es promover la inversión de tecnología BIM al interior de la empresa, se incorporará la variable costo de implementación como un gasto fijo durante el transcurso del proyecto.

La evaluación se hará mediante tres casos, considerando un proyecto inmobiliario habitacional en altura tipo cuyo costo de construcción equivale a 150.000 UF, y cuyos ingresos del proyecto consideran valores promedio de 2.300 UF para 160 unidades de departamentos y 300 UF para 60 unidades de estacionamientos, adicionalmente se considera una inversión inicial asociada a la compra de un terreno cuyo costo equivale a 30.000 UF. En función de estos valores generales se presenta la característica del proyecto.

Tabla 5.5: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura

Contenido	Cantidad	Unidad
Superficie Terreno	2.000,00	m ²
Superficie Promedio Viviendas	65,00	m ²
Cantidad de Departamentos	160,00	unid
Cantidad de Estacionamientos	60,00	unid
Valor Promedio Venta	2.300,00	UF
Valor Estacionamiento	280,00	UF
Velocidad de Venta	4,00	Deptos./mes
Periodo de Evaluación	60,00	meses
Tasa de descuento	12,00	%

Frente a los parámetros del proyecto presentados en la tabla 5.5 se analizan tres casos:

CASO 1: Se analiza el impacto de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto considerando un Costo de Construcción equivalente a 150.000 UF.

Tabla 5.6: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura - Caso 1

Variables de Costo	(%)
Costo del Terreno	20%
Honorarios Profesionales	6%
Certificación y Permisos	3%
Costos Legales	2%
Publicidad y Promoción	2%
Gastos Generales	6%
Comisiones por Venta	2%
Implementación	Variable

Para el caso propuesto se consideran los siguientes escenarios de evaluación:

- **Escenario 1:** Se calcula el VAN del proyecto sin implementación del BIM.
- **Escenario 2:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y sin reducción de imprevistos.
- **Escenario 3:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 25% de reducción de los imprevistos.
- **Escenario 4:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 50% de reducción de los imprevistos.
- **Escenario 5:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 75% de reducción de los imprevistos.
- **Escenario 6:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 100% de reducción de los imprevistos.

Los beneficios obtenidos en función del Escenario 1 son los siguientes:

Tabla 5.7: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 1

Escenario	Reducción Imprevistos	% Beneficio
2	0%	-8,43%
3	25%	-3,35%
4	50%	1,74%
5	75%	6,82%
6	100%	11,90%

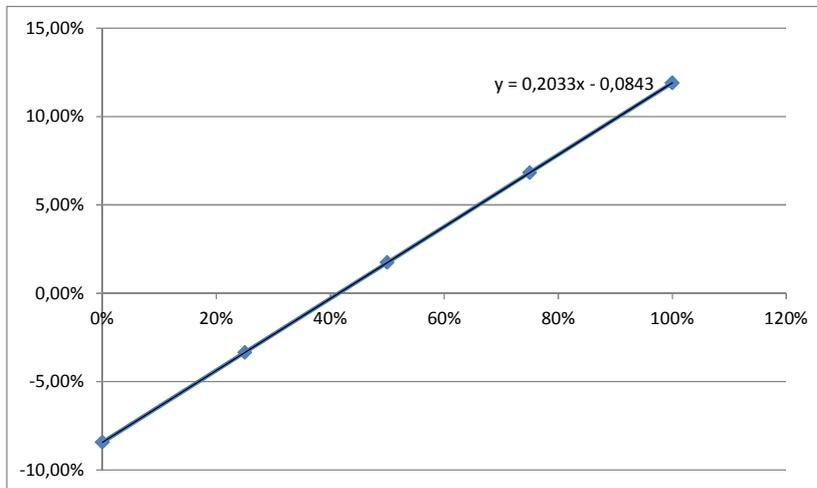


Gráfico 5.1: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 1

El gráfico 5.1 nos muestra la variación de la rentabilidad del proyecto sobre los imprevistos del proyecto, donde a medida que los imprevistos reducen, mayores beneficios se obtienen. En este caso la implementación favorece la rentabilidad del proyecto siempre y cuando disminuye al menos un 41,5% de los imprevistos, en caso contrario la implementación afecta negativamente sobre el proyecto.

CASO 2: Se analiza el impacto de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto considerando un Costo de Construcción equivalente a 165.000 UF, es decir un aumento del 10% del Costo en relación al caso 1.

Para el caso propuesto se consideran los siguientes escenarios de evaluación:

- **Escenario 1:** Se calcula el VAN del proyecto sin implementación del BIM.
- **Escenario 2:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y sin reducción de imprevistos.
- **Escenario 3:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 25% de reducción de los imprevistos.

- **Escenario 4:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 50% de reducción de los imprevistos.
- **Escenario 5:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 75% de reducción de los imprevistos.
- **Escenario 6:** Se calcula el VAN del proyecto considerando el costo de implementación del BIM y un 100% de reducción de los imprevistos.

