

Ciudad Obregón, Sonora, a 26 de marzo de 2019.

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **SEBASTIAN MENDIVIL MIRANDA**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRA CIVIL A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA BIM PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA ING. RODOLFO VALDEZ FIGUEROA EN NAVOJOA, SONORA.”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Maestría en Ingeniería en Administración de la Construcción** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.


SEBASTIAN MENDIVIL MIRANDA

(Nombre y firma del autor)



“PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRA CIVIL A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA BIM PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA ING. RODOLFO VALDEZ FIGUEROA EN NAVOJOA, SONORA.”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
**MAESTRO EN INGENIERÍA DE ADMINISTRACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA

SEBASTIAN MENDIVIL MIRANDA

CIUDAD OBREGÓN, SONORA

MARZO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

“Queridos Papá y Mamá. Siempre han sido un ejemplo para mí. Gracias a ello estoy alcanzado mis metas con mucho orgullo. Les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su gran amor”.

A mi novia:

Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no sólo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación. Por brindarme tu apoyo y amor incondicional.

A mis maestros:

Por brindarme su conocimiento y apoyo durante la elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| ÍNDICE..... | iii |
| INDICE DE FIGURAS..... | vii |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1 Antecedentes | 8 |
| 1.1.1 Contexto actual de la metodología BIM en México | 10 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 11 |
| 1.3 Justificación | 11 |
| 1.4 Objetivos | 12 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 12 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 13 |
| 1.5 Limitaciones y Delimitaciones | 13 |
| 1.5.1 Limitaciones..... | 13 |
| 1.5.2 Delimitaciones | 14 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1 Gestión de proyectos | 15 |
| 2.1.1 Definición | 15 |
| 2.1.2 Enfoques..... | 16 |
| 2.1.2.1 Tradicional | 16 |
| 2.1.2.2 PRINCE2 | 17 |
| 2.1.2.3 Gestión de Proyectos por Cadena Crítica | 18 |
| 2.2 ¿Qué es BIM?..... | 19 |
| 2.2.1 Definición | 19 |
| 2.2.2 Cambios de aplicación..... | 22 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.2.1 | Aquello que no es tecnología BIM | 22 |
| 2.2.3 | Presencia de las Tecnologías BIM en el mercado actual..... | 23 |
| 2.2.4 | Comunicación | 25 |
| 2.2.5 | Integración | 26 |
| 2.2.6 | Interoperabilidad | 29 |
| 2.3 | Software BIM | 30 |
| 2.3.1 | Diferencias respecto a sistemas anteriores..... | 30 |
| 2.3.2 | Estándares BIM | 31 |
| 2.3.2 | Trabajo colaborativo. Subproyectos | 33 |
| 2.4 | Nivel de desarrollo y Nivel de detalle | 34 |
| 2.4.1 | LOD 100 | 36 |
| 2.4.2 | LOD 200 | 36 |
| 2.4.3 | LOD 300 | 37 |
| 2.4.4 | LOD 400 | 37 |
| 2.4.5 | LOD 500 | 37 |
| 2.4.6 | LOD 000 | 38 |
| 2.4.7 | LOD 600 | 38 |
| 2.4.8 | LOD X00 | 39 |
| 2.5 | Dimensiones BIM | 39 |
| 2.5.1 | 3D: Modelado | 39 |
| 2.5.2 | 4D: Tiempos | 40 |
| 2.5.3 | 5D: Costes | 40 |
| 2.5.4 | 6D: Eficiencia energética | 41 |
| 2.5.5 | 7D: Mantenimiento..... | 41 |
| 2.6 | BIM durante el ciclo de vida del proyecto | 42 |
| 2.6.1 | Fase de proyecto | 42 |

| | |
|---|----|
| 2.6.2 Fase de ejecución..... | 44 |
| 2.6.3 Fase de mantenimiento | 44 |
| 2.7 Proyecto BIM | 45 |
| 2.7.1 Obra nueva | 46 |
| 2.7.2 Edificaciones existentes | 46 |
| CAPÍTULO III. MÉTODO..... | 47 |
| 3.1 Tipo de estudio | 47 |
| 3.2 Diseño de estudio | 47 |
| 3.3 Población y muestra | 48 |
| 3.4 Instrumentos de recolección y análisis de datos | 48 |
| 3.5 Procedimiento | 48 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS..... | 51 |
| 4.1 Estatus actual de la empresa..... | 52 |
| 4.2 Análisis FODA..... | 54 |
| 4.3 Propuesta de la metodología BIM..... | 57 |
| 4.3.1 Descripción de procesos | 57 |
| 4.3.2 Diseño de los procesos de trabajo en los cuales se empleará tecnología BIM | 57 |
| 4.3.2.1 Identificar un Gerente BIM | 57 |
| 4.3.2.2 Estimar el costo y tiempo para implementar el uso de Software BIM | 58 |
| 4.3.2.3 Desarrollar un plan de integración | 58 |
| 4.3.2.4 Empezar Pequeño..... | 59 |
| 4.3.2.5 Mantener entrenado al Gerente | 59 |
| 4.3.2.6 Apoyar el Gerente creando un departamento | 60 |
| 4.3.2.7 Aferrarse al plan, pero mantenerse abierto | 60 |
| 4.3.2.8 Crear recursos..... | 61 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2.9 Analizar la implementación | 61 |
| 4.3.2.10 Monitorear el mercado por nuevas ofertas y tendencias | 63 |
| 4.4 Procesos para la propuesta de implementación de la metodología | 63 |
| 4.4.1 Procesos de diseño | 63 |
| 4.4.2 Procesos de Coordinación y Colaboración..... | 72 |
| 4.4.3 Procesos de Corrección de Errores y Compatibilización..... | 74 |
| 4.5 Aspectos legales que deben administrarse dentro de los procesos de diseño con la tecnología BIM. | 74 |
| 4.6 Áreas afectadas dentro de la organización..... | 74 |
| 4.4.1 Marketing | 75 |
| 4.4.2 Recursos Humanos | 75 |
| 4.4.3 Finanzas | 75 |
| 4.4.4 Operaciones | 76 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 77 |
| 5.1 Conclusiones | 77 |
| 5.2 Recomendaciones | 78 |
| Referencias Bibliográficas..... | 79 |
| ANEXOS | 81 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Organigrama comunicación agentes BIM (Building Smart, 2013) | 26 |
| Figura 2. Integración BIM (Building Smart, 2013) | 27 |
| Figura 3. Vida útil Proyecto (Building Smart, 2013) | 28 |
| Figura 4. Ejemplo de niveles de desarrollo. | 36 |
| Figura 5. Dimensiones BIM | 42 |
| Figura 6. Propuesta del procedimiento para la gestión de proyectos BIM..... | 50 |
| Figura 7. Niveles de implementación BIM..... | 52 |
| Figura 8. Obras realizadas en los últimos 5 años. | 53 |
| Figura 9. Comparación de presupuesto inicial vs. costo real de la obra..... | 54 |
| Figura 10. Análisis FODA..... | 55 |
| Figura 11. Generación de estrategias FODA. | 56 |
| Figura 12. Etapa BIM 2: Colaboración basada en el modelo..... | 57 |
| Figura 13. Costos anuales de licencias y capacitación..... | 58 |
| Figura 14. Plan de integración BIM. | 59 |
| Figura 15. Certificado de capacitación en software Revit. | 60 |
| Figura 16. Proyecto arquitectónico piloto de implementación BIM. | 61 |
| Figura 17. Comparativa de diseño entre Revit y AutoCAD. | 62 |
| Figura 18. Vista de plano arquitectónico 2D. | 64 |
| Figura 19. Modelo BIM de arquitectura y estructura. | 66 |
| Figura 20. Modelo BIM de arquitectura y estructura. | 68 |
| Figura 21. Gran variedad de proveedores de objetos BIM. | 70 |
| Figura 22. Flujo de Taras para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño de proyecto Integrado..... | 71 |
| Figura 23. Flujo de Taras para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño-construcción | 72 |

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Hasta 1900 los proyectos de Ingeniería Civil eran gestionados por arquitectos creativos, ingenieros y maestros mayores de obra, fue en los años 1950's que las organizaciones comenzaron a aplicar en forma sistemática herramientas y técnicas de Administración de Proyectos a proyectos de ingeniería muy complejos.

Como disciplina, la Gestión de Proyectos desarrolló varios campos de aplicación, entre las cuales se encuentra la construcción civil, la ingeniería, la defensa pesada. Los dos precursores de la gestión de proyectos son Henry Gantt, llamado el padre de las técnicas de planeamiento y control, quien es famoso por el uso del diagrama de Gantt como herramienta en la gestión de proyectos (como alternativa del Harmonogram propuesto por Karol Adamiecki); y Henri Fayol por la creación de las cinco funciones de gestión que son el pilar del cuerpo de conocimiento relacionados con proyectos y programas de gestión. Tanto Gantt y Fayol estudiaron y analizaron de las teorías de Frederick Winslow Taylor sobre la organización científica. Su trabajo es el precursor de diversas herramientas de gestión de proyectos modernas como la estructura de descomposición del trabajo (EDT o WBS en sus siglas en inglés) y la asignación de recursos (Lewis, 2006).

La Gestión de Proyectos se reconoció como una disciplina única que emergía con modelos de la ingeniería. En Estados Unidos, antes de los años 50, los proyectos se gestionaban con una base ad-hoc, se usaba sobre todo el diagrama de Gantt y otras herramientas informales. En esos tiempos, se desarrollaron dos modelos matemáticos para proyectar tiempos. El "Método de la ruta crítica" (CPM) se desarrolló con las colaboraciones entre la Corporación DuPont y la Corporación Remington Rand para el manejo de proyectos de mantenimiento de planta.

Así mismo la "Técnica de revisión y evaluación de programas" o PERT (en sus siglas en inglés, fue desarrollado por Booz Allen Hamilton como parte del programa de submarinos del Ejército de Estados Unidos (en conjunto con Lockheed Corporation); Estas técnicas matemáticas se popularizaron rápidamente en otros emprendimientos privados (Snyder, 2006).

En 1969, se formó el Project Management Institute (PMI, Instituto para la Gestión de Proyectos) en Estados Unidos.¹ PMI publica "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" (Guía del PMBOK), que describe las prácticas más comunes para "la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo". PMI también ofrece diversas certificaciones (Lewis, 2006).

Existen varios puntos de vista acerca del origen del modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling). Empresas pioneras en la aplicación del concepto BIM fue Graphisoft de Hungría, que lo implementó con el nombre Virtual Building (Edificio Virtual) desde 1984 en su programa ArchiCAD y VectorWorks en 1985 (anteriormente MiniCAD de Diehl Graphspft) reconocidos por ser los primeros software CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D y también la incorporación de lenguaje capaz de producir reportes; Autodesk comenzó utilizar el concepto BIM desde 2002 cuando compró la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares, mientras que otros postulan que fue el profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación, como un

sinónimo de BIM, a inicios de los setenta en numerosos libros y artículos académicos (Lewis, 2006).

1.1.1 Contexto actual de la metodología BIM en México

La Fundación de la Industria de la Construcción (FIC) está coordinando los trabajos a fin de tener una norma NMXBIM, la primera en Latinoamérica y dio origen al grupo interdisciplinario BIM FORUM MÉXICO, un grupo de trabajo que integra los principales grupos del sector construcción a fin de desarrollar una industria más competitiva.

En el ámbito académico se está introduciendo BIM como materia obligatoria en las Universidades como el Tecnológico de Monterrey, Universidad Iberoamericana, Universidad La Salle, UNAM y las Universidades Autónomas de Yucatán, Chihuahua y Nuevo León.

La rápida adopción de esta plataforma, apuesta por el desarrollo y mejorar su competitividad de los diferentes sectores de la Industria en México.

La estructura de normas internacionales para el BIM está madurando cada vez más, lo que crea una oportunidad para que México cree procesos comunes para el BIM informados mediante soluciones probadas y comprobadas.

A corto plazo es muy posible realizar proyectos de Construcción con el uso del BIM, bajo Normas que actualmente ya están en proceso de creación. La primera Norma BIM en México (Industria de la Construcción-NMX-000-11-2015 Modelado de Información para la Construcción), está por lanzarse a consulta pública.

La empresa Ing. Rodolfo Valdez Figueroa se ubica en la Ciudad de Navojoa, Sonora, se dedica a la construcción de obra civil, realizando trabajos tanto a dependencias gubernamentales como a obra privada.

A lo largo de los años la empresa ha desarrollado proyectos de manera poco controlada provocando que los proyectos siempre tengan modificaciones sobre la marcha de la obra. Lo que genera aumentos en el costo del proyecto y en el tiempo de ejecución planteado al inicio de la obra.

1.2 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que se presentan es que un porcentaje significativo de las edificaciones se construyen utilizando el enfoque de diseño-licitación-construcción, donde las principales desventajas de este enfoque son: la presencia de errores, inconsistencias u omisiones en el diseño, se realizan numerosos cambios al diseño como resultado de los errores y omisiones previamente desconocidas.

La empresa constructora Ing. Rodolfo Valdez Figueroa al dedicarse a la construcción tanto de obra pública como privada, presenta diversos tipos de adversidades al momento de la ejecución de un proyecto, ya sea desde el anteproyecto, ejecución y terminación de los trabajos, problemas de unificar la idea principal del proyecto durante la ejecución son problemas habituales, así como éste, existen otros factores que generan retrasos e interferencias entre las diversas disciplinas de la organización.

Los planteamientos antes mencionados provocan que durante la gestión de un proyecto se presenten problemas administrativos por cuestiones de retrasos en las entregas o por sobrecostos del proyecto, lo cual a su vez nos conllevan a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo podemos prevenir los problemas que se presentan durante la gestión de proyectos y a su vez optimizar la productividad de la empresa?

1.3 Justificación

La construcción de una obra es básicamente un proceso productivo, y como tal debe ser administrado. Esto significa planificar, organizar, dirigir, coordinar y

controlar todas las actividades del sistema y del proceso productivo a fin de convertir los inputs del sistema en un producto terminado, que esto corresponde a una obra (Serpell, 2002).

BIM es ampliamente aceptado por las diversas partes interesadas en la industria de la construcción, incluyendo arquitectos, contratistas, ingenieros, fabricantes de productos de construcción, gerentes y desarrolladores debido al inmenso alcance de sus aplicaciones. Por sí solo es suficiente, pero además los gobiernos se han sumado a su impulso exigiendo el uso de BIM para la realización de las actividades de construcción (Serpell, 2002).

Considerando que la construcción es una actividad de riesgo y además dada la gran ineficiencia presente actualmente en la construcción (desde el proyecto ejecutivo, poniendo como ejemplo los tiempos que se tarda en la realización de planos, vistas, alzados, cortes, etc., hasta el proceso de ejecución de la obra) el uso de BIM nos ofrece la posibilidad de reducir esta ineficiencia brindándonos herramientas para lograr una mejor gestión de nuestros proyectos.

Mediante la presente investigación podremos determinar la factibilidad de implementar la metodología BIM dentro de la empresa constructora Ing. Rodolfo Valdez Figueroa, para aplicarlo como herramienta para la gestión de proyectos propios de la empresa a tratar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar, asignar actores, variables de medición y variables de presupuesto tanto a los procesos de implementación de tecnologías BIM como a los procesos de trabajo y mejora continua bajo las mismas para una empresa constructora.

1.4.2 Objetivos específicos

Para poder alcanzar el objetivo general se identifican los siguientes objetivos específicos, los cuales delimitan y aclaran el trabajo a realizar:

- Definir los procesos de implementación a realizar, identificar cada una de las tareas y la sucesión y relación entre ellas.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de los procesos de implementación.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de diseño.
- Diseñar los procesos de trabajo en los cuales se emplearán tecnologías BIM
- Mencionar posibles aspectos legales que deban administrarse dentro de los procesos de diseño con las tecnologías BIM.

1.5 Limitaciones y Delimitaciones

1.5.1 Limitaciones

Pueden ser considerados como limitaciones los siguientes aspectos:

- Capacitación necesaria: Es necesario destinar tiempo y dinero al aprendizaje de estas nuevas herramientas. Así como invertir en equipos más potentes, en las correspondientes licencias de los softwares, etc.
- Falta de perfeccionamiento: Al ser una metodología relativamente nueva, no se cuenta con suficiente información para utilizar como base en el proceso de implementación.

1.5.2 Delimitaciones

Este trabajo pretende crear una guía para la implementación y trabajo bajo tecnologías BIM con la finalidad de obtener mejoras en la optimización durante la Gestión de Proyectos, sin embargo, es necesario delimitar el alcance y las cosas que no serán incluidas en el trabajo. Entre éstas podemos citar:

- No se incluye el presupuesto del programa a implementar.
- No se realiza el diseño de los puestos a menos que estos sean estrictamente necesarios para la implementación de las tecnologías BIM o su trabajo con ellas.

El proyecto se realizó en un periodo de 7 meses.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Gestión de proyectos

2.1.1 Definición

La gestión de proyectos es la disciplina del planeamiento, la organización, la motivación, y el control de los recursos con el propósito de alcanzar uno o varios objetivos. Un proyecto es un emprendimiento temporal diseñado a producir un único producto, servicio o resultado con un principio y un final definidos (normalmente limitado en tiempo, en costos y/o entregables), que es emprendido para alcanzar objetivos únicos y que dará lugar a un cambio positivo o agregará valor (Phillips, 2003).

La naturaleza temporal de los proyectos se contrapone con las operaciones normales de cualquier organización, las cuales son actividades funcionales repetitivas, permanentes o semi-permanentes que hacen a los productos o al servicio. En la práctica, la gestión de estos dos sistemas suelen ser muy distintos, y requieren el desarrollo de habilidades técnicas y gestión de estrategias diferentes.

El primer desafío para la gestión de proyectos es alcanzar la meta del proyecto, y los objetivos dentro de las limitantes conocidas. Las limitantes o restricciones primarias son el alcance, el tiempo, la calidad y el presupuesto. El desafío secundario, y el más ambicioso de todos, es optimizar la asignación de recursos de las entradas necesarias

e integrarlas para alcanzar los objetivos predefinidos. Existen muchos más limitantes que dependen de la naturaleza del proyecto, de seguridad, relacionadas con el medio ambiente, relacionados con la oportunidad de negocio y otras muchas de tipo estratégico de compañía.

