



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado  
de  
**INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL USO DE GESTIÓN BIM EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE UN BLOQUE DE VIVIENDAS DE 10 PISOS DEL  
DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES-LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**MORALES RÍOS STEPHANIE VANESSA**

**ASESOR:**

**Dr. Raúl Valentín Pumaricra Padilla**

**JURADO:**

**Dr. Miguel Ángel Ramos Flores**

**Ms. Gustavo Augusto Tabory Malpartida**

**Ms. Gustavo Adolfo Aybar Arriola**

**Lima – Perú**

**2018**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por su amor y soporte.*

*A mis padres, Edith y Francisco quienes me motivaron desde pequeña a materializar mis sueños, a mi tío Walter, que fue y será siempre mi ejemplo a seguir y a los amigos que fui conociendo a lo largo del camino profesional, que con sus enseñanzas hicieron posible el desarrollo de esta investigación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis hermanas y hermano que me motivaron a perseverar en el desarrollo de esta tesis.*

*A mi padre, que desde pequeña me enseñó a amar los números.*

*A mi asesor que es un ejemplo de profesional y ser humano.*

*A mis compañeros de obra de la Constructora Inarco Perú S.A.C, que me apoyaron con sus enseñanzas y motivaciones para hacer realidad esta investigación.*

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue comparar la rentabilidad final de la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos ejecutado con la metodología tradicional versus la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos donde se hizo uso de Gestión BIM (Building Information Modeling). Nuestras muestras de estudio fueron las 2 primeras torres que se ejecutaron dentro del Condominio Paseo San Martín, ubicados en el distrito de San Martín de Porres, construidos durante los años 2015 y 2017. Se debe tener en cuenta que las dos muestras tienen las mismas características, las cuales las hacen comparables. La metodología empleada fue la de comparar los resultados del control de costos, control del tiempo, control documentario y cierre de subcontratos, tanto de la Torre I que fue construida de la manera tradicional, como de la Torre II, en el cuál se hizo uso de la Gestión BIM. El resultado obtenido fue que con el uso de Gestión BIM en la construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín se obtuvo una rentabilidad positiva de 1.39%, y con el uso de la metodología tradicional empleada en la construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín se obtuvo una rentabilidad negativa de 3.94%. Así mismo se identificó que el mayor porcentaje de ganancia en la Torre II se debió al uso de Gestión BIM.

Por último, la hipótesis de investigación se acepta: El uso de Gestión BIM mejora la rentabilidad final de la construcción de bloques de viviendas de 10 pisos en el distrito de San Martín de Porres.

**Palabras Claves:** Rentabilidad, BIM, Control Presupuestario.

## **ABSTRACT**

*The objective of the research was to compare the final profitability of the construction of a 10-story apartment block executed with the traditional methodology versus the construction of a 10-storey housing block where BIM (Building Information Modeling) Management was used. Our study samples were the first 2 tower that were executed within the Paseo San Martín Condominium, located in the San Martín de Porres district, built during the years 2015 and 2017. It must be considered that the two samples have the same characteristics, which make them comparable. The methodology used was to compare the results of cost control, time control, documentary control and closure of subcontracts, both Tower I that was built in the traditional way, and Tower II, which was used of BIM Management. The result obtained was that with the use of BIM Management in the construction of Tower II of the Paseo San Martín Condominium, a positive return of 1.39% was obtained, and with the use of the traditional methodology used in the construction of Tower I of the Condominium Paseo San Martín obtained a negative return of 3.94%. It was also identified that the highest percentage of profit in Tower II was due to the use of BIM Management.*

*Finally, the research hypothesis is accepted: The use of BIM Management improves the final profitability of the construction of 10-storey housing blocks in the district of San Martín de Porres.*

**Keywords:** Profitability, BIM, Budget Control.

## INTRODUCCIÓN

Durante muchos años la rentabilidad en la industria de la construcción ha sufrido variaciones, muchas de las veces con una tendencia negativa. Una de las causas es la falta de información clara y precisa durante la etapa de construcción que ocasiona retrasos de actividades ya programadas y conlleva al uso de recursos que muchas veces no se contemplan en el presupuesto de la obra. Esto se debe a una serie de deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería (planos, especificaciones técnicas, memorias descriptivas, etc.) que sumado a la elevada variabilidad de la industria de la construcción ha ocasionado que cada vez existan más proyectos cuyos resultados económicos al término de la obra no sean los deseados.