Los beneficios obtenidos en función del Escenario 1 son los siguientes:

Tabla 5.8: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 2

Escenario	Reducción Imprevistos	% Beneficio
2	0%	-15,36%
3	25%	-6,10%
4	50%	3,16%
5	75%	12,43%
6	100%	21,69%

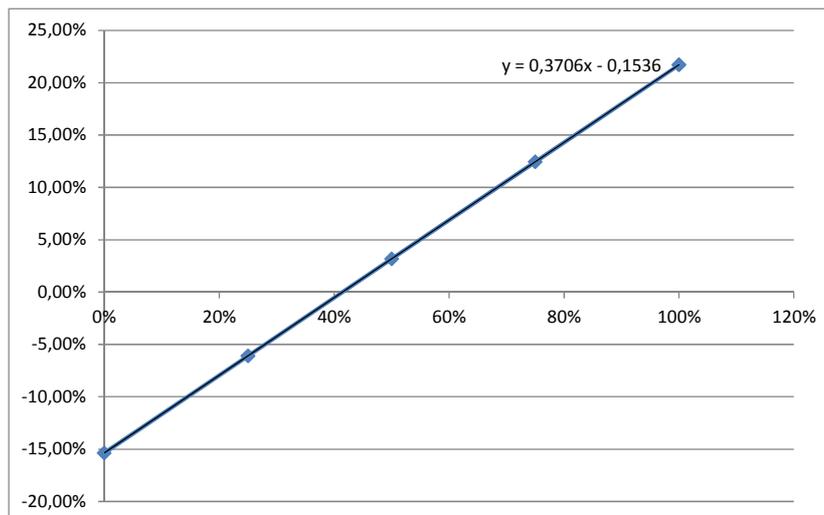


Gráfico 5.2: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 2

El gráfico 5.2 nos muestra la variación de la rentabilidad del proyecto sobre los imprevistos del proyecto, donde a medida que los imprevistos reducen, mayores beneficios se obtienen. Al igual que en el caso 1, la implementación favorece la rentabilidad del proyecto siempre y cuando disminuyan al menos un 41,5% de los imprevistos, presumiendo se cumple una constante para que la implementación beneficie al proyecto.

CASO 3: Se analiza el impacto de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto considerando un Costo de Construcción equivalente a 150.000 UF, en tanto los ingresos disminuyen un 10%.

Tabla 5.9: Parámetros del proyecto Inmobiliario Habitacional en Altura - Caso 3

Contenido	Cantidad	Unidad
Cantidad de Departamentos	144,00	unid
Cantidad de Estacionamientos	54,00	unid
Valor Promedio Venta	2.300,00	UF
Valor Estacionamiento	280,00	UF
Velocidad de Venta	4,00	Deptos./mes
Periodo de Evaluación	60,00	meses
Tasa de descuento	12,00	%

Los beneficios obtenidos en función del Escenario 1 son los siguientes:

Tabla 5.10: Beneficio de la implementación del BIM – Caso 3

Escenario	Reducción Imprevistos	% Beneficio
2	0%	-11,22%
3	25%	-4,45%
4	50%	2,31%
5	75%	9,07%
6	100%	15,84%

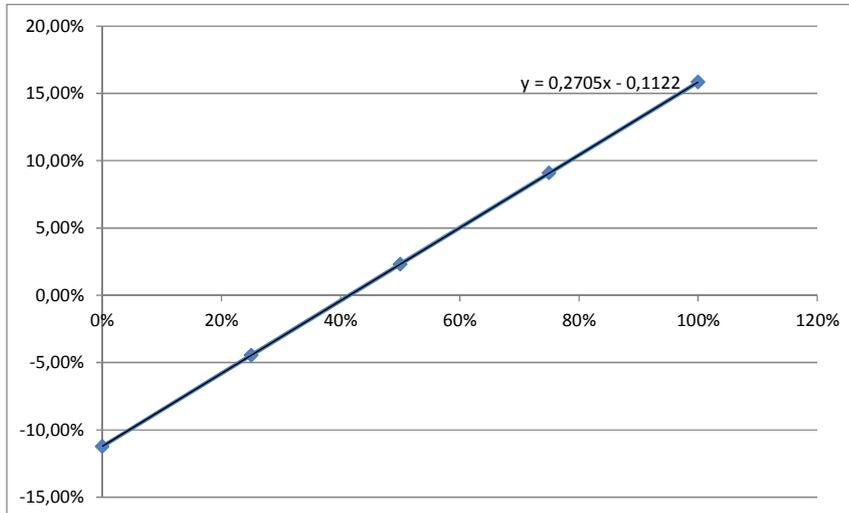


Gráfico 5.3: Curva beneficio implementación del BIM – Caso 3

Al igual que los casos 1 y 2, la implementación favorece la rentabilidad del proyecto siempre y cuando disminuyan al menos un 41,5% de los imprevistos, por lo que es posible establecer una constante para que la implementación beneficie al proyecto.

A continuación se presenta un gráfico combinado con los beneficios de la implementación del BIM en función de los tres casos evaluados, destacándose que es posible obtener mayor rentabilidad del proyecto siempre y cuando sea posible reducir al menos el 41,5% de los imprevistos ocasionados en obra.