El éxito de un proyecto se corresponde con la consecución de los objetivos de alcance, plazos, coste y calidad mediante una gestión integrada de los mismos.

2.1.2 Enfoques

Existen varios enfoques para la gestión de actividades de un proyecto, incluyendo enfoque lean (producción esbelta), reiterativo, incremental y en fase.

Sin importar la metodología utilizada, se deben considerar cuidadosamente los objetivos totales del proyecto, los tiempos, los costos, así también como los roles y responsabilidades de cada participante (Phillips, 2003).

2.1.2.1 Tradicional

Un enfoque en fases tradicional identifica una secuencia de pasos a seguir. En el "enfoque tradicional", se distinguen cinco componentes de desarrollo (cuatro pasos y un control):

1. Iniciación
2. Planeamiento y diseño
3. Ejecución (realización) y construcción
4. Sistemas de monitoreo y control
5. Cierre (entrega)

No todos los proyectos tendrán todas las etapas, algunos proyectos se cancelan antes de llegar al cierre, algunos proyectos no siguen un planeamiento estructurado o no son monitoreados, y algunos proyectos pueden repetir los pasos 2, 3 y 4 varias veces.

Muchas industrias usan variaciones de estas etapas. Por ejemplo, cuando se trabaja en el diseño y construcción de aparatos, normalmente el proyecto avanzará por etapas como, pre-planeamiento, diseño conceptual, diseño esquemático, diseño de desarrollo, planos de construcción (o contratos), y administración de la construcción. Para el desarrollo de software, este enfoque se conoce como modelo en cascada. Esto es una serie de tareas concatenadas una detrás de la otra en secuencia lineal. Para el desarrollo de software, las organizaciones han adaptado el proceso unificado de Rational (RUP en sus siglas en inglés) para que encaje en este método, aunque RUP no lo requiera ni recomienda esta práctica en forma explícita. el modelo en cascada, funciona bien en proyectos pequeños y bien definidos, pero suele fallar en proyectos más abarcativos y de naturaleza más ambigua. El cono de incertidumbre explica que esto es lo que ocurre en el planeamiento del proyecto con altos grados de incertidumbre ya que significa la realización de un producto totalmente nuevo.

En proyectos donde los requisitos no han finalizado y pueden cambiar, se utiliza la gestión de requisitos para desarrollar una definición completa y precisa del comportamiento del software que puede servir como base del desarrollo. Aunque los términos pueden variar entre los distintos tipos de industria, las etapas siguen pasos en común para resolver problemas -"definir el problema, poner las opciones en una balanza, elegir el camino, implementar y evaluar."

Dentro de este enfoque el modelo más implantado es el del Project Management Institute (PMI) que incluye certificaciones profesionales para responsables de proyecto (PMP) (Phillips, 2003).

2.1.2.2 PRINCE2

PRINCE2 es un enfoque estructurado a la gestión de proyectos que se publicó en 1996 como un método genérico para la gestión de proyectos. Combina la metodología original PROMPT (la cual evolucionó en el método PRINCE) con el MITP de IBM

(gestión de la implementación del proyecto total). Este enfoque brinda un método de gestión en un marco muy definido.

PRINCE2 se centra en definir y entregar productos, en particular en la calidad de los requisitos. Como tal, define que un proyecto es exitoso cuando es orientado a la entrega (no orientado a las actividades o a las tareas) a través de la creación un conjunto de productos acordados que definen el alcance del proyecto y brinda una base para el planeamiento y el control. Es decir, cómo se coordinan a las personas y a las actividades, cómo diseñar y supervisar la entrega del producto, y qué se hace si el producto y por lo tanto el alcance del proyecto necesita ajustarse si no transcurre como planeado. En el método, cada proceso se especifica con sus entradas y salidas claves y con las metas y actividades específicas para poder entregar el resultado del proyecto como fue definido en el Caso de Negocio. Esto permite que haya una evaluación continua y se realicen ajustes cuando ocurren desvíos del caso de negocio. PRINCE2 brinda un lenguaje común para todos los participantes de un proyecto. El marco de gobierno de PRINCE2 -los roles y responsabilidades- se describen en forma completa y necesitan adaptarse a la complejidad de los proyectos y capacidades de la organización (Lock, 2007).

2.1.2.3 Gestión de Proyectos por Cadena Crítica

La Gestión de Proyectos por Cadena Crítica (CCPM en sus siglas en inglés). Tiene en cuenta la disponibilidad limitada de los recursos (físicos, habilidades humanas, gestión y capacidad) necesarios para llevar a cabo el proyecto.

CCPM es una aplicación de la teoría de restricciones (TOC en sus siglas en inglés) en proyectos. La meta es aumentar el flujo de proyectos en una organización (throughout o volumen de trabajo). Implementado los tres primeros puntos correlativos de implementación de TOC, se pueden identificar las limitaciones del sistema para todos los proyectos, así también como los recursos. Para aprovechar las limitaciones, se dan prioridades a las tareas de la cadena crítica por encima del resto de las actividades. Finalmente, los proyectos son planeados y administrados para asegurar que los

recursos estén disponibles cuando se deba comenzar una tarea de la cadena crítica, subordinando todos los otros recursos a la cadena crítica (Phillips, 2003).

El plan del proyecto debe someterse a una nivelación de recursos, y la secuencia más grande de tareas limitadas por recursos es considerada la cadena crítica. En algunos casos, como cuando se administran sub-proyectos terciarizados, se recomienda usar un enfoque simplificado sin la nivelación de recursos.

En ambientes de proyectos múltiples, la nivelación de recursos debe atravesar todos los proyectos. Sin embargo, basta con identificar (o seleccionar) un solo "tambor". Se llama tambor al recurso que actúa como restricción a través de todos los proyectos, que se escalonan con el fundamento de la disponibilidad de ese recurso solo. Se puede también usar un "tambor virtual" al seleccionar una tarea o grupo de tareas (normalmente puntos de integración) y limitar el número de proyectos en la etapa de realización (Phillips, 2003).

2.2 ¿Qué es BIM?

2.2.1 Definición

Se han podido encontrar diferentes definiciones acerca de BIM, por lo que existen varias maneras de interpretar lo que es BIM:

Eastman (2011) describe BIM como una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones.

Estos modelos son caracterizados por:

- Componentes de la edificación: que son representados mediante representaciones digitales (objetos) que tienen gráficos computables y datos que los identifican en el software, así mismo tienen reglas paramétricas que les permiten ser manipulados de una manera inteligente.

- Componentes: que tienen datos que describen cómo éstos se comportan y que son útiles para el análisis.

- Datos constantes y no redundantes de tal manera que los cambios a los datos del componente son representados en todas las vistas del componente y en todas las partes a las que está unido.

- Data coordinada tal que todas las vistas de un modelo son representadas en una manera coordinada.

- El National Building Information Modeling, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición (NBIMS, 2007,).

- Una tecnología de modelamiento y un conjunto de procesos asociados para producir, comunicar y analizar modelos de construcción (Eastman, 2008).

- General Service Administration (GSA) de los Estados Unidos dice que BIM es el desarrollo y uso de un software multifacético de computador para no sólo documentar un diseño de construcción, sino para simular la construcción y operación de una nueva instalación o de una instalación modernizada. El BIM resultante es una representación digital rica en data, basada en un objeto, inteligente y paramétrica de la instalación, de la cual vistas apropiadas a varias necesidades de los usuarios pueden ser extraídas y analizadas para generar retroalimentación y mejoramiento del diseño de la instalación.

- American Institute of Architects (AIA) define BIM como un modelo digital y tridimensional vinculado a una base de datos de información del proyecto.

- Hardin (2009) describe a BIM como un proceso y software; y lo explica de la siguiente manera “Muchos creen que una vez que han comprado una licencia para un software

BIM pueden sentar una persona en frente de la computadora y están haciendo BIM. Y lo que no se dan cuenta que BIM no sólo significa usar un software de modelado tridimensional sino también la implementación de una nueva forma de pensar”.

- El proceso que se enfoca en el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular el planeamiento, diseño, construcción y operación de una instalación (Azhar, 2008).

Como se ha señalado, BIM puede significar diferentes cosas para diferentes profesionales. El término no es sólo definido de diferentes maneras de acuerdo a determinadas profesiones, pero también hay confusión en tres niveles diferentes. Algunos podrían decir BIM es una aplicación de software, otros, un proceso para el diseño y documentación de información de edificios, y otros más podrían decir que es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto.

Para el propósito de esta tesis, se considera que la definición BIM implica tanto el uso del software como el proceso que se debe implementar en la organización para cambiar la forma de pensar y aprovechar al máximo los beneficios de este concepto.

En conclusión, BIM es una representación digital de un producto que se da mediante un proceso colaborativo entre los diferentes integrantes y que sirve para la toma de decisiones en todo el ciclo de vida del proyecto para eliminar el desperdicio e incrementar la eficiencia.

2.2.2 Cambios de aplicación

Las tecnologías BIM no están orientadas a ser empleadas por cualquier persona, tienen un ámbito y público objetivo. Es necesario, como con toda tecnología, definir qué es lo que esta hace y para quién. Este tipo de tecnología puede ser utilizada por todas aquellas personas que deseen conocer qué, cómo y cuándo va a construirse (Eastman, 2008).

Es una herramienta que permite a arquitectos, ingenieros y propietarios visualizar de manera anticipada y realista la geometría, costos y tiempos de construcción para identificar problemas antes y durante el momento de construcción.

Es una herramienta que de ser bien implementada puede ayudar a disminuir la cantidad de trabajo en la elaboración de costos, planos y detalles constructivos.

Un propietario que no está involucrado en la administración, no sentirá las mejoras en la calidad y tiempo de trabajo, sólo será sensible al aspecto monetario.

2.2.2.1 Aquello que no es tecnología BIM

Si bien no existen mínimos en capacidades para decir si un software es o no un software BIM, existen algunas características que de no existir impiden la inclusión de un software en la categoría de software BIM, esta lista fue elaborada por EASTMAN:

- No permite incluir información y atributos a las representaciones 3D. Dicho de otra manera software que sólo permite dibujar en 3D y no incluir información (precio, proveedor, etapa en la que será construida, material u otros) que pueda ser extraída y luego analizada no forma parte de los softwares BIM. Es simplemente una herramienta de dibujo en 3D.

- No permite el manejo de relaciones y comportamiento de los objetos, no poseen inteligencia paramétrica. Es decir que, si uno realiza la modificación de uno de los

objetos, los objetos conectados a él no son modificados. Esto provoca que cada conexión o relación entre objetos deba ser manualmente actualizada, labor que consume mucho tiempo.

- Modelos compuestos de varios archivos CAD referenciados. Este tipo de trabajo no permite asegurar que el modelo 3D resultante vaya a ser consistente, fácil de contabilizar y trabajar o que presente algún tipo de parametrización en los objetos contenidos en él.

- Modelos en los que un cambio en las dimensiones en una vista no es automáticamente reflejado en otras. Esto da lugar a que ocurran errores en los planos que muchas veces son difíciles de detectar.

De esta manera puede definirse mejor la frontera entre software BIM y software CAD. Claramente se puede apreciar con las descripciones anteriores que trabajar bajo tecnologías BIM, es algo más que realizar dibujos bonitos en 3D (Eastman, 2008).

2.2.3 Presencia de las Tecnologías BIM en el mercado actual

Colocar una estadística que diga el porcentaje de empresas a nivel mundial que hasta el momento han podido implementar las tecnologías BIM eficazmente es imposible, existe muy poca o ninguna información al respecto, muchos de los datos recopilados están en base a encuestas en determinados países o manejan datos sobre la cantidad de proyectos públicos que fueron elaborados empleando tecnologías BIM y no brindan información al respecto. Un parámetro interesante que se utiliza para medir el grado de implementación o de avance en la implementación es la creación o no de regulaciones, reglas y normativas para la creación de proyectos empleando tecnologías BIM en distintos países. A modo referencial y sin citar una fuente exacta más que una variedad de artículos web y foros puede afirmarse que países del norte europeo como Noruega, Finlandia y Dinamarca son los que con mayor éxito están incluyendo estas tecnologías como parte del panorama público, seguido muy de cerca por estados Unidos y algunos países del Asia como Hong Kong y Singapur. Europa y el Reino Unido presentan una

creciente tendencia en la aplicación de estas tecnologías en el sector público (Hardin, 2009).

Es mucho más adecuado, más cómodo y veraz citar textos y perspectivas de diversos autores que reflejan el sentir de la industria hacia las tecnologías BIM y la forma en la que la misma percibe la implementación de estas tecnologías.

En la pasada década y aún ahora, se han podido evidenciar pasos gigantes en lo que refiere a las tecnologías BIM, lo cual puede ser igualado por el incremento en la cantidad de usuarios. Muchos profesionales afirman que la implementación e inversión en estas tecnologías vale la pena e incluso la utilizan como medio de marketing (Hardin, 2009).

Muchas de las organizaciones hoy en día enfrentan incertidumbre económica, mayor competencia por los proyectos y clientes que demandan cada vez menos desperdicio, un mejor uso de la fuerza laboral y de los recursos, cronogramas más cortos, proyectos que no se salgan del presupuesto y menor cantidad de sorpresas desagradables. Todo esto con el fin de evitar litigaciones y asignación de culpas. Es para este tipo de demandas es que las tecnologías BIM fueron diseñadas y encuentran su mayor valor (Deutsch, 2011).

Kristine K. Fallon, es citada por Randy Deutsch en una entrevista relativa a las tecnologías BIM afirmando que: “la revolución de la información ya ha llegado y no hay vuelta atrás. Van a haber grandes ganadores y grandes perdedores pero ningún negocio se va a salvar de ser afectado. La habilidad de la ICIA para prosperar en el siglo 21 va a depender de su capacidad de utilizar esta tecnología de información y para aumentar la innovación y eficiencia global de la industria” (Deutsch, 2011).

2.2.4 Comunicación

La comunicación es una cualidad importantísima en el momento de gestionar eficazmente un proyecto. Sin duda es uno de los aspectos primordiales y por tanto nuestro objetivo debe estar encaminado hacia un correcto uso de ésta (Deutsch, 2011).

Una comunicación inadecuada entre los distintos agentes que participan en un proyecto se traduce directamente en errores y malentendidos que se pueden evitar.

Esta falta de comunicación en el sector de la construcción se hace más evidente si cabe. Es sabido que se trata de un sector muy fragmentado, generalmente con multitud de pequeños agentes. Por escasa entidad que esté presente, son multitud los agentes involucrados. De manera que se precisa cuidar al máximo este aspecto.

Una de las barreras más patentes en el momento de una correcta comunicación es el uso de canales inadecuados, el exceso de información y la falta de retroalimentación entre los agentes.

Hay que tener en cuenta que vivimos en un sector en el que muchas veces no se dispone de todo el tiempo que se debería aportar para reuniones, tenemos tiempo limitado y no siempre es posible detallar los aspectos como se debiera.

Apuntar que la mayoría de errores y malentendidos se producen el primer día, es por ello que la comunicación adecuada debe realizarse desde el primer momento. La metodología BIM aborda estos problemas mediante una simbiosis de actitudes y herramientas.

Por un lado, pretende crear una cultura donde todos los agentes involucrados puedan trabajar juntos, de una manera eficaz y eficiente, definiendo una manera más transparente y colaborativa de trabajar (ver figura 1). Una actitud nueva.

Esta cultura se consigue con herramientas que posibilitan el acceso inmediato a la información y que posibilitan la comunicación y la disminución de errores.

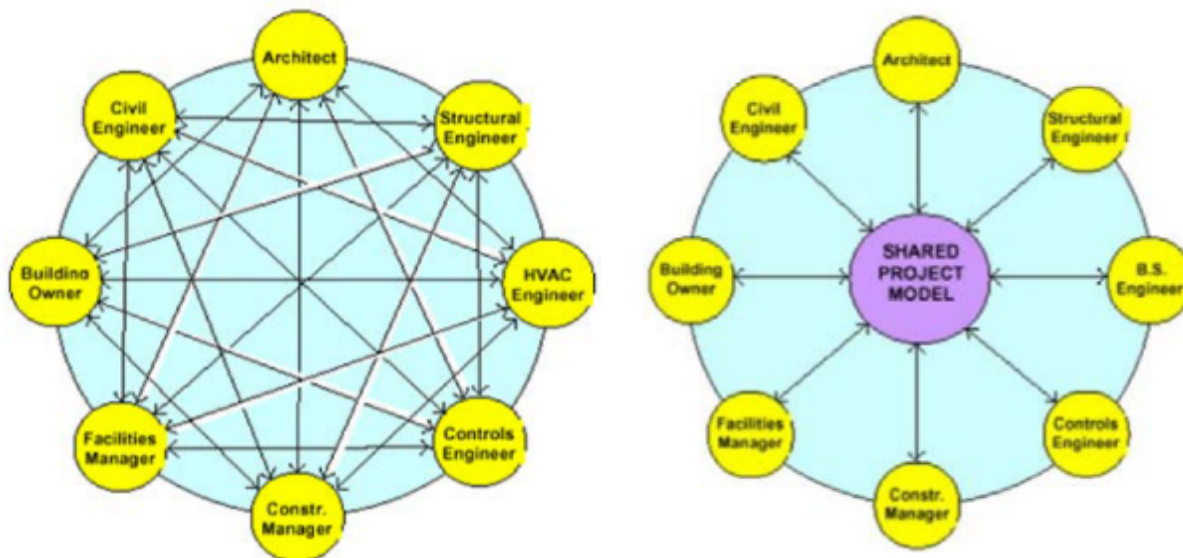


Figura 1. Organigrama comunicación agentes BIM (*Building Smart, 2013*)

Estos esquemas muestran cómo debe realizarse el flujo de información para que la comunicación sea adecuada entre los agentes. Se observa como en la práctica tradicional no existe un nexo de unión entre ellos y las órdenes son emitidas en todas direcciones produciéndose una pérdida de la calidad de la información y propiciando los errores. Sin embargo, en el modelo BIM, todos los agentes disponen de toda la información en un modelo conjunto y colaborativo, donde cada uno puede modificar y añadir información de su área de conocimiento y todos pueden consultar la información, facilitando de manera evidente la comunicación (Deutsch, 2011).