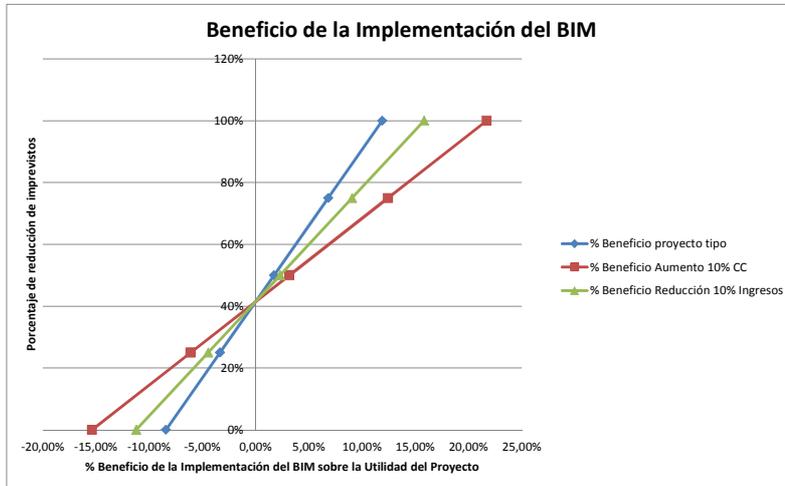


Gráfico 5.4: Curva beneficio implementación del BIM – Compilado

Cabe recordar que el 41,5% se obtiene conforme los parámetros recopilados en la literatura, vale decir presumiendo que los imprevistos ocasionados por descoordinación de proyectos reflejan una pérdida equivalente al 6% del Costo de Construcción.

De los resultados evaluados por la Universidad de Stanford, se rescata que con la utilización del BIM es posible eliminar el 40% de los imprevistos, cuyo valor se acerca a la estimación realizada, donde al menos sería preciso se reduzca el 41,5% de los imprevistos para que la implementación sea rentable para el proyecto.

Se destaca que los parámetros utilizados para los análisis consideran un costo de implementación equivalente a 100 UF por mes, distribuidos en los años que dura la evaluación del proyecto, siendo el costo requerido para el cambio metodológico. Cabe analizar qué sucede entonces si los costos de implementación varían.

5.6 Análisis de sensibilidad

Con el fin de contar con un espectro más amplio de la evaluación realizada se analiza el impacto sobre la rentabilidad considerando ingresos por concepto de venta y costo de implementación variables. Se establece un rango de precios de 2100 UF a 2500 UF de venta y una variación porcentual del costo de implementación sobre el costo de construcción entre el 1% y 4%, considerados bastante conservadores dado que los antecedentes nos señalan que el costo eventualmente se situaría entre el 0,5% y 1,5% aproximadamente.

En relación a lo anterior, se analizan tres escenarios, el primero considera la implementación del BIM sin obtener resultados favorables (PESIMISTA), el segundo considera la implementación del BIM donde es posible reducir el 40% de los imprevistos (PROBABLE) y finalmente el tercero considera la implementación del BIM donde es posible reducir el 100% de los imprevistos (OPTMISTA), vale decir el 6% de los Costos de Construcción.

Tabla 5.11: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto sin reducción de imprevistos (ESCENARIO PESIMISTA)

	2.100,00	2.200,00	2.300,00	2.400,00	2.500,00
49.372,40					
1,0%	31.220,31	42.005,90	52.791,49	63.577,07	74.362,66
1,5%	30.650,46	41.436,05	52.221,64	63.007,23	73.792,82
2,0%	30.080,61	40.866,20	51.651,79	62.437,38	73.222,97
2,5%	29.510,77	40.296,36	51.081,94	61.867,53	72.653,12
3,0%	28.940,92	39.726,51	50.512,10	61.297,68	72.083,27
3,5%	28.371,07	39.156,66	49.942,25	60.727,84	71.513,43
4,0%	27.801,22	38.586,81	49.372,40	60.157,99	70.943,58

Tabla 5.12: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto con 40% de reducción de imprevistos (ESCENARIO PROBABLE)

53.433,46	2.100,00	2.200,00	2.300,00	2.400,00	2.500,00
1,0%	35.281,36	46.066,95	56.852,54	67.638,13	78.423,72
1,5%	34.711,52	45.497,10	56.282,69	67.068,28	77.853,87
2,0%	34.141,67	44.927,26	55.712,85	66.498,43	77.284,02
2,5%	33.571,82	44.357,41	55.143,00	65.928,59	76.714,17
3,0%	33.001,97	43.787,56	54.573,15	65.358,74	76.144,33
3,5%	32.432,13	43.217,71	54.003,30	64.788,89	75.574,48
4,0%	31.862,28	42.647,87	53.433,46	64.219,04	75.004,63

Tabla 5.13: Variación de la rentabilidad del proyecto en función de los ingresos y costo de implementación – Proyecto con 100% de reducción de imprevistos (ESCENARIO OPTIMISTA)

59.525,04	2.100,00	2.200,00	2.300,00	2.400,00	2.500,00
1,0%	41.372,95	52.158,53	62.944,12	73.729,71	84.515,30
1,5%	40.803,10	51.588,69	62.374,27	73.159,86	83.945,45
2,0%	40.233,25	51.018,84	61.804,43	72.590,02	83.375,60
2,5%	39.663,40	50.448,99	61.234,58	72.020,17	82.805,76
3,0%	39.093,56	49.879,14	60.664,73	71.450,32	82.235,91
3,5%	38.523,71	49.309,30	60.094,88	70.880,47	81.666,06
4,0%	37.953,86	48.739,45	59.525,04	70.310,63	81.096,21

De las variaciones porcentuales sobre la rentabilidad del proyecto sin la implementación del BIM se tiene:

Tabla 5.14: Beneficio de la implementación sobre la utilidad

% Implementación	Pesimista	Probable	Optimista	PROMEDIO
1,0%	-2,11%	7,30%	16,71%	7,30%
1,5%	-3,17%	6,24%	15,66%	6,24%
2,0%	-4,23%	5,19%	14,60%	5,19%
2,5%	-5,28%	4,13%	13,54%	4,13%
3,0%	-6,34%	3,07%	12,49%	3,07%
3,5%	-7,40%	2,02%	11,43%	2,02%
4,0%	-8,45%	0,96%	10,37%	0,96%

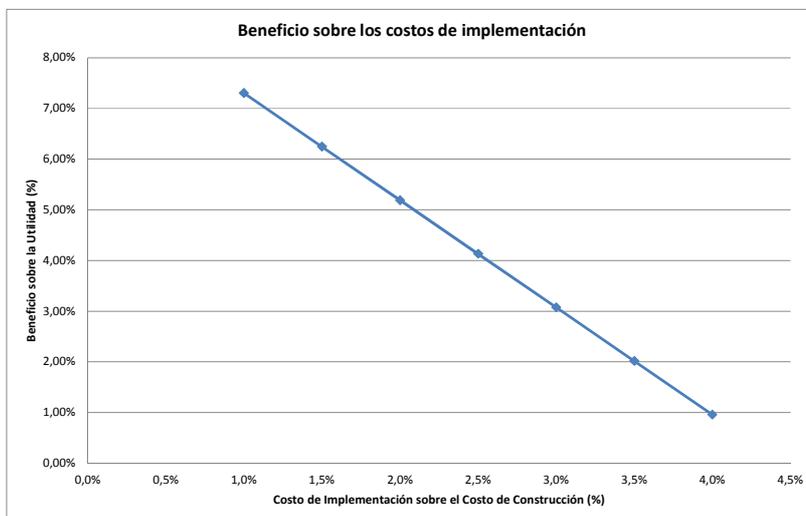


Gráfico 5.5: Curva beneficio implementación sobre la rentabilidad del proyecto

En el gráfico 5.5 se observa que a medida que los costos de implementación aumentan, menor resulta el beneficio sobre la utilidad, por otro lado, a medida que el costo de implementación es menor y los costos asociados a imprevistos disminuyen al menos el 40% de los problemas entonces es posible aumentar la rentabilidad del proyecto hasta un 7% sobre las utilidades generadas sin la utilización del BIM.

Ahora bien, y en razón de establecer un criterio final de evaluación se consideran las siguientes probabilidades para cada escenario:

Tabla 5.15: Escenarios de la implementación del BIM

Escenario	Situación	Probabilidad
PESIMISTA	Implementación del BIM sin reducción de imprevistos	16,7%
PROBABLE	Implementación del BIM con reducción del 40% de imprevistos	66,7%
OPTIMISTA	Implementación del BIM con reducción del 100% de imprevistos	16,7%

Tabla 5.16: Impacto de la implementación sobre la utilidad

Escenario	Probabilidad	Riesgo
PESIMISTA	16,7%	-5,3%
PROBABLE	66,7%	2,3%
OPTIMISTA	16,7%	13,5%

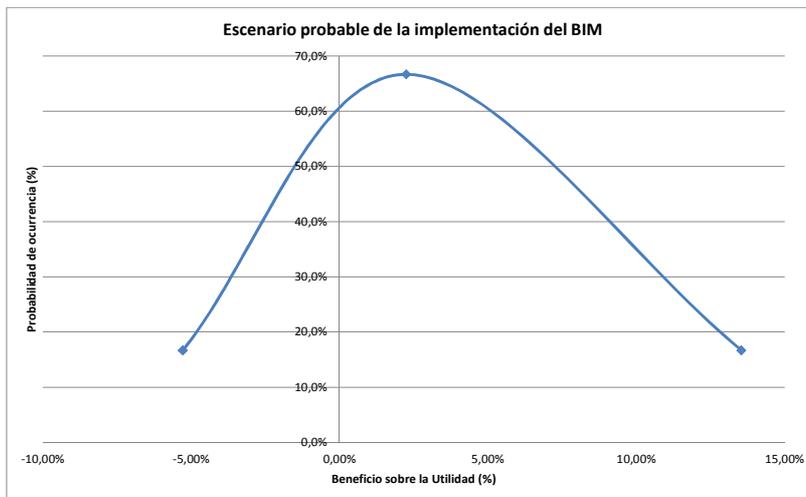


Gráfico 5.6: Impacto de la implementación sobre la utilidad del proyecto

De la tabla 5.16 se rescata que la implementación de BIM podría afectar negativamente hasta un 5,3% sobre la utilidad generada, por otro lado, si los resultados son mayores a los esperados, podría favorecer en un incremento de hasta un 13,5% sobre las utilidades generadas, siendo lo más probable al menos aporte en 2,3% sobre lo esperado. Ponderando los valores obtenidos se concluye que es posible aumentar la rentabilidad del proyecto un 3% sobre lo esperado.