2.2.5 Integración

El concepto de integración está estrechamente ligado con la correcta comunicación. Esto es así debido que en este caso también su punto central es el modelo único compartido expuesto anteriormente como eje de las comunicaciones (Eastman, 2012).

La metodología BIM aboga por la centralización de toda la documentación, es decir, agrupar la información en un único lugar, evitando así duplicidades o pérdida de información (ver figura 2). De esta manera, todas las disciplinas que dan forma a un proyecto se integran en el modelo central, no sólo de una manera física sino interrelacionadas entre ellas.

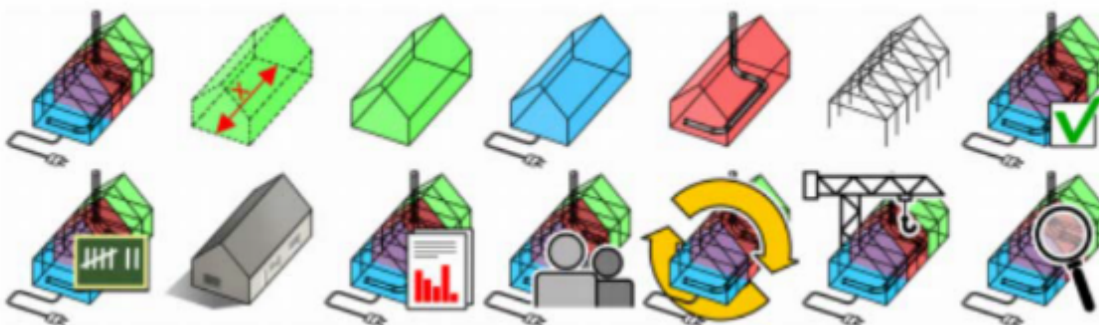


Figura 2. Integración BIM (Building Smart, 2013)

Anteriormente, con la metodología CAD, un proyecto se componía de un conjunto de planos no relacionados entre sí. Dándose el caso de que cada agente trabajaba el conjunto de información que era de su área de conocimiento, consultando el resto del proyecto, pero no sobre él. Se producían errores comunes de interferencias entre las diferentes instalaciones, instalaciones con arquitectura, estructura con acabados, etc. Errores comprensibles ya que se trabajaba en diferentes espacios.

La integración se consigue bien mediante la creación de subproyectos. Partiendo de un modelo general (la mayoría de los casos el arquitectónico) gestionado por un Project manager, se crean proyectos paralelos basados en las áreas funcionales que lo integran. Estos subproyectos son actualizados periódicamente, de manera que todos los integrantes son conscientes de los cambios efectuados por los demás. Se consigue con esta metodología de trabajo la integración de todos los agentes y se evitan errores.

Existen multitud de complementos para cada función, bien integrados en el software BIM o bien externos. La base de la interoperabilidad es que desde el modelo

compartido se realizan todos los estudios: El calculista de estructuras puede analizar las fuerzas que intervienen, se puede realizar el estudio de climatización, un arquitecto técnico obtiene mediciones instantáneas y genera presupuesto con el software que utiliza habitualmente desde el modelo, permite realizar la planificación temporal de los trabajos seleccionando directamente los elementos constructivos, se obtienen todos los alzados, secciones, plantas... necesarias para un correcto entendimiento en pocos minutos al tratarse de un modelo 3D, información de mantenimiento, entre otras funciones.

Esta integración se realiza, además, para que sea útil durante todas las fases del proyecto (ver figura 3); entendiendo como proyecto no sólo la fase de diseño y ejecución, si-no toda su vida útil, llegando al mantenimiento y a su fin último (Eastman, 2012).

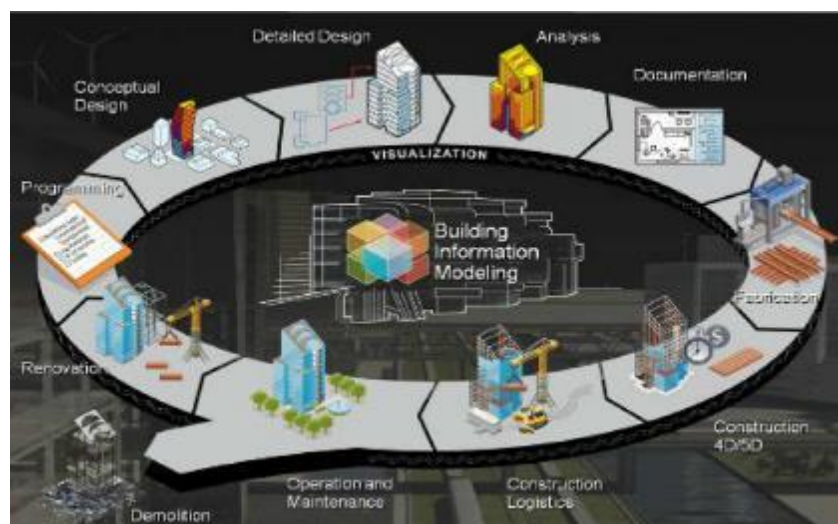


Figura 3. Vida útil Proyecto. Fuente: Building Smart (2013).

En esta imagen se muestra el proceso de un proceso constructivo. Se trata de un proceso circular en el que todos los procesos concurren alrededor del modelo central BIM. Se observan procesos como el diseño conceptual, diseño de detalles, análisis térmicos, documentación, fabricación de materiales, aspectos 4D (tiempos) y 5D (costes) de los que se hablará más adelante, organización, programación, mantenimiento, e incluso derribo; toda la vida útil del proyecto.

2.2.6 Interoperabilidad

La interoperabilidad está ligada con la integración antes descrita. En este caso se trataría del modo en el que conseguimos la integración de los agentes, que a su vez permite su correcta comunicación; las tres bases descritas en este apartado están íntimamente relacionadas (Eastman, 2006).

Cualquier metodología en la que una parte importante sea el software, debe tener muy presente que no es única y debe relacionarse con el entorno que le rodea. Por ello, es básico que tenga acceso a ella el mayor número de agentes. Tener la capacidad de globalizar y no excluir. Todo ello se resume en no utilizar protocolos y tipos de archivo cerrados, favorecer la integración de todo el software existente de manera que se adapte a este tipo de trabajo, no lo sustituya. Se podría decir que uno de los fundamentos de BIM es poner la tecnología existente al servicio del equipo de proyectos para un mejor resultado.

La oferta de software especializado en BIM es diversa, por tanto, es importante que exista interacción con otras aplicaciones como es el caso de complementos de diseño, instalaciones, cálculo de estructuras o presupuestos; todo ello con la finalidad de contener toda la información de proyecto.

Para lograr la interoperabilidad deseada existen tres modos de conseguirla: Una posibilidad es utilizar software de un mismo desarrollador, tarea algo complicada debido a la multitud y variedad de aplicaciones. Se podría también utilizar programas que faciliten el intercambio de datos entre ellas, un ejemplo claro de este sistema es la gran variedad de complementos que ofrece el software BIM. Finalmente, la más acertada a priori, es utilizar un software libre y abierto, es decir, no dependiente de ningún desarrollador comercial, de manera que todos los programas BIM trabajen en un mismo formato de archivo. Esta última opción ya se está desarrollando, se trata de los archivos tipo IFC/IDM/IFD que posteriormente se abordarán en profundidad (Eastman, 2006).

2.3 Software BIM

Como se ha mencionado, el software BIM corresponde a lo que se ha denominado como “Little BIM”. Es la herramienta que permite la metodología y presenta una revolución respecto al modo de trabajar hasta el momento.

“No se debe confundir un programa de modelado 3D con BIM. Para usar tecnologías BIM se debe partir de un programa de modelado 3D, pero no todos los programas de modelado 3D son una herramienta BIM. Además de estar basado en objetos y de permitir bases de datos relacionales, dichos objetos deben corresponder con categorías o clases constructivas o arquitectónicas” (Alarcón, Martínez & Martínez, 2013).

2.3.1 Diferencias respecto a sistemas anteriores

Históricamente la representación de dibujos para la construcción de edificios se realizaba utilizando medios manuales gráficos como son la tinta o los pigmentos. Con ellos se representaban vistas bidimensionales como son alzados, plantas o secciones. Estas técnicas evolucionaron relativamente poco hasta la llegada del renacimiento italiano donde se comenzó a utilizar la representación en perspectiva, son los inicios del uso de las tres dimensiones. Un hito importante fue también el uso de la representación diédrica por parte de Gaspar Monje a finales del siglo XVIII en la Francia de la revolución francesa. Posteriormente, poco han evolucionado los sistemas de representación más allá de la mejora en los utensilios de dibujo como el uso del compás, tiralíneas o estilógrafos de diferentes grosores.

El cambio surge a finales de los años 70 con la aparición del diseño asistido por ordenador. Aplicaciones tan habituales actualmente como AutoCAD data de finales de 1982. Estas nuevas herramientas de representación no suponían más que un cambio respecto al lienzo de dibujo. Se pasa de trabajar en un formato físico como es el papel al formato virtual. Las mejoras que presentó este sistema sobre todo fue la agilidad en el proceso de representación; repetición de comandos o facilidad de modificación fueron aspectos que han convertido al diseño asistido por ordenador en la revolución de los últimos 20 años.

En la década de los 90, aparecieron en la misma línea, programas que permitían una mayor definición visual de la representación. Este software permitía ya añadir texturas a los materiales para una mejor renderizado.

Ante estos precedentes, en los últimos años aparece un nuevo tipo de software, el software BIM. Este software se caracteriza y se define como “una herramienta que permite almacenar información, ordenada como una base de datos, asociada a la geometría de entidades arquitectónicas de un edificio” (Alarcón, 2013).

Con métodos anteriores, el proyectista introducía líneas o círculos, actualmente se representan entidades arquitectónicas con características propias como son pilares, forjados, carpinterías, etc. Esta geometría no es aparente, sino que pasa a ser paramétrica.

La información que se representa en el software BIM no sólo se limita a modelos arquitectónicos sino que abarca desde el dimensionamiento de instalaciones de cualquier tipo como son fontanería, electricidad, climatización, ventilación, saneamiento, etc., hasta incluso el cálculo del rendimiento térmico del edificio o su eficiencia energética ya que los elementos de los que antes se hablaba se representan con los materiales reales que lo conformarán, así estos disponen de sus características físicas y mecánicas.

La utilización de esta tecnología nos lleva a generar un compendio de documentación mucha más exacta y unificada.

2.3.2 Estándares BIM

Este concepto se refiere a un marco común que todos los agentes involucrados en el proyecto deben integrar en el momento de trabajar en él. Se trata de un aspecto a realizar en la fase previa a iniciar el proyecto y fundamental para el correcto funcionamiento del trabajo colaborativo. Se le asignará a una persona en concreto esta

labor, la cual mediante reuniones con los modeladores acordará cuales son los detalles específicos que interesan a cada disciplina (Levy, 2012).

De manera general, se propone la creación de una serie de apartados dentro de los estándares BIM.

Se trata de una serie de carpetas que recogerán aspectos relativos a todas las disciplinas de proyecto como aspectos divididos por disciplina. Se han identificados como fundamentales los siguientes:

- Familias de diseño:

- Tablas de Planificación y cantidades: Se deberán definir cuadros de planificación de cantidades tales como cuadros de pilares, muros, suelos, techos, instalaciones, etc... Cada una de ellas contendrá los campos concretos que interesen en cada caso dependiendo de la unidad predominante necesaria para la realización de las mediciones oportunas. Es decir, los elementos en los que predomine el área como son suelos, techos o acabados, se definirán con el campo "área", mientras que elementos como pilares en longitud y otros como zapatas en volumen. A todo ello se le sumarán otros como fase, nivel de base, nivel final o cualquier otro.

- Planos: Se crearán planos en los diferentes tamaños normalizados. Todos ellos incluirán un cajetín definido por la persona responsable de los estándares en el cual quedarán reflejados todos los parámetros convenientes tales como empresa, desarrollador, fecha, nombre del documento, entre otros.

- Leyendas: Definición de cuadros de texto comunes para todas las disciplinas o particulares para cada una.

- Plantillas: Al inicio del modelado en cada disciplina se abrirá un archivo concreto de familia de plantilla en la que vendrán definidos una serie de parámetros métricos y de

visualización concretos para favorecer el trabajo dependiendo de si se trata de MEP, Estructura o Arquitectura.

2.3.2 Trabajo colaborativo. Subproyectos

Este aspecto es fundamental en cuanto al modo de trabajo. La base de la metodología BIM es el trabajo en un único modelo dividido en subproyectos. Dichos modelados secundarios no son independientes entre ellos, sino que están vinculados y los cambios repercuten en el modelo general. El objetivo del flujo de trabajo es que cada agente trabaje únicamente en la parte en la cual es especialista, sin modificar el trabajo de los demás, compartiendo información (Alarcón, 2013).

Se trata de un sistema de trabajo nuevo y complicado si se trata de la primera toma de contacto. Es necesario tener nociones de trabajo en servidores y aprender a trabajar con las opciones de subproyectos, pero sin duda trabajar en modo colaborativo es una gran ventaja a futuro.

En primer lugar, es necesario crear un archivo central. Este archivo es el modelo del que se nutrirán todos los subproyectos posteriores. Es creado por el administrador de proyecto y contiene el modelado básico del proyecto. Este archivo no se debe modificar pues contiene las restricciones que debe cumplir inexorablemente. Es más, una vez creado el modelo central y guardado en red, cada usuario debe guardar ese archivo en su disco local con su nombre de usuario.

A partir del modelo central, se crean los subproyectos que sean necesarios. Estos proyectos no son más que divisiones de trabajo. Existirán tantas divisiones como sean necesarias y no tienen por qué existir hasta el final del proyecto ya que éstas se sincronizan con el modelo central (Alarcón, 2013).

Un aspecto muy interesante de estas divisiones son las restricciones. El trabajo colaborativo no sería productivo si todos los agentes pudieran modificar todos los aspectos del modelo. Debido a ello, el administrador genera autorizaciones para cada

agente dependiendo de los componentes que necesite modificar. Puede existir un subproyecto de estructuras en el cual sólo se le permita al calculista el modelado de perfiles y forjados o uno de instalaciones en el cual sea posible el modelado de agua fría, caliente y sanitaria. Ello evita las interferencias, ya que en todo momento se deben adaptar al modelo arquitectónico ya previsto en el modelo central. Estos trabajos en paralelo se van actualizando por intervalos de tiempo de manera que todos pueden observar los progresos de los demás.

2.4 Nivel de desarrollo y Nivel de detalle

El Nivel de desarrollo viene definido por las siglas LOD (Level of development). Se define como el nivel de desarrollo o madurez de la información que posee un elemento del modelo, y éste es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio (American Institute of Architects, 2008).

Existe cierta confusión con el acrónimo utilizado ya que puede corresponder a dos términos completamente diferentes. LOD, podría referirse tanto a Nivel de Detalle como a Nivel de Desarrollo. El primero se define como la evolución lineal de cantidad y riqueza de un proceso constructivo; se incrementa con el tiempo y se refiere al modelo de proyecto, los costes/presupuestos y la planificación temporal.

El nivel de desarrollo se refiere a los elementos que conforman el proyecto como se ha definido anteriormente.

Si bien es cierto que ambos términos se encuentran bastante relacionados. No se puede obtener un cierto nivel de desarrollo si no existe un buen nivel de detalle. Definir sólo uno de ellos no tiene sentido.

Intentando concretar en ambas definiciones y buscando entender sus diferencias, se puede decir que el nivel de detalle representa la cantidad de información que se aporta y el nivel de desarrollo la calidad de la información. Los niveles de detalle están relacionados con la fase de desarrollo de proyecto en la que nos encontramos mientras

que los niveles de desarrollo están orientados a mostrar la información que cada fase o dimensión BIM requiere (American Institute of Architects, 2008).

Al contrario que los niveles de diseño, los niveles de desarrollo no tienen ninguna relación con la fase de desarrollo o construcción. Estos niveles vienen determinados por los requerimientos de contenido del elemento y por sus usos autorizados (Análisis, coste, programación, coordinación, otros).

La Asociación Americana de Arquitectos, en su documento G202 de 2013, ampliación del documento E202 del año 2008, define cinco tipos de niveles de desarrollo, aunque señala que cualquier agente tiene la libertad de incluir otros niveles de desarrollo dependiendo de sus necesidades.

Estos cinco niveles definidos varían en el nivel de madurez del elemento, a medida que aumenta el LOD son añadidos más parámetros al modelo y, además, estos se van convirtiendo en parámetros modificables.

Existe una relación entre los niveles de desarrollo y la función que el elemento muestra. Es decir, un nivel LOD 100 nos permite estimar en su conjunto cómo va a ser el elemento; LOD 200 de una manera más específica, LOD 300 ofrece tanto detalle como para poder “comprarlo”, LOD 400 define la instalación o construcción del elemento y LOD 500 su mantenimiento (ver figura 4).