Es importante destacar que el costo de implementación se distribuye a lo largo del proyecto, transformándose en un costo fijo asociado al tiempo destinado para la adaptación de la herramienta, en que si eventualmente es menor el tiempo, mayores beneficios se podrán obtener.

En relación a los análisis de los casos evaluados, se estimará qué sucede a medida que el costo de construcción varía en relación al costo del proyecto, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5.17: Beneficio de la Implementación del BIM sobre la variación del Costo de Construcción

Variación del Costo de Construcción (%)	Relación Costo de Construcción / Costo Proyecto (%)	VAN con implementación (UF)	VAN sin implementación (UF)	Variación VAN (UF)	Beneficio de la implementación (%)
-33%	43%	108.483	105.776	2.707	-33,3%
-27%	47%	97.473	94.495	2.978	-26,7%
-20%	51%	86.463	83.215	3.249	-20,0%
-13%	55%	75.453	71.934	3.520	-13,3%
-7%	60%	64.443	60.653	3.790	-6,7%
0%	64%	53.433	49.372	4.061	0,0%
7%	68%	42.423	38.092	4.332	6,7%
13%	73%	31.414	26.811	4.603	13,3%
20%	77%	20.404	15.530	4.873	20,0%
27%	81%	9.394	4.250	5.144	26,7%
33%	85%	-1.616	-7.031	5.415	33,3%

La tabla 5.17 muestra que a medida que los costos de construcción disminuyen en relación a los costos de proyecto, menos efectiva es la implementación del BIM, siendo proporcional a la variación del costo de construcción, comprobándose que a mayor costo de construcción, más beneficios se obtienen, siendo posible incrementar la rentabilidad del proyecto hasta un 13%.

Finalmente se analiza como primera opción la contratación de un proveedor especializado en el uso de la plataforma, en que según los antecedentes, el costo, en término el conservador se estima 0,5% sobre los costos del proyecto.

CASO 4: Se analiza el impacto de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto considerando un costo del servicio de coordinación equivalente a 0,5% sobre el costo del Proyecto.

Tabla 5.18: Beneficio de la implementación del BIM sobre la rentabilidad del proyecto.

Precio de venta / Tasa de Descuento	2100 (UF)	2200 (UF)	2300 (UF)	2400 (UF)	2500 (UF)	Beneficio Promedio (%)
12%	10,79%	8,09%	6,47%	5,39%	4,62%	7,07%

En promedio se obtiene que contratando una empresa especializada es posible incrementar la rentabilidad del proyecto al menos un 7%, esto en razón de conservar una tasa de descuento de 12% y una reducción del 40% de los imprevistos del proyecto.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

En relación a la hipótesis y objetivos planteados se concluye:

El uso de la herramienta BIM en los procesos de gestión de un proyecto inmobiliario habitacional en altura favorece hasta un 13% el incremento de la rentabilidad del proyecto, al compararlo con uno que no ha utilizado la herramienta BIM en su proceso de gestión, presentándose este escenario cuando la implementación se encuentra en proceso de régimen, y considerando una reducción del 40% de los imprevistos asociados a descoordinaciones de diseño.

Por otro lado, cuando el gestor inmobiliario considere la contratación de un servicio externo especializado para que se encargue de la implementación del BIM en los procesos de gestión, entonces se estima favorecer hasta un 7% el incremento de la rentabilidad del proyecto, al compararlo con uno que no ha utilizado la herramienta BIM en su proceso de gestión.

Las cifras destacadas se han sustentado en estudios realizados por instituciones extranjeras y chilenas, concluyendo que al menos el 6% del costo de construcción puede ser mejorado optimizando la gestión del proyecto inmobiliario a través del uso de tecnología BIM en la etapa de estudio, siendo el parámetro ocupado para efectuar el análisis financiero del proyecto propuesto.

Tal como se ha mencionado, uno de los objetivos de esta tesis es incentivar al inversor a que utilice las tecnologías BIM en sus procesos de gestión, concluyendo que a diferencia de lo que habitualmente se estima, el costo de la implementación no es elevado, y el riesgo de afectar en la utilidad proyectada es baja. Se considera que el peor escenario de implementación del BIM podría

afectar en una reducción del 5% de la rentabilidad esperada en el 17% de los casos.

Se ha propuesto una metodología que permite orientar al gestor inmobiliario ante la incorporación de nuevos parámetros en la evaluación financiera de un proyecto inmobiliario habitacional en altura de manera que sea posible establecer si opta o no por la inclusión de la tecnología BIM en los procesos de gestión.

En relación a los casos y escenarios evaluados se recomienda que el gestor inmobiliario considere como primera experiencia de implementación, el análisis de conflictos de diseño, estimándose conservadoramente que al cuarto proyecto desarrollado, el encargado de la aplicación del BIM se encontrará en pleno dominio de ella, siendo posible optimizar los procesos y lograr de esta manera una mayor rentabilidad.