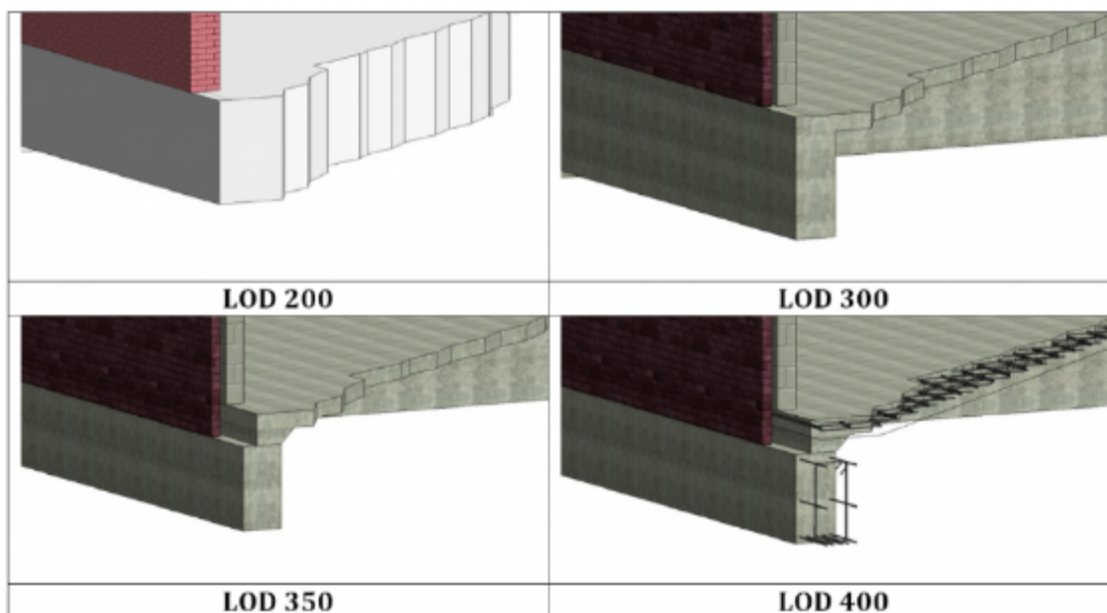


Figura 4. *Ejemplo de niveles de desarrollo.*

2.4.1 LOD 100

Es el nivel básico. Puede estar representado simplemente por un símbolo o un elemento genérico, no es necesaria una representación geométrica. En este nivel se precede al análisis en base de dimensiones geométricas, si existen, o la ubicación respecto a otros elementos. Además, es factible para la determinación de costes en función de parámetros como área, volumen o longitud. Por último, permite ser utilizado para la programación de fases y duraciones (American Institute of Architects, 2008).

2.4.2 LOD 200

En este nivel de desarrollo ya se comienza a definir el elemento gráficamente y se especifican, si bien aproximadamente, su tamaño o forma. Destacar que es el primer nivel donde se puede incluir información no gráfica, es decir, parámetros como puede ser el coste, peso, fabricante y manuales.

En cuanto a los usos: El elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base a criterios generales de proyecto, corresponde a este nivel la estimación de costes vinculados a datos geométricos, puede ser utilizado para mostrar planificación de tiempos y por último, el elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos de proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y criterios de prioridades (American Institute of Architects, 2008).

2.4.3 LOD 300

Se definen de forma precisa características gráficas como tamaño, forma, y/o ubicación. Además, el elemento queda definido con detalle geométricamente, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Además, cabe la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento (American Institute of Architects, 2008).

El elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y puede requerir información no gráfica complementaria. Los costes son valorados de una manera específica y precisa en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra. La planificación y la coordinación no varían respecto al LOD anterior.

2.4.4 LOD 400

El elemento es definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También cabe la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al proyecto.

2.4.5 LOD 500

El elemento constructivo está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos

de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

Este nivel está relacionado con el llamado “as built”. Este nivel es prioritario, es decir, sustituye a la información que pueda haber en conflicto con otros niveles.

Está pensado para el futuro por ello debe incluir determinación del estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimiento, directos e indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones (American Institute of Architects, 2008).

2.4.6 LOD 000

Se destaca por definir los primeros pasos de un proyecto. Estos son las características propias del terreno (posición, altura, topografía, etc.), del entorno (clima, conexiones, soleamiento, etc.) y las propias de la parcela (referencia catastral, propietarios, dotaciones, etc.). Además, se pueden definir las normativas urbanísticas aplicables tales como alturas mínimas o retranqueos. En el caso de proyectos de rehabilitación, se detallarán en este nivel de desarrollo los elementos existentes que no vayan a sufrir modificaciones posteriores. Destacar que la toma de datos de elementos existentes se puede realizar con herramientas de escaneado 3D de la que se tratará en capítulos posteriores (American Institute of Architects, 2008).

2.4.7 LOD 600

Dado que la metodología BIM está orientada a toda la vida útil del edificio este nivel de desarrollo considera necesario la definición de los parámetros de reciclado de cada elemento. Si bien es cierto que en el nivel de desarrollo LOD500 se especifican las propiedades necesarias para el mantenimiento y uso de los edificios, no define las cuestiones energéticas derivadas del reciclado de forma directa.

2.4.8 LOD X00

Un aspecto muy importante en los proyectos es la correcta presentación en forma de realidad virtual. Es necesario que la metodología BIM se adapte y sea capaz de representar entornos realistas. Para ello es necesario un nivel de desarrollo que garantice aspectos como la textura de los materiales y en los que el nivel de desarrollo sea muy elevado para conseguir los resultados deseados.

2.5 Dimensiones BIM

La metodología BIM abarca varias dimensiones. Hasta el momento la mayoría de textos citan hasta 7 dimensiones, pudiendo encontrar en algunos la posibilidad de llegar en un futuro hasta la novena (ver figura 5).

Las dimensiones son niveles en los que se va aportando cada vez un valor añadido nuevo. Un parámetro nuevo que influye en el modelo y aporta información (Hardin, 2009).

2.5.1 3D: Modelado

Esta dimensión es la menos innovadora de todo el espacio BIM. Como se ha comentado en anteriores apartados, hubo un momento en la historia del diseño en el que se pasó de utilizar representaciones bidimensionales, representadas en dos ejes cartesianos, a incluir un tercer eje representando las profundidades.

BIM trata esta tercera dimensión de la misma manera, con la salvedad de que a partir del modelado en tres dimensiones luego se puede extraer información bidimensional. No se trata de una representación en perspectiva de la que únicamente se tiene la visión desde un punto de vista acotado, sino que se modela el conjunto de manera que todas sus vistas son conocidas. De esta manera se realizaría el camino inverso y se obtienen secciones, alzados, plantas y perfiles a partir del modelo tridimensional.

Además, la novedad BIM, es la parametrización de los objetos. El modelado está orientado al objeto de manera que se representa cada uno de ellos con una geometría detallada. Este detalle se consigue mediante los parámetros, información numérica de la geometría de los elementos. De esta manera, modelar no es únicamente dibujar, es además una representación paramétrica, introduciendo datos en forma de dimensiones, materiales, textos y cualquier característica que defina el elemento (Hardin, 2009).

2.5.2 4D: Tiempos

En esta dimensión se incluye la variable tiempo. Cuando se modela cualquier elemento se le añade el parámetro temporal, definiendo así aún más su condición.

Incluyendo la temporalidad ligada al modelo se pueden realizar simulaciones de fases de ejecución y revisiones del estado de demora o adelanto. También permite realizar diagramas temporales convencionales como es el diagrama de Gantt, muy utilizado en proyectos de construcción.

Esta cualidad está enfocada a la consecución de lo que se conoce como la filosofía “Just in Time” que aboga por una mayor eficiencia en los procesos.

2.5.3 5D: Costes

Comprende todo lo relativo al control de costes y estimaciones gastos de proyecto. Cada elemento representado en el modelo tiene un coste asociado. Ello permite realizar análisis presupuestarios detallados sin un trabajo añadido, obtenidos directamente del modelo. Además, permite la realización de predicciones más precisas sobre las desviaciones de proyecto y cuanto es necesario para llegar a los objetivos.

Todas las dinámicas de gestión y control de proyecto en este sentido van directamente relacionadas con mejorar la rentabilidad del proyecto. Saber con detalle el coste de cada elemento y disponer de él en un único lugar, asociado directamente con el elemento (Hardin, 2009).

2.5.4 6D: Eficiencia energética

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

Algunos parámetros interesantes para esta dimensión son por ejemplo la conductividad térmica, el aislamiento acústico, viscosidad, lúmenes, potencias o reflectividad entre otras. Cada elemento incorpora sus características específicas por defecto, no es necesario que el diseñador las introduzca. Si bien es cierto que dependiendo del nivel de desarrollo de cada elemento es posible modificarlas o en el caso de la creación de materiales nuevos definir las a conveniencia.

Con el uso de complementos adecuados para cada estudio, automáticamente se generan resultados sin necesidad de insertar los datos en otro software alternativo, reduciendo así el tiempo (Hardin, 2009).

2.5.5 7D: Mantenimiento

Como es conocido, la metodología BIM abarca toda la vida útil del proyecto. La fase de mantenimiento es el último de los trabajos concernientes al proyecto (sin tener en cuenta la demolición). Es un aspecto muchas veces olvidado ya que muchos profesionales consideran que el proyecto finaliza con la ejecución. Nada más lejos, el mantenimiento es un aspecto indispensable hasta el fin último del proyecto.

Una de las razones fundamentales BIM es la captación y almacenamiento de toda la información concerniente al modelo. Este es un aspecto vital durante la ejecución, pero también lo es en la fase posterior de uso y explotación.

Debido a que se modela "as built" es decir, se representa un modelo idéntico al realizado, la capacidad de consulta es muy elevada. En cualquier momento, haya sucedido el tiempo que haya sucedido, el usuario de las instalaciones tiene la posibilidad de conocer las características de los materiales que está viendo ejecutados.

Ello le ofrece beneficios a la hora de realizar modificaciones ya que conoce al proveedor del sistema o sus características para poder pedir un repuesto de cualquier pieza averiada, por ejemplo (Ver figura 5).

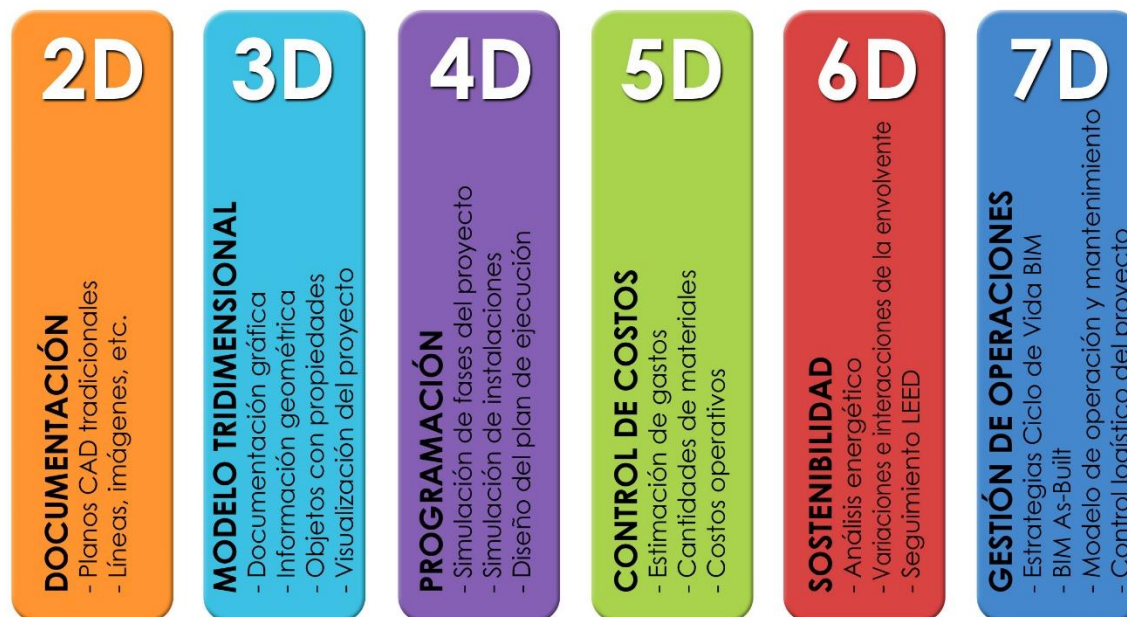


Figura 5. Dimensiones BIM

2.6 BIM durante el ciclo de vida del proyecto

El proyecto BIM abarca todas las fases correspondientes a su ciclo de vida. La información que se va recogiendo desde los inicios es básica y de utilidad en el resto de su vida útil. Pero cada fase tiene unas características propias y unos trabajos específicos. Estos trabajos correspondientes a cada fase son diferentes, pero generan un todo ya que se realizan dentro del espacio de modelo único. Por tanto, repercutirá en las posteriores fases (Hardin, 2009).

2.6.1 Fase de proyecto

La fase de proyecto correspondería a la fase de diseño. Se entiende incluida en esta fase desde los primeros bocetos que dan forma al proyecto, el proyecto básico y

finalmente el proyecto de ejecución. Abarcando todos los documentos que ello lo conforman.

Es cada vez más habitual que las administraciones públicas se integren en la metodología BIM y exijan la presentación de concursos de obra pública mediante modelos BIM. Este es el caso, por ejemplo, de la Ciudad de la Justicia de Córdoba o el Centro Cívico de la ciudad de Vitoria (Total BIM Consulting). En este caso, la administración facilita la documentación necesaria donde expresa los objetivos y las necesidades a los participantes del concurso. Normalmente la documentación es entregada en formato CAD, aunque lo ideal es que desde el inicio toda esta información esté generada en BIM.

En fase de proyecto, se van a generar al menos dos modelos: el Proyecto de Ejecución Base (PEB) y el Proyecto de Ejecución Definitivo (PED).

En esta primera fase es necesario que el modelo incluya toda la geometría, características físicas y datos de los elementos constructivos. Con estos datos se va modelando el proyecto, con el nivel de desarrollo necesario para cada familia, y se pasa del Proyecto de ejecución Básico al Proyecto de Ejecución Definitivo, de manera que todos los elementos constructivos e instalaciones están registrados para que de manera automática se puedan generar mediciones, valoraciones y certificaciones.

Cada proyecto, PEB y PED, estará subdividido en las tres disciplinas que conforman el proyecto.

Las especialidades son: Estructura, arquitectura e instalaciones (incluyendo el estudio energético). Estas tres disciplinas se trabajarán en modelos independientes, pero siempre teniendo en mente que se deben poder integrar en un modelo común, centralizado, que muestre el proyecto como un todo y así poder visualizar las interferencias y conflictos que pudieran originarse de una manera intuitiva y gráfica (Hardin, 2009).

2.6.2 Fase de ejecución

La fase de ejecución corresponde a la puesta en marcha del proyecto que se ha diseñado. Debe ser una continuación de éste en la cual se utiliza la información allí plasmada y se actualiza.

Es obvio que la fase de ejecución no tiene la precisión que la fase de proyecto puede otorgar. En el momento del diseño, por más información que tengamos, no se pueden tener en cuenta todos los condicionantes externos que se generan en el momento de la ejecución. Por ello, hay que tener claro que la ejecución no va a ser exacta a lo estimado en proyecto. Cada vez seremos más eficaces, pero nunca exactamente igual.

Además, durante la ejecución siempre se producen modificaciones obligadas por el cliente. Es por ello, que la fase de ejecución debe dedicarse a actualizar el modelo previsto en proyecto, es lo que se conoce como modelo “as built”, es decir, una actualización conforme a lo ejecutado en obra.

En esta fase, además, corresponde el uso de todas las herramientas de gestión. Tras actualizar los pequeños detalles que se hayan modificado, se pueden realizar las certificaciones oportunas de lo ejecutado o cálculos temporales para observar la demora o adelanto de la obra (Hardin, 2009).

2.6.3 Fase de mantenimiento

La fase de mantenimiento corresponde, sin duda, a la fase menos valorada dentro del ciclo de vida útil de un proyecto. Únicamente en los casos de instalaciones industriales se le presta alguna atención. El objetivo de la metodología BIM es que este proceso de mantenimiento se realice en cualquier proyecto, sin importar si se trata de una empresa de la que dependen sus beneficios del estado de sus maquinas o si se trata de un particular que debe conservar en condiciones su inmueble, la cual es su responsabilidad legal por otro lado.

En este punto, es de vital importancia el software. Las labores de mantenimiento en la mayor parte de las veces corresponden al cliente final. Es por tanto este agente, una persona no relacionada con el proyecto constructivo, no formado en la técnica. Es necesario saber transmitir la información que ha sido recogida durante el proyecto de la manera adecuada. En las fases anteriores de proyecto y ejecución, todos los agentes involucrados deben estar unidos en el software de trabajo y aunque, como se ha visto, se trabaje en softwares diferentes, siempre confluyen en un formato común. En el caso del cliente final debe ser del mismo modo; se debe seguir con la interoperabilidad que hace gala la metodología BIM y convertir la información a un formato fácil de utilizar.

Algunos ejemplos para dejar claro que este mantenimiento no se limita sólo a la industria sería, por ejemplo, el caso de un propietario de una vivienda que quiere hacer una pequeña reforma en su vivienda. Es necesario cambiar el inodoro para lo cual será necesario la rotura de dos azulejos. Con programas de mantenimiento BIM, muy fácilmente puede visualizar el modelo de su vivienda y conocer el fabricante de esa pieza y su contacto para que compruebe si tiene en stock ese mismo azulejo que se suministró hace diez o quince años. Son casos simples, vulgares pero muy comunes y molestos. También, en el caso de una reforma de más envergadura, es común no saber qué nos vamos a encontrar en las zonas ocultas hasta que no se procede a la demolición. Si ese proyecto se hubiera realizado con BIM, desde la fase inicial de estudio tendríamos toda la información y las previsiones serían mucho más precisas (Hardin, 2009).

2.7 Proyecto BIM

En cuanto a proyectos BIM podemos encontrar fundamentalmente dos tipos de proyectos, de obra nueva o a realizar en edificaciones ya existentes. La metodología a seguir en ambos es similar, lo diferente son las herramientas. La finalidad es llegar al modelo virtual, pero para ello, dependiendo del tipo de proyecto, la toma de datos será diferente (Eastman, 2012).

2.7.1 Obra nueva

Es el proyecto ideal, en el cual desde los inicios se comienza a diseñar en BIM. Cumple todas las fases antes descritas: Una fase de proyecto, ejecución y mantenimiento realizada desde la visión de la metodología.

Desde la visión de la empresa constructora y dada el escaso nivel de implantación BIM que encontramos en nuestro país, muchas veces la solución para la realización del seguimiento de obra en proyectos de obra nueva es la conversión de planos CAD al formato BIM. Se trata de un parche no recomendable y para nada consecuente con la metodología que aboga por el uso de BIM durante toda la vida del proyecto (Eastman, 2012).

2.7.2 Edificaciones existentes

En el caso de que la finalidad sea obtener un modelado de la información de unas instalaciones ya existentes, la toma de datos cambia respecto al apartado anterior. Ya no se produce una fase de diseño en la que se parte de cero modelando en BIM, sino que la información se extrae de un proyecto en concreto. Para ello, la mejor herramienta es una toma de datos mediante escáner 3D y su posterior modelado a partir de la nube de puntos extraída (Eastman, 2012).

CAPÍTULO III. MÉTODO

Durante el desarrollo de la presente investigación, se optó por seleccionar el procedimiento mediante el cual se llevaría a cabo la propuesta de gestión de proyectos a través de la metodología BIM para la empresa Ing. Rodolfo Valdez Figueroa, de igual manera se definieron los instrumentos y herramientas a utilizar para lograr el dicho fin.

3.1 Tipo de estudio

De acuerdo con el tipo de proyecto que se está desarrollando, se definió como un estudio de tipo descriptivo ya que la recolección y análisis de la información se realizó mediante encuesta, donde se describen los fenómenos a partir de las sensaciones y opiniones de los participantes y a su vez se utilizará un análisis cualitativo para lograr la obtención de resultados.

3.2 Diseño de estudio

Debido a que la presente investigación no se desarrolla bajo una hipótesis, se optó por definir este estudio como un tipo de estudio no experimental -transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento.

3.3 Población y muestra

Para el caso de estudio de la presente investigación se tomó como población la constructora Ing. Rodolfo Valdez Figueroa, ubicada en Navojoa, Sonora, México. Dicha empresa se dedica al ramo de la construcción, desarrollando trabajos de construcciones, remodelaciones, proyectos ejecutivos, validaciones, diseños y obra civil en general.

El tipo de muestra que se utilizará en este estudio, será la muestra no probabilística, esto debido a que dicha muestra concuerda con los objetivos planteados en la presente investigación, es decir, la muestra que se tomará en cuenta no dependerá de la probabilidad sino de las características elegidas para la realización de este proyecto o de las decisiones que tomen las personas involucradas en la misma.

3.4 Instrumentos de recolección y análisis de datos

Definido el tipo de estudio y el diseño de estudio mediante el cual se desarrolló la presente investigación, fue necesario el uso de diversos instrumentos para lograr la correcta recolección de la información necesaria para lograr el objetivo principal del proyecto.

Los instrumentos utilizados para la realización del proyecto fueron los siguientes:

- “BIM Project Execution Planning Guide” de la Universidad de Pensilvania.
- Manual de implementación BIM de Autodesk.

3.5 Procedimiento

El procedimiento para crear la propuesta para la implementación de la metodología BIM dentro de la empresa fue el siguiente (ver figura 6):

- 1) Se definieron los procesos de implementación a realizar, esto a través de la identificación de cada una de las tareas con la respectiva sucesión y relación que presentan entre ellas.
- 2) Se identificaron los actores y requerimientos para la realización de las tareas referentes a los procesos de implementación, tomando como base que los cambios para la implementación exitosa de las tecnologías BIM debe venir impulsado desde los cargos de liderazgo.
- 3) Se identificaron los requerimientos y los actores para llevar a cabo las tareas de diseño mediante el uso de tecnologías BIM dentro de la empresa.
- 4) Se diseñaron los procesos de trabajo mediante los cuales se emplearán las tecnologías BIM, logrando de esta manera tener un camino definido el cual seguir para lograr el máximo beneficio de la implementación.
- 5) Se tomaron en cuenta los posibles aspectos legales presentes durante la ejecución de algún proyecto mediante la metodología BIM, tales como son los contratos entre las partes interesadas, definición de las responsabilidades de los participantes, entre otros.

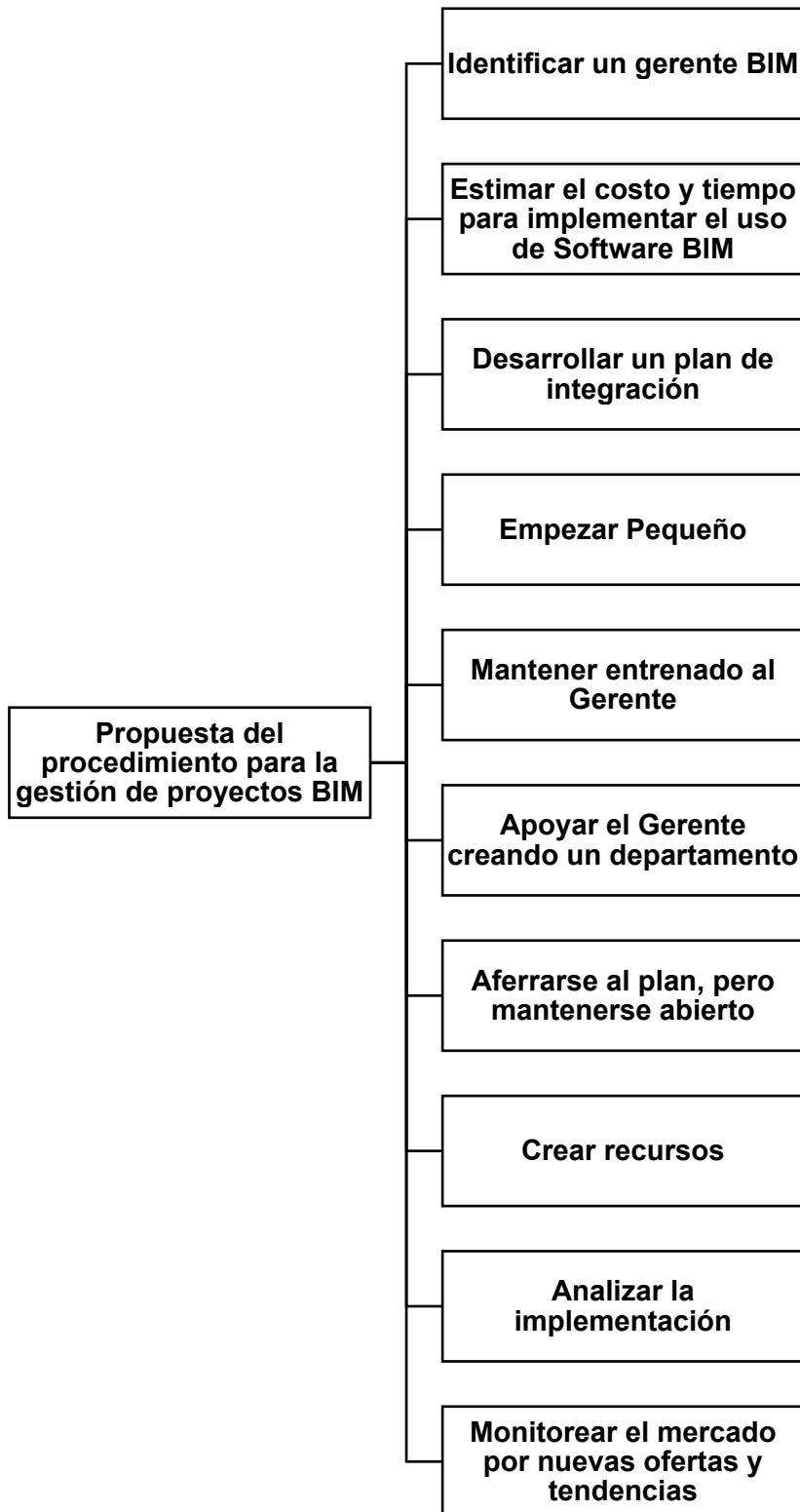


Figura 6. Propuesta del procedimiento para la gestión de proyectos BIM.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El objetivo de este capítulo es plantear una propuesta de mejora a la gestión de la implementación BIM en la empresa Ing. Rodolfo Valdez Figueroa en base al diagnóstico de la situación actual.

Cabe mencionar que el personal que actualmente trabaja en la empresa en estudio no cuenta con conocimientos acerca de cómo llevar a cabo correctamente una implementación BIM integral en la empresa, por lo que el siguiente trabajo sustenta de manera comprobada una metodología de implementación factible no sólo para la empresa en cuestión, sino para cualquier empresa del sector que desee incursionar en el mundo BIM.

Como primer paso se presenta un enfoque de la propuesta de mejora que deberá tenerse en cuenta para implementar BIM en cualquier organización, luego se presenta la propuesta para los procesos de diseño y construcción. En ambos casos, la propuesta

incluye un mapeo de procesos, la lista de involucrados y sus responsabilidades, los entregables y los indicadores para control de la mejora.

La implementación de BIM está compuesta por tres niveles de madurez (ver figura 7). El punto de inicio es identificado como Pre-BIM, el estado antes de la implementación. Después le siguen los tres estados de madurez BIM y finalmente se tiene el punto final de la implementación que es la Entrega de Proyectos Integrada (IPD).

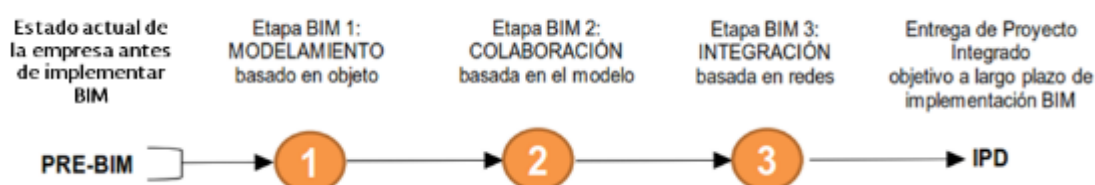


Figura 7. Niveles de implementación BIM

Por lo cual fue necesario realizar el estado actual de la empresa y del cual se muestran los resultados en el siguiente punto.

4.1 Estatus actual de la empresa

Como punto de partida para realizar el análisis de la situación actual de la empresa se debe tener en cuenta que la principal área de trabajo es la obra particular y obra pública, presentándose a través de los años y diversos problemas marcados como son el incremento en los plazos de ejecución, aumento de costos, errores en el proyecto ejecutivo, dificultad de interpretación del proyecto, control de obra.

En los últimos 5 años la empresa ha ejecutado 24 obras de inversión privada (11 de ellas obra nueva y 13 remodelaciones o ampliaciones) y 15 por parte de dependencias (6 obra nueva y 9 remodelaciones o reparaciones) (ver figura 8).

Cabe mencionar que las obras son edificaciones (viviendas, escuelas, hospitales, etc.) y no de obras carreteras u otro tipo.

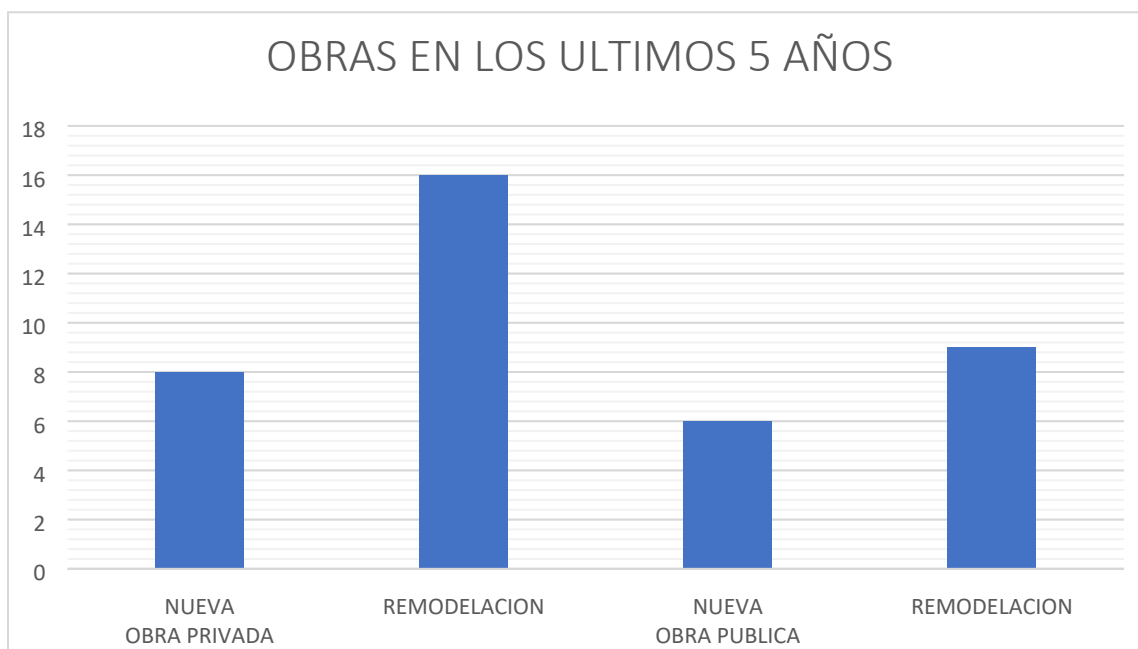


Figura 8. *Obras realizadas en los últimos 5 años.*

El presente proyecto se enfocará sólo en las obras nuevas de carácter privado, debido a que el diseño del proyecto se realizará desde cero.

Como principal problema que se ha presentado es el aumento en el costo de los proyectos, así como el plazo de ejecución de la obra (ver figura 9).

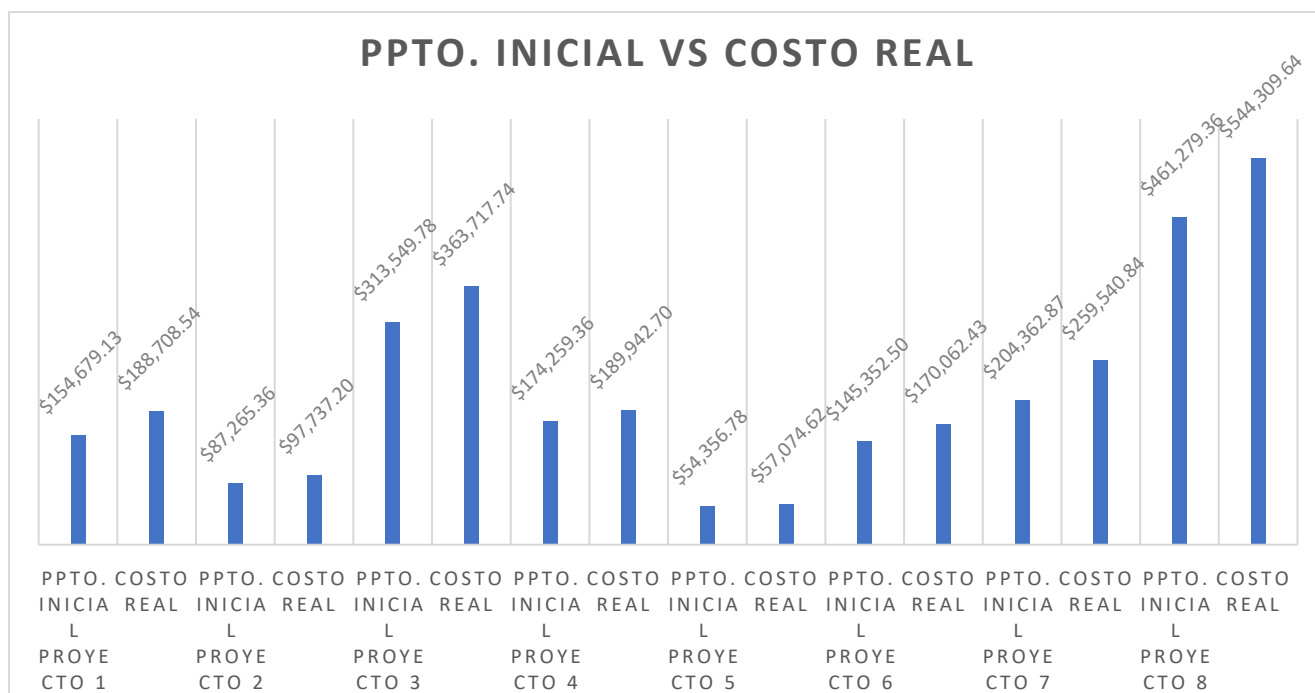


Figura 9. Comparación de presupuesto inicial vs. costo real de la obra.

En base a los resultados obtenidos en el análisis mostrado en la figura 9, obtenemos un aumento en el precio final de la obra en relación con el presupuesto inicial de un 17%, lo que hace cuestionable el proceso de elaboración y gestión de proyectos desarrollado por la empresa, es por eso que el motivo del presente proyecto es proponer una metodología de gestión de proyectos que reduzca estos sobrecostos y en el mejor de los casos disminuir los costos y tiempos de entrega de cada obra.

4.2 Análisis FODA

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

Uno de los objetivos de la implementación del BIM en un proyecto inmobiliario es 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.

A continuación, se muestra un análisis FODA acerca de la implementación de BIM dentro de la empresa en cuestión (ver figura 10).



Figura 10. Análisis FODA.

Conforme a los resultados obtenidos mediante el análisis FODA se observa la rentabilidad de realizar la implementación BIM gracias a las fortalezas y oportunidades que ésta ofrece a la empresa constructora, y a su vez las amenazas, si bien existen no tienen gran impacto en relación a la magnitud de los beneficios (ver figura 11).