Dificultades

La contratación de un servicio externo dificulta atribuir responsabilidades directas a la empresa prestadora por posibles descoordinaciones del proyecto. Esta situación podría variar si por ejemplo se asigna dicha responsabilidad al interior de la empresa, vale decir a Arquitectura o bien considerando una nueva figura, pudiendo representarse por el Coordinador de Proyectos BIM.

En proyectos donde se cuenta con la participación de muchos agentes que intervienen en los procesos, se producen intereses que se contraponen, por ende es esencial contar con un mecanismo que ayude a la alineación de los objetivos del proyecto.

La adaptación de los sistemas BIM al interior de una empresa involucra procesos que en ocasiones los inversores no están dispuestos a afrontar, presumiendo el

mismo escenario cuando se produjo la inserción de los sistemas CAD a los procesos de evaluación y diseño, siendo lo más probable que el inversor opte por la implementación paulatina y limitada.

Se observa poco interés de las empresas inmobiliarias que desarrollan proyectos habitacionales en altura a inclinarse por el cambio de sus metodologías de gestión, siendo preciso contar con profesionales capaces de liderar y derribar el paradigma actual.

Los proyectos habitacionales en altura normalmente operan con sistemas contractuales a Suma Alzada, donde la responsabilidad se traspasa al contratista ejecutor, por lo que el gestor inmobiliario en ocasiones no considera como relevante el estudio detallado del proyecto inmobiliario habitacional en altura, sobre todo por los periodos que involucra su desarrollo.

Recomendaciones

Si el gestor inmobiliario opta por la contratación externa, entonces se recomienda que la coordinación sea desarrollada por una empresa especializada que ofrezca servicios de Gestión o Asesorías de Proyectos, Inspección Técnica de Obra, Arquitectos independientes, o bien otro actor responsable que posea las competencias para elaborar el modelo y coordinarlo durante el ciclo de vida del proyecto.

Para asignar responsabilidades específicas a la empresa externa se recomienda adaptar los documentos presentados por la AIA C195-2008, y los Consensus 300, acotando las responsabilidades la figura “Coordinador de Proyecto BIM” que debiese interactuar desde etapas tempranas del proyecto y directamente con el Arquitecto del proyecto inmobiliario habitacional en altura.

Considerando que el producto inmobiliario debe cumplir con estándares de calidad cada vez más exigentes, entonces se recomienda ocupar las herramientas BIM en los procesos de gestión de manera que el proyecto se ejecute dentro de los plazos esperados y los costos proyectados, traduciéndose en minimizar las incertidumbres asociadas al incumplimiento contractual establecido con el cliente.

En cuanto a la implementación del BIM es preciso que el profesional a cargo cuente con experiencia suficiente del uso de la herramienta, capacidades técnicas y prácticas necesarias para liderar equipos de trabajo u orientar a los agentes que se desempeñan a lo largo de ciclo de vida del proyecto, vale decir, desde las fases tempranas de evaluación y diseño hasta la entrega del producto inmobiliario.

Para lo anterior, se recomienda fortalecer la enseñanza del uso de las tecnologías BIM en la formación de pregrado, apoyar e incentivar la promoción y difusión de éstas, a través de instituciones públicas o privadas ligadas al desarrollo e introducción de nuevas tecnologías que brinden mejoras a los procesos de gestión productivas del país.

Beneficios

En cuanto al paradigma asociado a los costos de implementación del BIM, se destaca que existen suficientes estudios que nos demuestran que el uso de tecnología en los procesos de evaluación de proyectos colaboran a que las empresas sean más competitivas, sustentando en este estudio de tesis que la relación costo / beneficio satisface al inversor en optar por el uso de las herramientas BIM en sus procesos de gestión.

Adicional a las variables económicas, se abre paso a generar proyectos que sean más sustentables y amigables con el medio, siendo posible destinar más tiempo para optimizar los diseños y proyectos de especialidades.

Contractualmente se disminuye los conflictos asociados a descoordinaciones de proyectos, dado que se reducen las causales asociadas a pérdidas de tiempo que derivan de la creación del diseño.

Los beneficios de la utilización de esta herramienta han sido tratadas en diversos estudios, estimándose que será favorable la implementación de la tecnología BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales en altura, sin embargo aún deben precisarse las dificultades tecnológicas asociadas a la interoperabilidad e integración con las demás tecnologías mediante métodos colaborativos, participativos o bien de intercambio de información que deben potenciarse.

Es posible evaluar el impacto del proyecto en el escenario de planificación urbana, siendo deseable que los proyectos se entreguen en formato digital bajo plataformas que integren la información que proporcionan las herramientas BIM.

Perspectivas

De acuerdo a lo investigado se proyecta que al 2019 al menos el 50% de las oficinas de arquitectura trabajen con herramientas BIM, el 30% de las oficinas de Ingeniería y el 10% de los contratistas, donde al 2029 el 100% estaría absolutamente familiarizado con el uso de las aplicaciones BIM.