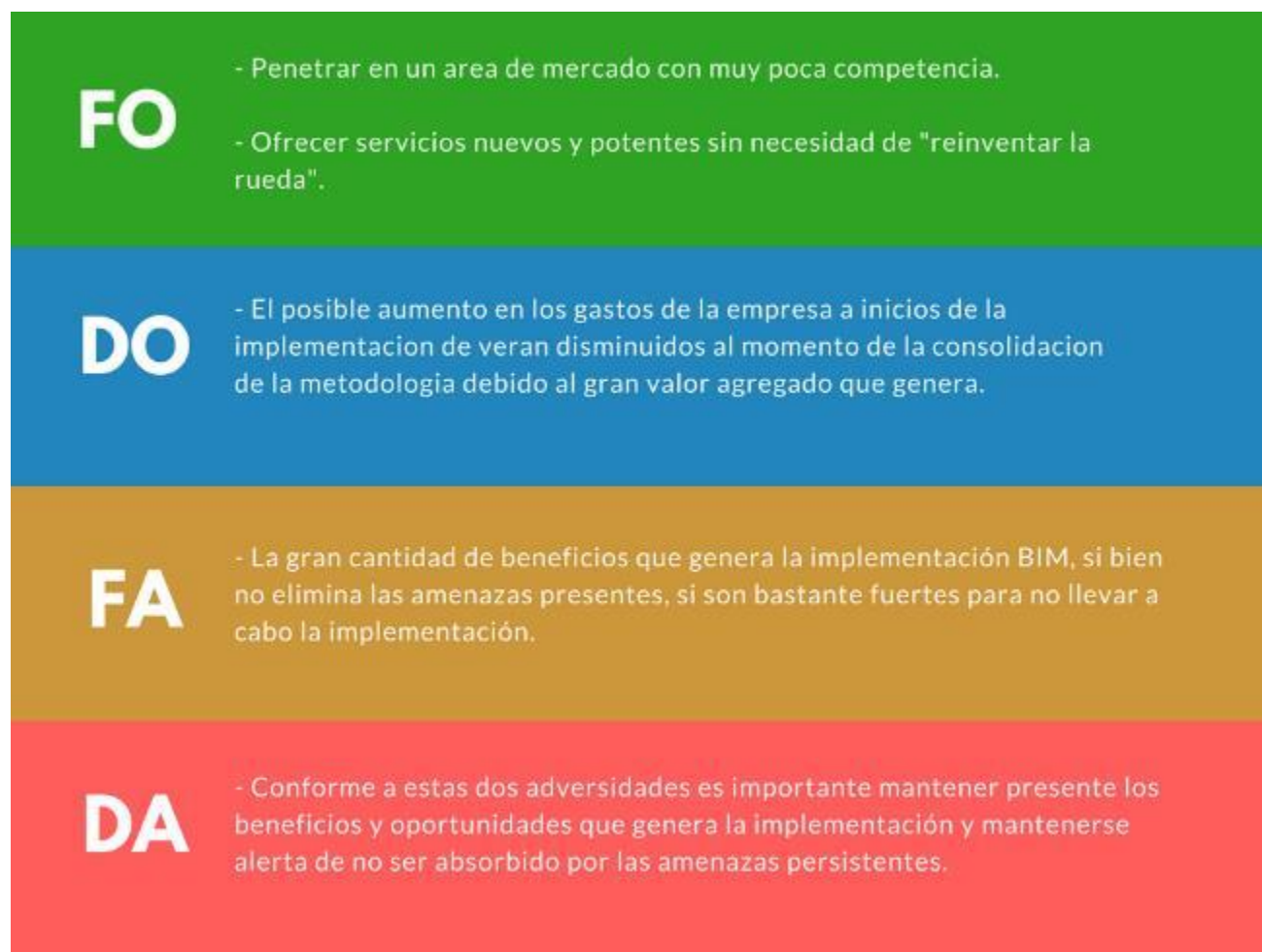


Figura 11. *Generación de estrategias FODA.*

En vista de la situación actual en la que se encuentra la empresa y de acuerdo al análisis FODA realizado en relación al tema de la implementación BIM, no se puede pretender que una empresa alcance directamente el estado 3 o inclusive el IPD.

Por lo tanto, se planteó que primero se debería comenzar a trabajar en los estados 1 y 2 para, posteriormente, pasar a estados más superiores. Es decir, cada estado debe ser un pre-requisito para poder alcanzar los siguientes niveles.

En base a la experiencia que ya cuenta la empresa Ing. Rodolfo Valdez Figueroa en el uso del modelo BIM, la propuesta de mejora está enfocada en el nivel 2 (Ver figura 12):

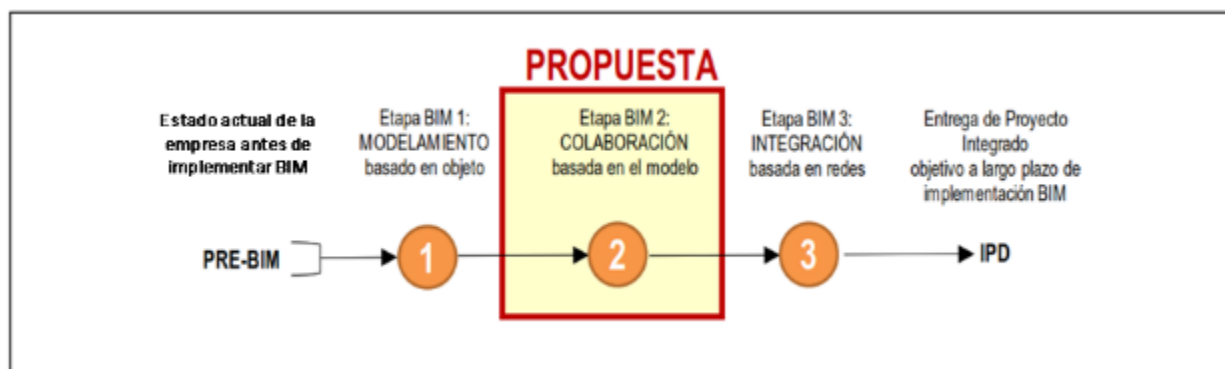


Figura 12. *Etapa BIM 2: Colaboración basada en el modelo.*

4.3 Propuesta de la metodología BIM

4.3.1 Descripción de procesos

Previo a explicar la propuesta, se debe resaltar que debido al bajo nivel de madurez que tiene el mercado nacional respecto al uso de BIM (propietarios, proyectistas, constructores y proveedores), ello se convierte en un factor determinante para que la implementación de BIM se realice en forma gradual como se propone en esta tesis.

Para iniciar la propuesta de la metodología BIM fue necesario iniciar con la descripción de los procesos, los cuales son:

4.3.2 Diseño de los procesos de trabajo en los cuales se empleará tecnología BIM

Los siguientes procesos están basados en el proceso de implementación propuesto por Brad Hardin en su libro: “BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, 2nd Edition”

4.3.2.1 Identificar un Gerente BIM

Se identificó un Gerente BIM el cual creó y facilitó los procesos BIM. Esto involucra coordinar toda la información de arquitectos, ingenieros, contratistas y sub-contratistas. También coordinó puntos de referencia en los proyectos y elaboró cronogramas que

identificaron los momentos en los que se realizó la unificación de modelos y la detección de sobreposiciones.

Se optó por convertir en Gerente BIM a alguien del interior de la empresa que ya tenía experiencia en dirección de proyectos y conocía bien cómo funcionan las cosas al interior de la empresa. Además, conocía cómo funciona el software y cómo se puede aplicar a las diversas partes del proceso de diseño.

4.3.2.2 Estimar el costo y tiempo para implementar el uso de Software BIM

El siguiente paso fue elaborar un plan de adquisición de software, hardware y otras herramientas asociadas a la implementación de las tecnologías BIM. Incluye los costos anuales de licencias, los de capacitación y entrenamiento (ver figura 13).

| ACTIVIDAD | PERIODICIDAD | PRECIO |
|---|----------------|-------------|
| Licencias de software Autodesk (versión estudiante) | Cada 3 años | - |
| Capacitación | 4 veces al año | \$12,000.00 |

Figura 13. *Costos anuales de licencias y capacitación.*

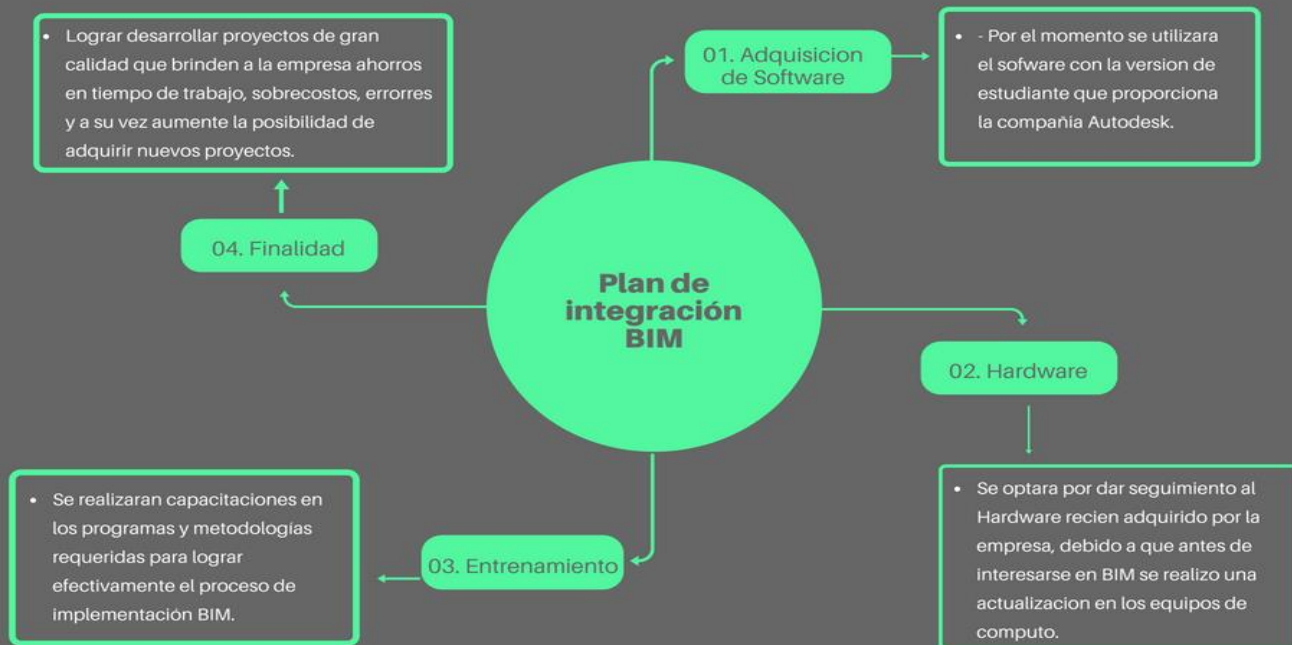
4.3.2.3 Desarrollar un plan de integración

El plan consiste en los planes de adquisición de software, de entrenamiento, hardware y una explicación del porqué la compañía se interesó en invertir en esta tecnología (ver figura 14). Explica cómo las tecnologías BIM se difundieron y acoplaron en la empresa.

Debido a que la empresa Ing. Rodolfo Valdez Figueroa es una organización pequeña, el elaborar el plan fue sencillo debido a los lazos que existen entre las partes involucradas.

Ing. Rodolfo Valdez Figueroa

A continuación se presenta el plan que siguió la empresa en cuestión para realizar la adquisición de los parámetros necesarios para lograr la correcta implementación BIM.



photography.co

Figura 14. *Plan de integración BIM.*

4.3.2.4 Empezar Pequeño

Para lograr de manera óptima la implementación de las tecnologías BIM se preparó al equipo con un proyecto real. Muchas empresas deciden entrenar al personal primero y luego proceder con un proyecto real. Otras deciden hacerlo al mismo tiempo, entrenan haciendo el proyecto real.

4.3.2.5 Mantener entrenado al Gerente

Se brindó capacitación constante al gerente en el software BIM utilizado por la empresa para que lograra dar la retroalimentación adecuada y actuar adecuadamente dentro del trabajo colaborativo (ver figura 15). Esto no quiere decir que el gerente tenga un manejo

proficiente del software, pero sí debe conocer lo necesario para poder adecuar y guiar los procesos y el equipo hacia las metas planteadas.



Figura 15. Certificado de capacitación en software Revit.

4.3.2.6 Apoyar el Gerente creando un departamento

Este punto es de suma importancia en empresas constructoras más grandes, en el caso de la empresa en estudio se optó por no crear un departamento especializado.

4.3.2.7 Aferrarse al plan, pero mantenerse abierto

Para que esta metodología se cumpla hay que mantenerse aferrado al plan, es una cosa muy difícil de hacer, porque involucra apoyar al gerente BIM en la compra de

Software, realizar la compra a tiempo y asegurarse que los ingenieros e involucrados estén siendo adecuadamente capacitados en el uso del programa en sus actividades diarias.

La empresa se mantuvo flexible a posibles cambios dentro del plan debido a posibles avances tecnológicos.

4.3.2.8 Crear recursos

Para la etapa de crear cursos fue necesario crear tutoriales y guías internas mismas que se basaron en el plan de implementación de BIM para organizaciones propuesto por Autodesk (ver anexo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8). Esto ayudó no solamente a evaluar el desarrollo del personal sino también permitió estandarizar algunas prácticas dentro de la misma compañía.

4.3.2.9 Analizar la implementación

Después de la implementación piloto inicial, se evaluaron las ganancias y la pérdida en el proyecto piloto, cabe mencionar que sólo se utilizó el software Revit debido a que aún no se trabaja con los demás complementos (ver figura 16). El equipo de trabajo debe buscar entrar en confianza con el software y los procesos, y evaluar los mismos teniendo en mente las formas de ganar y proveer mejores servicios en futuros proyectos.

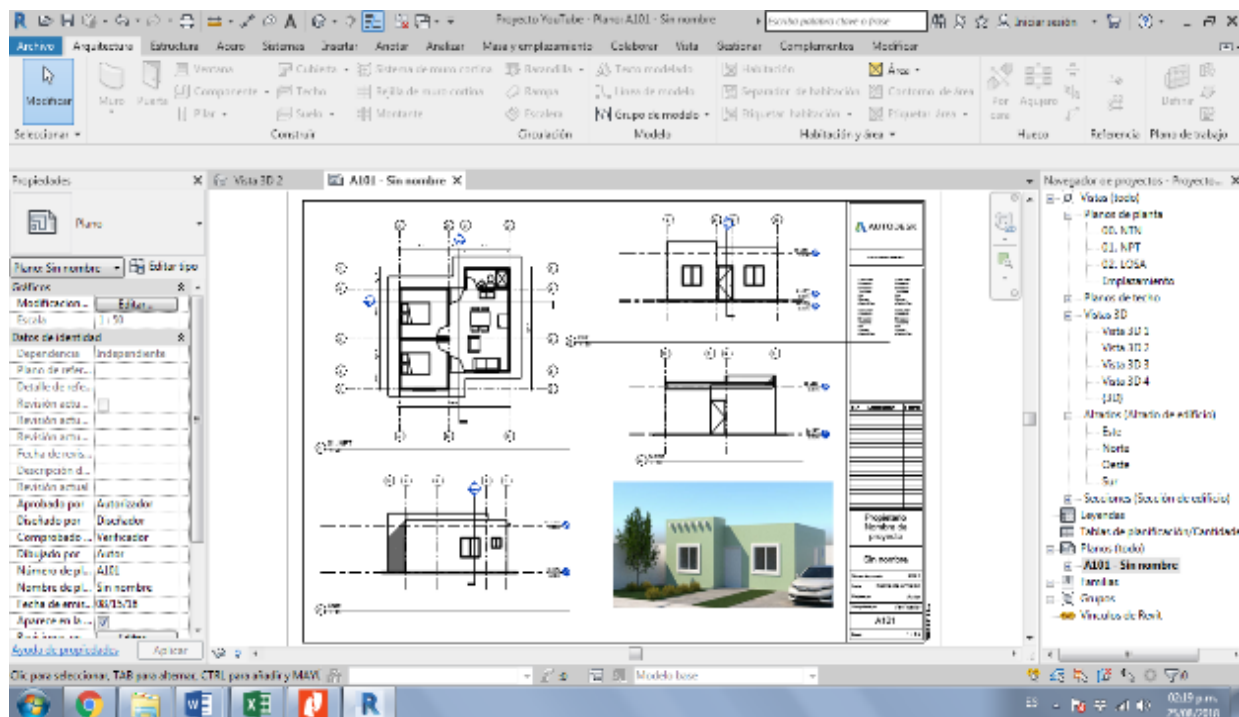


Figura 16. Proyecto arquitectónico piloto de implementación BIM.

A su vez se realizó una comparativa en los tiempos de diseño arquitectónico entre Revit y AutoCAD (ver figura 17), cabe mencionar que estos resultados dependen de la habilidad de cada individuo con el software en cuestión. Los valores que se muestran son resultado del trabajo del mismo arquitecto.

| REALIZACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| PARAMETRO | PROYECTO PILOTO BIM (REVIT) | PROYECTO NORMAL CAD |
| M2 | 45.00 | 45.00 |
| TIEMPO DE DISEÑO | 2 HORAS | 6 HORAS |
| RENDER | SI | NO |
| CUANTIFICACION | SI | NO |

Figura 17. Comparativa de diseño entre Revit y AutoCAD.

De los resultados obtenidos del proyecto piloto tenemos una reducción en los tiempos de diseño del 33%, tomando en cuenta que para estas alturas sólo se brindó una capacitación al personal por un valor de \$ 1350.00, si el costo por hora trabajada del

arquitecto es de \$ 62.00/hr., podemos concluir que en 6 proyectos del mismo tipo se habrá generado el retorno de la inversión y comenzará a producir ahorros a la empresa.

4.3.2.10 Monitorear el mercado por nuevas ofertas y tendencias

El administrador BIM tiene la obligación de mantenerse al día con las tendencias del mercado y la industria. Esto le permitió no solamente estar organizado sino a ayudar a la empresa a mantener una posición de liderazgo. Esto se logra a través de:

- Mantenerse al tanto de las tendencias en la industria, actualizaciones de software y las nuevas capacidades y herramientas que éste ofrece.
- Estar al día permite ofrecer a los clientes nuevas ofertas y proposiciones de valor que permitirán a la empresa seguir creciendo.
- Desarrollar la capacidad de crear valor e ingresos fuera del campo fuerte de la compañía. Estar atento a lo que está sucediendo en el alrededor puede ser una buena forma de ampliar el mercado.

4.4 Procesos para la propuesta de implementación de la metodología

4.4.1 Procesos de diseño

En la etapa de diseño se identificaron 2 momentos importantes, el primero es el relacionado al Modelado BIM que lo realiza la organización a través del equipo del área de Desarrollo de Proyectos ADP; el segundo son las Sesiones de Trabajo para identificación y resolución de incompatibilidades en las que participan los distintos involucrados del proyecto; por lo que fue imprescindible contar con una metodología adecuada en la que ambos grupos pudieran interactuar a través de la visualización del modelo.

A continuación, se describen las 6 fases en las que se dividió el proceso de diseño para la empresa en cuestión:

Fase 1: Coordinación entre especialidades

En esta fase tomaron lugar las primeras coordinaciones entre los proyectistas de las especialidades de instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y mecánicas, con los especialistas de estructuras y arquitectura para definir ubicaciones y medidas preliminares de los elementos esenciales de la edificación como cisternas y tanques elevados, montantes de agua y desagüe, gabinetes de montantes de comunicaciones (TV – teléfono) y energía, gabinetes de medidores de agua y acometidas eléctricas, cuartos de grupo electrógeno, extracción de monóxido y aire acondicionado, medidas de ascensores etc.

La participación del Gerente de proyectos, así como del BIM manager como entes integradores es fundamental para el éxito de esta fase, ya que son los que brindan la información relevante para ello.

En esta fase, el input fueron los borradores de los planos de estructuras y arquitectura, teniéndose definido los ejes, tramas y los principales elementos estructurales como columnas y placas y peraltes de vigas y losas.

El recurso Humano en esta primera fase son los proyectistas de estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas, así como el gerente de proyecto y BIM manager.

Las técnicas y herramientas fueron las consideraciones de diseño, Normatividad vigente, técnicas de visualización y el juicio experto de los participantes.

El output de esta fase son los planos en 2D de estructuras y arquitectura con primera revisión para iniciar el proceso de modelado BIM (ver figura 18).

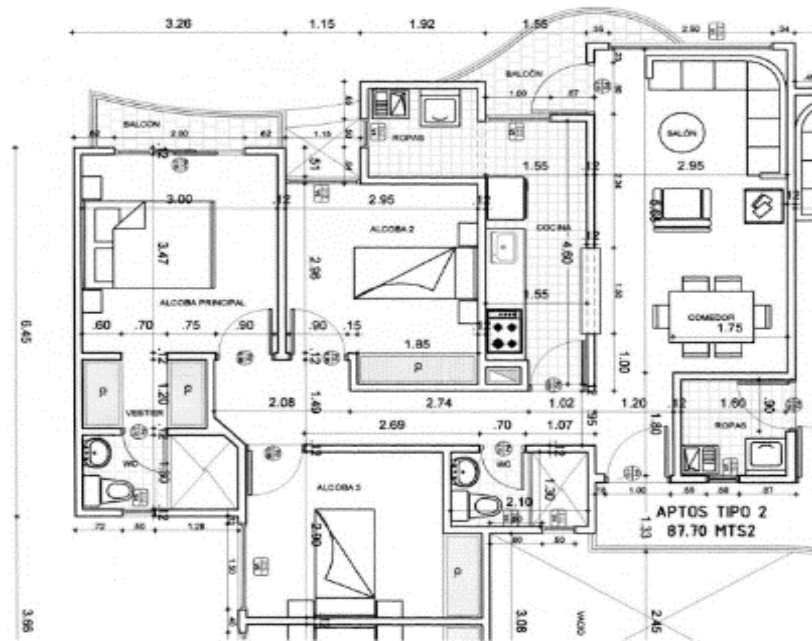


Figura 18. Vista de plano arquitectónico 2D.

Fase 2: Modelado BIM de estructuras y arquitectura

Terminada la primera fase integradora, los especialistas de estructuras y arquitectura desarrollaron el proyecto a nivel de primera revisión y presentaron el entregable de los planos en 2D al gerente de proyecto.

El gerente de proyecto transfiere esa información al área de desarrollo de proyectos (ADP), que es liderada por el BIM manager, quien a su vez designa a los modeladores para que desarrollen el modelo usando la herramienta Revit Structure y Revit Architecture.

Los modeladores de estructuras y arquitectura desarrollaron su trabajo en base a los planos en 2D proporcionados. Este trabajo se realiza en forma coordinada ya que es secuencial, es decir empieza con el modelado de estructuras y continúa con el modelado de arquitectura trasladándose la información con un desfase de 1 piso, para que el modelador de arquitectura obtenga como punto de partida la información linkeada de los ejes, niveles y elementos estructurales del modelador de estructuras.

Una vez culminado su trabajo se programaron sesiones internas con el BIM manager para la revisión del modelo y de las inconsistencias e interferencias encontradas.

El BIM manager, selecciona, identifica y clasifica las incompatibilidades para programar las sesiones de trabajo con los involucrados. En esta fase el input son los planos en 2D de estructuras y arquitectura, en primera revisión.

El recurso Humano en esta segunda fase del proceso de diseño fueron los modeladores de estructuras y arquitectura y el BIM manager.

Las técnicas y herramientas de esta segunda fase del proceso de diseño son las consideraciones de diseño, el linkeado del modelo de estructuras a arquitectura, software Revit structure y Architecture y el juicio experto de los participantes. El output de esta fase son los modelos de estructuras y arquitectura para compatibilizar, así como el listado de incompatibilidades (ver figura 19).



Figura 19. *Modelo BIM de arquitectura y estructura.*

Fase 3: Sesiones de trabajo para compatibilización de planos 2D de estructuras y arquitectura.

Una vez que el BIM manager tiene identificadas las incompatibilidades convoca a sesiones de trabajo a los especialistas en la que se involucre su participación con la finalidad de obtener los planos en 2D de estructuras y arquitectura compatibilizados.

En esta fase el input son los planos en 2D de estructuras y arquitectura en primera revisión, los planos 2D eléctricos, sanitarios y mecánicos en borrador, así como el modelo con las estructuras y arquitectura para compatibilizar y la lista de compatibilidades encontradas del modelo.

El recurso Humano en esta tercera fase son los proyectistas de estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas, así como el gerente de proyecto, BIM manager, Residente de obra y los modeladores de estructuras y arquitectura.

Las técnicas y herramientas son el juicio experto de los involucrados, el análisis de la información el software Revit structure y Architecture y el juicio experto de los participantes y la constructabilidad.

El output de esta fase son los planos en 2D de estructuras y arquitectura compatibilizados y el modelo con las especialidades de estructuras y arquitectura compatibilizados, así como los planos en 2D eléctricos, sanitarios y mecánicos en primera revisión.

Fase 4: Modelado BIM de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas.

Terminada la compatibilización de las especialidades de estructuras y arquitectura, los proyectistas de las especialidades de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas actualizaron su información y entregan sus planos en 2D en primera revisión al gerente de proyecto.

El gerente de proyecto transfiere esa información al área de desarrollo de proyectos (ADP), que es liderada por el BIM manager, quien a su vez asigna a los modeladores para el desarrollo del modelo usando la herramienta Revit MEP.

A la vez los modeladores de estructuras y arquitectura transfieren el modelo compatibilizado para que sea linkeado para el desarrollo de las especialidades MEP.

El trabajo del modelado MEP de las especialidades se realiza en forma individual (a partir del linkeado del modelo de estructuras y arquitectura compatibilizados), es decir cada modelador desarrolla su entregable sin intervención de las demás especialidades en una primera instancia, luego de terminado el modelado éste es integrado con las demás especialidades para detectar las interferencias que se presentan entre ellas.

El BIM manager, selecciona e identifica y clasifica las incompatibilidades para programar las sesiones de trabajo con los involucrados.

En esta fase el input son los planos en 2D de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas, en primera revisión, así como el modelo con las especialidades de estructuras y arquitectura compatibilizados.

El recurso humano en esta cuarta fase del proceso de diseño son los modeladores de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas, así como el BIM manager.

Las técnicas y herramientas son las consideraciones de diseño, el linkeado del modelo de estructuras y arquitectura compatibilizado, software Revit structure, Architecture, MEP y para visualización Naviswork y el juicio experto de los participantes.

El output de esta fase es el modelo con las instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas para compatibilizar, así como el listado de incompatibilidades, e interferencias (ver figura 20).



Figura 20. *Modelo BIM de Instalaciones.*

Fase 5: Sesiones de trabajo para compatibilización de planos 2d de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas.

Una vez que el BIM manager tiene identificadas las incompatibilidades convoca a sesiones de trabajo a los especialistas en la que se involucre su participación con la finalidad de obtener los planos en 2D de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas compatibilizados.

Queda a juicio del responsable que las personas citadas sean las que resuelvan el motivo de la incompatibilidad.

En esta fase el input son los planos en 2D de instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas en primera revisión, así como el modelo con las instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas para compatibilizar y la lista de incompatibilidades encontradas del modelo MEP.

El recurso humano para esta quinta fase de la etapa de diseño son los proyectistas de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas, el BIM

manager los modeladores de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas, así como el Residente de Obra.

Las técnicas y herramientas son el juicio experto de los involucrados, el análisis de la información el software Revit structure y Architecture y MEP y el juicio experto de los participantes y la constructabilidad.

El output de esta fase son los planos en 2D de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas compatibilizadas y el modelo con las especialidades de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas compatibilizados.

Fase 6: Sesiones de trabajo 3D con los proveedores y sub contratistas estratégicos.

En esta fase se buscó mejorar el modelo con la participación de los proveedores estratégicos como lo es el del grupo electrógeno, extracción de monóxido, aire acondicionado, agua contra incendios, alarma contra incendios y ascensores. Así mismo se busca la participación de los proveedores de muebles de cocina y closets, así como de ventanas y mamparas de vidrio (ver figura 21).

El Input para las sesiones de trabajo fueron las especificaciones técnicas de los proyectistas y los modelos de las diferentes especialidades según sea el caso. El recurso humano es el gerente de proyecto, el BIM manager, el modelador y los proveedores o sub contratistas, y las técnicas y herramientas son el análisis de la información a través de la visualización del modelo, el juicio experto y la constructabilidad.

El output son los planos desarrollados a detalle en 2D de las especialidades convocadas a la sesión.



Filter products

Brands (87) BIM object categories (22) File types (27) Regions (8) Types (5)

Plumbing

[Drainage](#)[Joints](#)[Pipes](#)[Plumbing](#)[Pumps](#)[+ See more](#)

More filter options

Materials (42) Masterformat (127) Omniclass (118) Uniformat (15)

4,893 product families 87 brands 1,158,546 downlo

BIM object categories: Plumbing 

Figura 21. Gran variedad de proveedores de objetos BIM.

4.4.2 Procesos de Coordinación y Colaboración

Los procesos de coordinación utilizados tienen su fuente en un documento de ayuda lanzado por la Autodesk (ver figura 22 y 23).



Figura 22. Flujo de Tareas para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño de proyecto Integrado.

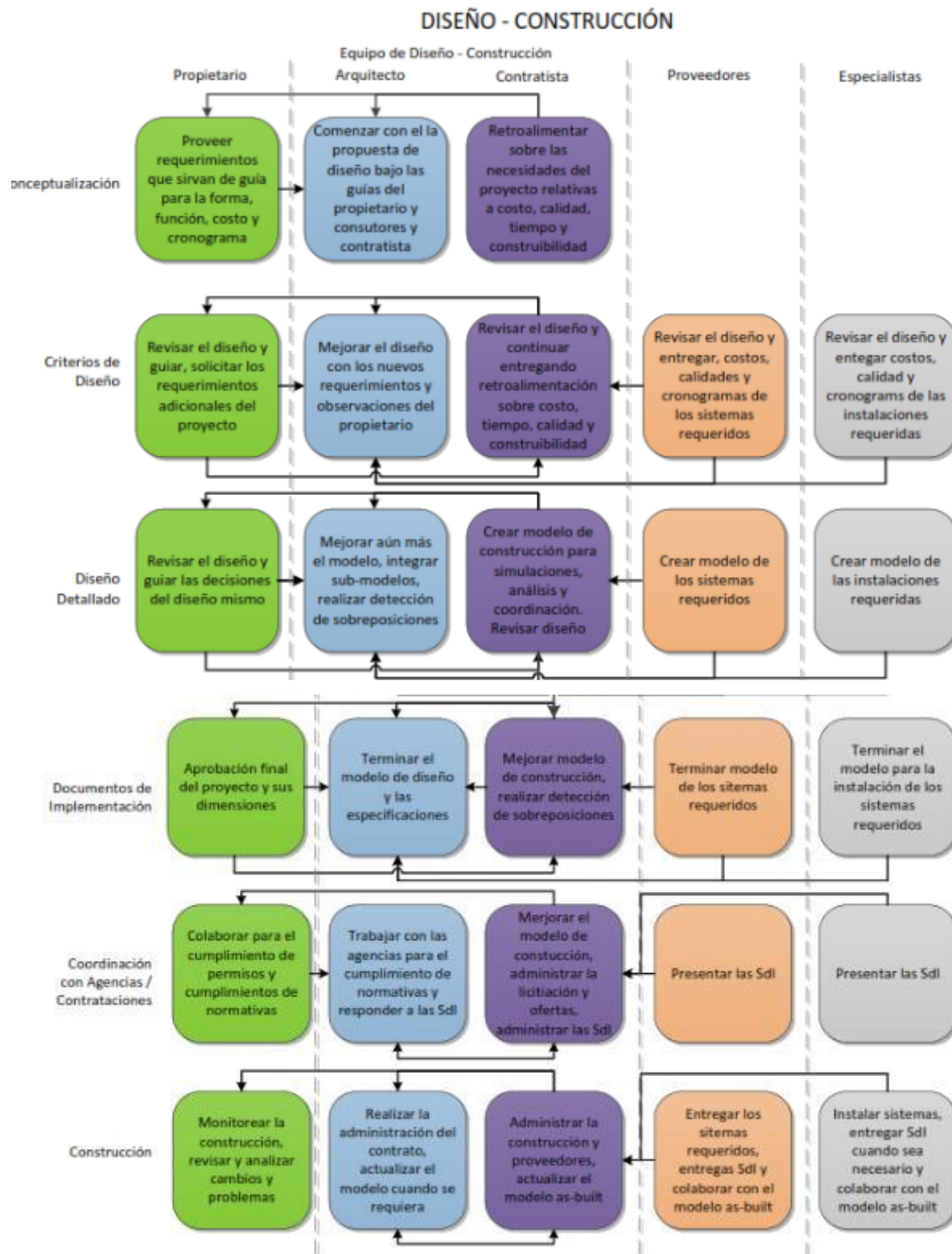


Figura 23. Flujo de Tareas para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño-construcción

4.4.3 Procesos de Corrección de Errores y Compatibilización

Debido a que se trabajará un proyecto usando tecnologías BIM se toma gran importancia en que el proyecto en turno se mantenga actualizado.

Se propone a la empresa en cuestión no intercalar información desde el modelo hecho en un software BIM hacia archivos con formato CAD.

En dado caso que se presente un error y se requiera ser solucionado se notificará al Gerente BIM de la situación para dar solución inmediata.

4.5 Aspectos legales que deben administrarse dentro de los procesos de diseño con la tecnología BIM.

Con la finalidad de definir al proyecto como un producto que debe cumplir con ciertas condiciones se crearon contratos internos de la empresa en donde se definen los derechos de los participantes en el proyecto los cuales son:

- RVF-C01: Formulario estándar para el acuerdo de responsabilidad limitada en proyectos (ver anexo 9).

- RVF-D01: Formulario estándar de acuerdo entre propietario y Diseñador- Constructor (el diseñador lidera) (ver anexo 10).

- RVF-D02: Formulario estándar de acuerdo entre Diseñador-Constructor y contratista (el diseñador-constructor lidera) (ver anexo 11).

4.6 Áreas afectadas dentro de la organización

Las áreas afectadas durante el proceso fueron: Marketing, Recursos Humanos, Finanzas, Informática y Operaciones. A continuación, se describirá la forma en la que cada área se vio afectada.

4.4.1 Marketing

Debido a que las tecnologías BIM significan distintas cosas para distintas personas y crean expectativas extremadamente elevadas en los actuales y en los posibles clientes. Resultó necesario que la empresa fuera capaz de acordar adecuadamente el enfoque de los servicios relacionados con las tecnologías BIM que podrá entregar.

Es así que algunas ventajas derivadas de los procesos BIM pueden ser aprovechadas como oportunidades de negocio, sin embargo, debido a que el personal de Marketing nunca será un experto técnico, puede llegar a suceder que se estén publicitando cosas inexistentes o forzando al equipo técnico a entregar cosas que todavía no son capaces de realizar. Es por esta razón que fue importante enumerar adecuadamente los beneficios de estas tecnologías y los productos que se pueden obtener del uso de las mismas para ayudar a un manejo de marketing efectivo.

4.4.2 Recursos Humanos

El departamento de recursos humanos recibió cambios en el sentido de que fue necesario llevar a cabo una capacitación general acerca del uso de las tecnologías BIM, para que, de esta manera, los responsables del reclutamiento y selección estuviesen informados del perfil con el que deben contar los nuevos aspirantes a posibles puestos dentro de la empresa.

4.4.3 Finanzas

Existen dos aspectos en las finanzas de las empresas: la contabilidad y la administración financiera.

Las tecnologías BIM no cambian estas tareas, sin embargo, pueden ayudar a mejorar grandemente las actividades de la administración financiera. Esto sucede gracias a que se pueden identificar los problemas bastante antes de que ocurran y no como ocurre usualmente: tomando medidas apresuradas en base a la experiencia del gerente.

4.4.4 Operaciones

Las operaciones son la razón de porqué existe la empresa, todas las demás áreas existen para apoyar a las operaciones que añaden y generan valor.

Esta área tiene bastantes cambios durante el proceso de implementación BIM, el cómo se perciben los proyectos, el proceso constructivo, la organización de las actividades y los tiempos de ejecución, son algunos de los factores cruciales que sufren cambios, buscando optimizar al máximo cada uno de los puntos críticos que generan valor a la empresa.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación acerca de realizar una Propuesta de Gestión de proyectos de obra civil a través de la metodología BIM para la optimización de recursos de la empresa constructora Ing. Rodolfo Valdez Figueroa en Navojoa, Sonora, podemos resaltar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Como se mencionó la empresa en cuestión ha presentado muchas variaciones en base al presupuesto inicial y el sobrecosto que se genera durante la construcción de diversos proyectos, al igual que en los desfases de los plazos de ejecución establecidos.