En relación al uso de tecnología BIM en proyectos inmobiliarios habitacionales, se estima que una empresa inicialmente modificará su metodología de gestión, donde la primera opción sería la contratación de servicios especializados, siendo posible delegar la responsabilidad de coordinación a una empresa con mayor capacidad técnica para resolver los conflictos que pudieran ser visualizados,

además de minimizar el impacto derivado del periodo de aprendizaje, presumiendo que es necesario contar con al menos cuatro proyectos totalmente desarrollados con la herramienta BIM para que la tecnología se encuentre adaptada y en régimen, vale decir inserta en el proceso de gestión.

Es deseable que se generen mayores esfuerzos para promover la inversión en I+D a través de proyectos o fondos que sean desarrollados por universidades, empresas privadas y/o el sector público.

Acelerar la inserción de las tecnologías BIM abre paso a la creación de nuevas perspectivas de desarrollo y gestión de proyectos inmobiliarios habitacionales en altura que cumplan con mejores expectativas de calidad. Esto implica que todos los agentes que interactúan en el proceso y elaboración del proyecto se concienticen sobre la relevancia de contar con metodologías que se ajusten a las demandas actuales.

Es un desafío para las empresas inmobiliarias chilenas establecer sistemas integrados de información, lo que radica en compartir datos y procesos de negocio de forma transparente con el fin de que todos los actores puedan acceder a dicha plataforma. De acuerdo a lo investigado, los proyectos generados con la herramienta BIM se crean como un modelo único, siendo el desafío promover la integración de los sistemas. Según Gartner Group, “La integración de sistemas significa el compartir datos y procesos de negocio en forma irrestricta entre distintas aplicaciones interconectadas...”

El software Revit de Autodesk es uno de los programas BIM más ocupados en Chile, cuyo uso se torna más frecuente, revolucionando las actuales metodologías de gestión del diseño arquitectónico, siendo posible proyectar en 2D y 3D de manera simultánea con elementos constructivos compuestos que los constituyen, considerándose como lo más parecido a construir el edificio real, ya que contiene información descriptiva asociada a los elementos de diseño paramétricos, siendo

posible rescatar información para efectuar estudios detallados, como análisis de precios unitarios o análisis de eficiencia energética.

Es esperable que las oficinas de arquitectura dominen la herramienta más que los proyectistas o las constructoras, sin embargo se observa también lo contrario, vale decir que las constructoras optan por desarrollar las aplicaciones BIM con el fin de determinar las interferencias o problemas de proyecto, que resultan en cobros de adicionales que evidentemente no son esperables por la Inmobiliaria, pero sí evitables en tanto también prefieran evaluar los proyectos a través de la utilización de las herramientas BIM.

No cabe duda que el uso de la tecnología BIM será cada vez más recurrente, debido que se trata de una herramienta que no tan sólo se enfoca al diseño, sino que en reunir información suficiente que puede ser utilizada conforme el interés particular de cada agente que interactúa en el proceso de gestión de un proyecto inmobiliario habitacional en altura, siendo por tanto posible adaptarla de acuerdo a las necesidades y requerimientos del proyecto a desarrollar.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 Tesis y libros

1. ALARCÓN, L. F. y Mardones, D. A. 1998. Improving the design-construction interface, Proceedings IGLC, Guarujá, Brasil.
2. ALIAGA, G. D. 2012. Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios. Memoria (Título de Ingeniero Civil), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
3. BARAHONA, E. 2006. Gestión de proyectos de ingeniería, rediseño de los procesos de negocios en una empresa de estudios de vialidad. Tesis (Magister), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
4. BARZOZA DE SALLES, S. 2002. Coordenação de projetos de edifícios com emprego de sistemas colaborativos baseados em software livre. Memoria (Mestre em Construção Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidad Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.
5. BUCKER, M. B. 2010. Gerenciamento de conflitos, prevenção e solução de disputas em empreendimentos de construção civil. Tesis (Magíster), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil.
6. CAMPERO, M., ALARCÓN L.F. 2008. Administración de Proyectos Civiles. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

7. CAVALCANTE, E. 2002. Estudo de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção, Tesis (Magíster), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
8. COLOMA, E. 2012. Tecnologia BIM per al disseny Arquitectònic. Tesis (Doctorado) Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España.
9. DÍAZ, D. A. 2007. Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Memoria Memoria (Título de Ingeniero Civil), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
10. FERREIRA, R. C. 2007. Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações, Tesis (Magíster), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
11. GONÇALVES, R. B. 2009. Os recursos da computação gráfica na elaboração de projetos. Memoria (Magister), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Brasil.
12. GONZALEZ, A. M 2012. Propuesta de implementación del sistema last planner con el apoyo de modelación 4D para la obra gruesa de edificaciones. Memoria para optar al título Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
13. HERNÁNDEZ, N. D. 2011. Procedimiento para la Coordinación de Especialidades en Proyectos con Plataforma BIM. Memoria para optar al título Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