En base a estudios realizados acerca de la implementación de las tecnologías BIM se ha comprobado que mediante una correcta implementación se obtienen beneficios considerables como lo es un 20% de ahorro en el costo del proyecto aproximadamente.

Llevar a cabo la implementación dentro de la empresa constructora en cuestión es una buena oportunidad de aumentar la productividad, debido al costo-beneficio que ofrece, así como la ampliación en la propuesta de valor, generando una nueva manera de captar clientes potenciales.

De igual manera, la industria de la construcción a nivel mundial, está optando por el uso de las tecnologías BIM como un requisito para poder licitar obras, lo que nos muestra el gran impacto que éstas generan.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa difundir la propuesta de implementación a todos los miembros de la empresa para que conozcan ampliamente cuál es el objetivo planteado para lograr que todo el equipo de trabajo se dirija a la misma dirección.

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.

Referencias Bibliográficas

Alcántara, P. V. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM*. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

American Institute of Architects (2018). *AIA Contract Docs*. Recuperado el 25 de agosto de 2018 de <https://www.aiacontracts.org/>.

Autodesk (2007). *Introducing BIM into a Small-Firm Work Environment*. Recuperado el 11 de agosto de 2018 de <http://static.ziftsolutions.com/files/8a7c9fef2693aa1e0126d28faf3206fd>.

Autodesk (2014). *Libro de ejercicios para implementar proyectos piloto de BIM*. Recuperado el 25 de agosto de 2018 de http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/fast-campaigns/fy18-amer/aec/100398/Autodesk_Manual-Implementacion-BIM.pdf?av=2017022113214

Autodesk (2010). *Autodesk BIM deployment Plan: A practical Framework for Implementing BIM*. Recuperado el 15 de agosto de 2018 de <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=14652957&siteID=123112>.

Mojica, A., & Valencia, D. F. (2012). *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Tesis de maestría no publicada, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Montellano (2013) *Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas de Ingeniería*. Tesis de maestría no publicada, Fundación Universitario Iberoamericana, Cochabamba, Bolivia.

Murcio Juárez, M. (2013). *Análisis y diseño estructural utilizando modelo BIM*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F.

Navarro Luna, K. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología BIM en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta"*. Tesis de maestría no publicada, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Saldías, R. O. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Salinas (2013). *Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan*. Tesis de maestría no publicada, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Alineación con la visión organizacional

Declaración de la visión organizacional

Ser la empresa constructora más importante para proyectos de construcción complejos, en los cuales, nos distingamos por superar retos por medio de la tecnología.

BIM mejora la visión organizacional

Las prácticas de BIM nos ayudan a lograr que nuestra empresa sobresalga por ofrecer servicios expandidos a nuestros clientes.

BIM cambia la visión organizacional

BIM nos permitirá competir por más proyectos.

Anexo 2. Objetivos de BIM

A continuación, anote sus objetivos generales y particulares al adoptar BIM. Señale también cómo le gustaría medir el logro de estos objetivos y de sus plazos proyectados.

| Objetivo general de BIM | Objetivo particular mensurable | Se alcanza si | Plazo proyectado |
|---|---|--|------------------|
| Mejorar la gestión de las operaciones en todas las instalaciones nuevas | Obtener un modelo conforme a obra de toda la nueva construcción que muestre información de los sistemas mecánicos | El equipo de proyecto recopila o actualiza la información del modelo después de cada proyecto u orden de cambio. | Marzo de 2019 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Anexo 3. Herramientas de creación actuales

En la siguiente tabla, describa las herramientas de creación que su organización utiliza en un proyecto típico. Marque el área de enfoque de la industria y después especifique qué herramienta utiliza actualmente en cada etapa de su proyecto.

| Enfoque industrial | Etapa del proyecto | Herramienta de creación |
|-----------------------|---|---|
| Arquitectura | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación 5 – Administración de la construcción/Edificación | 1 – Revit, AutoCAD 2 – Revit 3 – Revit, AutoCAD 4 – Otro (especifique) 5 – ND |
| Infraestructura civil | 1 – Planificación y diseño conceptual 2 – Agrimensura y recolección de datos 3 – Ingeniería preliminar 4 – Diseño final 5 – Documentación del proyecto 6 – Licitación 7 – Administración de la construcción/Edificación | |
| Construcción | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación 5 – Administración de la construcción/Edificación 6 – Estimaciones 7 – Planificación 8 – Coordinación 9 – Diseño de detalles 10 – Maquetación 11 – Cimentación | |
| Sistemas mecánicos | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación | |

| | | |
|---------------------|--|--|
| | 5 – Administración de la construcción/Edificación | |
| Sistemas eléctricos | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación 5 – Administración de la construcción/Edificación | |
| Tuberías | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación 5 – Administración de la construcción/Edificación | |
| Estructura | 1 – Diseño esquemático 2 – Desarrollo del diseño 3 – Documentación de la construcción 4 – Licitación 5 – Administración de la construcción/Edificación | |

Anexo 4. Modelos planificados

En la siguiente tabla, describa los modelos que su organización podría crear en un proyecto típico. Anote el nombre del modelo, su contenido, la etapa de proyecto en la que generalmente se introduce el modelo y la herramienta de creación usada en el modelo.

| Nombre del modelo | Contenido del modelo | Etapas del proyecto | Herramienta de creación |
|----------------------------|--|--|---|
| Modelo de coordinación | Componentes arquitectónicos, estructurales y de MEP de la estructura principal del edificio y el estacionamiento | Documentos del desarrollo del diseño y la construcción | Autodesk Revit |
| Modelo de ingeniería civil | | | <input type="checkbox"/> Civil 3D <input type="checkbox"/> InfraWorks <input type="checkbox"/> Otro |
| Modelo arquitectónico | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |
| Modelo estructural | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |

| | | | |
|-------------------------|--|--|---|
| Sistemas mecánicos | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |
| Sistemas eléctricos | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |
| Plomería | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |
| Modelo de construcción | | | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Otro: |
| Coordinación del modelo | | | <input type="checkbox"/> Navisworks Manage o Simulate <input type="checkbox"/> BIM 360 <input type="checkbox"/> BIM 360 Field <input type="checkbox"/> Otros: |

Anexo 5. Tareas de análisis planificadas

Anote los tipos de herramientas de análisis que su organización planea implementar. Seleccione la casilla de verificación y escriba el nombre de la herramienta deseada, si se ha definido. Deje en blanco la fila de las tareas de análisis que no serán realizadas por su organización.

| Análisis | Descripción | Herramientas recomendadas |
|-------------------------|--|--|
| Visualización | Las herramientas de visualización permiten que el equipo de proyecto visualice el diseño o construcción del proyecto en 3D, ofreciendo una perspectiva más precisa del producto final. Estas herramientas resultan de gran utilidad en la presentación de propuestas que contribuyan a ganar más negocios. | <input type="checkbox"/> Autodesk 360 Rendering <input type="checkbox"/> 3ds Max Design <input type="checkbox"/> InfraWorks <input type="checkbox"/> Navisworks <input type="checkbox"/> Otro: |
| Estructural | Las herramientas de análisis estructural utilizan el modelo para analizar las propiedades estructurales del edificio. Normalmente, los programas de análisis estructural utilizan el método de elementos finitos (MEF) para medir las tensiones sobre todos los elementos estructurales del diseño. Para que el análisis estructural funcione de manera correcta, la herramienta de modelado estructural original debe ser compatible con la herramienta de análisis estructural y los datos de propiedades del modelo estructural original deben incluir información acerca de los elementos estructurales. | <input type="checkbox"/> Structural Analysis para Revit <input type="checkbox"/> Robot Structural <input type="checkbox"/> Otros análisis: |
| Detección de conflictos | El análisis de detección de conflictos se efectúa para comprobar interferencias entre los diseños de uno o muchos modelos. Para ayudar a disminuir órdenes de cambio durante la construcción, la detección de conflictos se debe realizar tempranamente y continuar durante el proceso de diseño. Para que la detección de conflictos funcione adecuadamente, los modelos del proyecto | <input type="checkbox"/> Navisworks Manage o Simulate |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| | deben tener un punto de referencia común y ser compatibles con la herramienta de detección de conflictos. | |
| Cálculo de cantidades | El objetivo del análisis de cálculo de cantidades es utilizar los datos de propiedades de modelado para automatizar o simplificar el proceso de cálculo de los materiales. La información de la herramienta de cálculo de cantidades puede entonces importarse o estar incluida en el software de estimación de costos. Para que el proceso de cálculo de cantidades funcione correctamente, el creador del modelo original debe incluir información de las propiedades relevantes en el diseño | <input type="checkbox"/> Autodesk Revit <input type="checkbox"/> Navisworks Manage o Simulate <input type="checkbox"/> Otro: |
| Planificación/4D | El análisis de la planificación permite al equipo utilizar el modelo del proyecto para analizar el cronograma y la secuencia de la construcción. Posteriormente, esta información se puede utilizar para modificar o ajustar el calendario de construcción. Aunque sí existen herramientas que permiten a los miembros del equipo de proyecto visualizar la construcción en el transcurso del tiempo, hasta la fecha ninguno de estos sistemas interactúa de manera automática con herramientas de planificación. | <input type="checkbox"/> Navisworks Manage o Simulate <input type="checkbox"/> Otro: |
| Análisis de costos/5D | La elaboración de modelos 5D ayuda a los diferentes participantes (arquitectos, diseñadores, contratistas y propietarios) de cualquier proyecto de construcción a visualizar el progreso de las actividades de construcción y de sus costos relacionados en el transcurso del tiempo. Esta técnica de administración de proyectos centrada en BIM tiene el potencial de mejorar enormemente la administración de proyectos y la entrega de proyectos de construcción de cualquier tamaño y complejidad. | <input type="checkbox"/> Navisworks Manage o Simulate <input type="checkbox"/> Otro: |
| Energía/LEED | Las herramientas de clasificación LEED (acrónimo de Leadership in Energy and Environmental Design, liderazgo en energía y diseño ambiental) y de análisis de energía ayudan al equipo de proyecto a evaluar el impacto de las decisiones de diseño en cuanto a sostenibilidad y consumo energético. Este modelo de análisis se basa, por lo general, en el modelo arquitectónico | <input type="checkbox"/> Energy Analysis para Revit <input type="checkbox"/> Green Building Studio <input type="checkbox"/> Otro: |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| | principal, desde el cual se puede usar la información del material y los sistemas del edificio para evaluar la sostenibilidad y el consumo de energía del proyecto. | |
| Geoespacial | Las herramientas de análisis geoespacial permiten al equipo de proyecto aprovechar los datos GIS durante el ciclo de vida completo del proyecto. Por ejemplo, esto podría incluir las preocupaciones medioambientales como las relacionadas con evitar tierras magras y pantanos. También podría involucrar zonificación superpuesta o información del uso de suelo. Finalmente, puede proporcionar un mecanismo en el que la información relevante se pueda exportar y compartir con la ciudadanía cuando el proyecto se haya completado. | <input type="checkbox"/> AutoCAD Map 3D <input type="checkbox"/> Otro: |
| Aguas pluviales | Las herramientas de análisis de aguas pluviales permiten al equipo de proyecto modelar complejos sistemas de hidrología, hidráulica y calidad del agua. Esto puede incluir el diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema de drenaje y las instalaciones de retención para un mejor control de inundaciones y protección de la calidad del agua. | <input type="checkbox"/> Autodesk Storm & Sanitary Analysis <input type="checkbox"/> Otro: |
| Alcantarillado sanitario | Las herramientas de análisis del alcantarillado sanitario permiten al equipo de proyecto analizar complejos sistemas sanitarios, de alcantarillado y combinados. Se suelen utilizar para la planificación general y la rehabilitación, así como en los diseños nuevos y para prever crecimientos futuros en el modelo del alcantarillado. | <input type="checkbox"/> Autodesk Storm & Sanitary Analysis <input type="checkbox"/> Otro: |
| Ruta de barrido de vehículos | Las herramientas para el análisis de la ruta de barrido de las operaciones de vehículos permiten a arquitectos, ingenieros y encargados de la planificación evaluar de manera anticipada los movimientos de un vehículo en proyectos de diseño de transporte o de sitios. Esto es importante para garantizar que se mantengan los estándares mínimos, así como para la consideración de factores como las líneas de visión y riesgos de seguridad potenciales. | <input type="checkbox"/> Autodesk Storm & Sanitary Analysis <input type="checkbox"/> Otro: |

Anexo 6. Capacidades actuales

En el siguiente espacio, anote las capacidades actuales de su organización en cuanto a tipo de personal, número de empleados de cada tipo y nivel de preparación promedio.

| Capacidad | Tipo de personal / Número / Nivel de preparación promedio |
|---------------|---|
| Diseño CAD 2D | Arquitecto / 1 / Avanzado Gerente de proyecto / 1 / Experto |
| Diseño BIM 3D | Arquitecto / 1 / Avanzado Gerente de proyecto / 1 / Principiante |
| Visualización | Arquitecto / 1 / Avanzado |
| Simulación | Arquitecto / 1 / Avanzado |
| Análisis | Gerente de proyecto / 1 / Avanzado |
| Otro: | |

Anexo 7. Capacidades indispensables

En el siguiente espacio, indique las capacidades deseadas por tipo de personal, número total de empleados, nivel de preparación promedio deseado y el número de empleados con el nivel de preparación deseado.

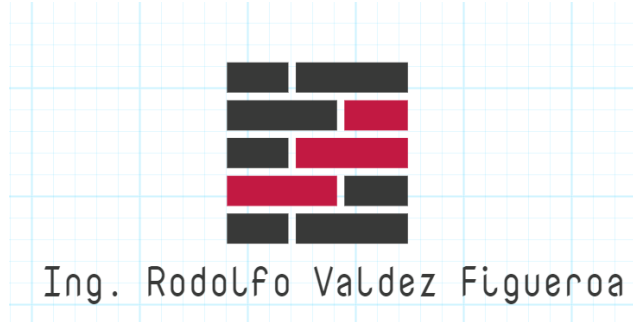
| Capacidad | Tipo de personal / Número / Nivel de preparación promedio |
|---------------|---|
| Diseño CAD 2D | Arquitecto / 1 / Avanzado Gerente de proyecto / 1 / Experto |
| Diseño BIM 3D | Arquitecto / 2 / Avanzado Gerente de proyecto / 1 / Avanzado |
| Visualización | Arquitecto / 2 / Avanzado |
| Simulación | Arquitecto / 2 / Avanzado |
| Análisis | Gerente de proyecto / 1 / Avanzado |
| Otro: | |

Anexo 8. Plan de capacitación y requisitos actuales

¿Su personal está recibiendo algún proceso de capacitación actualmente? (por ejemplo, sesiones de impulso a la eficiencia guiadas por instructor, capacitación interna, asistencia a conferencias, asistencia a webcasts...) Describa los tipos de capacitación que sus empleados han recibido, así como las maneras en que usualmente se ofrece. Incluya también cualquier área de capacitación que considere que se requiera.

- Se han realizado capacitaciones al encargado del área de proyectos a través de cursos en línea, esto en diferente software de diseño y representación arquitectónica.
- Cursos acerca de los reglamentos de construcción locales y estatales.
- Cursos de actualización en el departamento administrativo.
- Es necesario capacitar al personal en el idioma inglés y en estrategias de marketing.

Anexo 9. Contrato RVF-C01



Acuerdo de entidad de propósito único:

A los ____ días del mes de _____ del ____.

Mediante el presente contrato queda establecido el acuerdo de responsabilidad limitada en el proyecto de nombre:

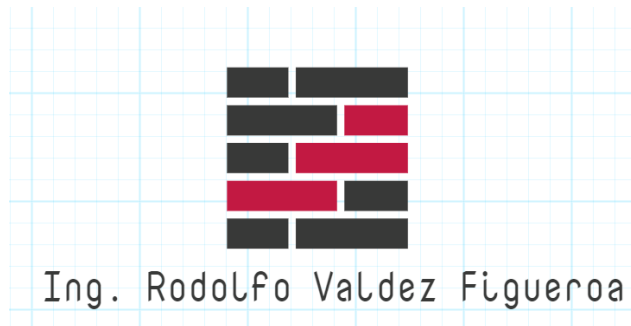
Entre las partes involucradas.

Atte:

Ing. Rodolfo Valdez Figueroa

Cliente/contratista/proveedor

Anexo 10. contrato RVF-D01



Acuerdo de entidad de propósito único:

A los ____ días del mes de _____ del ____.

Mediante el presente contrato queda establecido **acuerdo entre propietario y Diseñador- Constructor (el diseñador lidera)** en el proyecto de nombre:

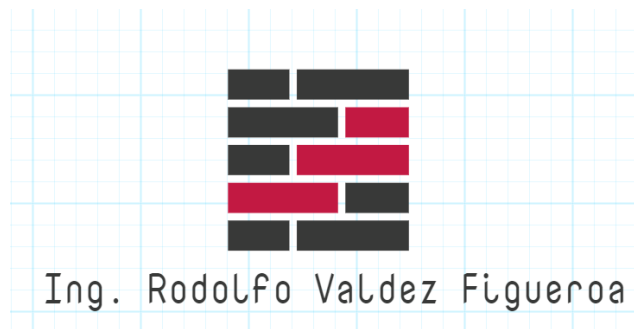
Entre las partes involucradas.

Atte:

Ing. Rodolfo Valdez Figueroa

Cliente/contratista/proveedor

Anexo 11. Contrato RVF-D02



Acuerdo de entidad de propósito único:

A los ____ días del mes de _____ del ____.

Mediante el presente contrato queda establecido **acuerdo entre Diseñador-Constructor y contratista (el diseñador-constructor lidera)** en el proyecto de nombre:

Entre las partes involucradas.

Atte:

Ing. Rodolfo Valdez Figueroa

Cliente/contratista/proveedor