14. MELHADO, S. B. 1994. Qualidade de projeto na construção de edifícios: aplicação caso das empresas de incorporação e construção. Tese Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
15. MELHADO, S. B. 2001. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado a qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos do Concurso de Livre-Docência. São Paulo, Brasil.
16. MELLA, J. E. 2012. Diseño de un sistema de control de la puesta en obra del acero de refuerzo del hormigón armado utilizando tecnología BIM. Memoria para optar al título Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
17. NATIVIDADE, V. G. 2010. Fraturas metodológicas nas arquiteturas digitais. Dissertação Magister Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
18. PICCHI, F.A. 1993. Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. Tese Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
19. REPETTO. M. R. Evaluación de proyectos de inversión inmobiliarios. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
20. SALDÍAS, R. O. 2010. Estimación de los Beneficios de una Coordinación Digital de Proyectos con Tecnologías BIM, Memoria Ingeniero Civil,

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

21. SALIH, S. 2012. The Impact of BIM/VCD on ROI – Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects. Thesis Nº 177, programme Real Estate Development and Financial Services, Department of Real Estate and Construction Management, KTH Architecture and the Built Environment, Stockholm, Sweden.
22. SERPELL, A., ALARCÓN L.F. 2001. Planificación y Control de Proyectos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
23. SOUZA, A.L.R. 1996. O projeto para produção das lajes racionalizadas de concreto armado de edifícios. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 367p.
24. TORRES, C. A. 2013. Diseño plan de negocios de gestión inmobiliaria. Tesis (Magister), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
25. VIEIRA, F. 2003. Modelo de Referência para o gerenciamento do proceso de projeto integrado de edificações. Teses (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.

7.2 Artículos

1. AGUILERA, C. N. 2014. Tendencia futura en la industria inmobiliaria y de la construcción. Actualidad Inmobiliaria (Chile), en Internet 14 de mayo de 2014.

Disponibile en:

<<http://actualidadinmobiliariachile.blogspot.com/2014/05/tendencia-futura-en-la-industria.html>> [Consulta: 19 mayo 2014].

2. 11ª Conferência Internacional da LARES, Centro Brasileiro Britânico, São Paulo – Brasil (2011). O Programa de Desenvolvimento Gerencial para Empresas de Projeto. Flavia Rodrigues Souza, Nathália de Paula, Fernanda Andrade Ferrari, Silvio Burrattino Melhado.

Disponibile en: <<http://www.lares.org.br/2011/images/606-853-1-DR.pdf>> [Consulta: 21 junio 2014].

3. AQUINI, J. P, MELHADO S. B. Proposição de diretrizes para utilização de projetos para produção na construção de edifícios – Um estudo de Caso.

Disponibile en: <<http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A034.pdf>>

[Consulta: 21 junio 2013].

4. SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. B.; MELHADO, S. B. 1995. Projeto e inovação tecnológica na construção de edifícios: implantação no processo tradicional e em processos inovadores. São Paulo, EPUSP. (Boletim Técnico do Dep. de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/104).

Disponibile en:

<http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00145.pdf>

[Consulta: 05 agosto 2013].

5. “Uma Visão da Difusão e Apropriação do Paradigma BIM no Brasil” – V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - TIC 2011, Erica de Sousa Checcucci, Ana Paula Carvalho Pereira, Arivaldo Leão de Amorim
Disponível em:
<<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/62201/65029>> [Consulta: 12 septiembre 2013].
6. Documento: “Encuesta Nacional BIM 2013: Informe de Resultados”, Mauricio Loyola V. –Departamento de Arquitectura – Universidad de Chile, 2013.
Disponível em:
<<http://www.bim.uchilefau.cl/arch/Encuesta%20Nacional%20BIM%202013.pdf>> [Consulta: 12 septiembre 2013].
7. Informe de Productividad en la Construcción” – Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) - Cámara Chilena de la Construcción (CChC) - 2011
Disponível em:
<<http://test2.cdt.cl/Proyecto%20Diplomado/proyectos/informe%20productividad/informe%20productividad.pdf>> [Consulta: 30 septiembre 2013].
8. Documento Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile – Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) - Cámara Chilena de la Construcción (CChC) - 2013
Disponível em:<<http://www.cdt.cl/informe-de-productividad/>>
[Consulta: 22 febrero 2014].
9. Documento Red Interamericana de Centros de Innovación en la Construcción Building Information Modeling – BIM. Versión 1.5.

Aplicaciones del Lean Design a Proyectos Inmobiliarios de Vivienda. Pablo Orihuela A. y Jorge Orihuela A. – Motiva S.A.

Disponible en:

<<http://www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20Design%20en%20Proyectos%20Inmobiliarios.pdf>> [Consulta: 16 noviembre 2013].

10. Chile retrocede dos puestos en informe de competitividad mundial. Autor: Innovacion.cl

Disponible en: <<http://www.innovacion.cl/2013/05/chile-retrocede-dos-puestos-en-informe-de-competitividad-mundial/>>

[Consulta: 06 julio 2013].

7.3 Documentos web

1. Documentos Consensus. Series 200, 300, 400, 500, 700 y 800.

Disponible en: <<https://www.consensusdocs.org/Catalog/>>

[Consulta: 25 marzo 2013].

2. Documentos AIA. Series A, B, C, D, E y G.

Disponible en:

<<http://www.aia.org/contractdocs/referencematerial/aiab099130>>

[Consulta: 25 marzo 2013].