La complejidad de los proyectos inmobiliarios solicitados por los clientes hoy en día es cada vez mayor, con información diversa de distintas especialidades, con tiempos de adquisición de materiales e insumos cada vez más cortos y con procedimientos que exigen la aplicación no solo de herramientas eficaces de gestión y planificación en la etapa de construcción, sino también de una adecuada revisión, compatibilización y realimentación del diseño del proyecto, debido a que durante la etapa de diseño y licitación, la información que se maneja no es analizada a detalle y todas las interferencias e incompatibilidades son detectadas recién durante la etapa de construcción, obligando así a que sea la constructora la que asuma la responsabilidad de hacer el proyecto más construible. Es debido a ésta problemática que surge la GESTION BIM, y ha sido aplicada ya a varios proyectos de construcción obteniendo resultados favorables.

Un modelo BIM es una representación tridimensional y paramétrica de todos los elementos que constituyen un proyecto de construcción: estructuras, arquitectura e instalaciones. El ser “paramétrica” quiere decir que cada elemento puede almacenar información y ser utilizada para múltiples aplicaciones que van desde el diseño y construcción hasta el funcionamiento de las instalaciones (operación mantenimiento).

La situación del BIM en el mundo ha ido evolucionando favorablemente, más aún en países desarrollados como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania y Francia, que han implementado la Gestión BIM dentro de los procesos de construcción tanto en el sector público como privado. Se estima que para el 2020, el mercado BIM crecerá hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo según un estudio de mercado. (COMUNIDAD BIMCOMMUNITY, 2016).

No obstante; el uso de Gestión BIM en nuestro país aún no está muy difundida. Existe un poco porcentaje de constructores y diseñadores de Lima que conocen de las herramientas 3D y 4D para el diseño, planificación y control de proyectos. Sin embargo, estas herramientas no son usadas correctamente y solo se explota un pequeño porcentaje de sus beneficios. Por otro lado, en otros países de Latinoamérica como Chile y Colombia, el uso de la gestión BIM durante la etapa de diseño, construcción y mantenimiento es frecuente y ha arrojado resultados positivos.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática	15
1.2 Formulación del problema	18
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Justificación de la investigación	19
<b>2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Bases teóricas	25
2.2.1 Definición de BIM y su origen	25
2.2.2 BIM en el Perú y el mundo	28
2.2.3 BIM vs CAD, el paso de la construcción en 2D a 3D	30
2.2.4 Los niveles de desarrollo BIM (LOD)	32
2.2.5 BIM: Ventajas y Áreas de Aplicación en los Proyectos de Construcción	38
2.2.6 Principales Herramientas de Gestión BIM en la Fase de Construcción	43
2.2.7 VDC y el futuro de BIM	47
2.2.8 La Gestión del Valor Ganado en Construcción	48
2.2.9 Curva “S” de un Proyecto de Construcción	51
2.2.10 Análisis de Rentabilidad de un Proyecto de Construcción	53



2.3 Grupo de Interesados .....	54
2.4 Formulación de Hipótesis.....	55
2.4.1 Hipótesis general .....	55
2.4.2 Hipótesis Específicas .....	55
<b>3 METODOLOGÍA .....</b>	<b>56</b>
3.1 Diseño metodológico .....	56
3.1.1 Tipo .....	56
3.1.2 Enfoque.....	57
3.2 Población y muestra .....	58
3.3 Operacionalización de variables e indicadores .....	60
3.4 Instrumentos de recolección de datos .....	61
3.4.1 Descripción del instrumento.....	61
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información.....	62
3.6 Consideraciones generales para el modelado BIM .....	62
3.6.1 Elección de las especialidades a modelar.....	63
3.6.2 Modelamiento de la especialidad de Estructuras .....	65
3.6.3 Modelamiento de la especialidad de Arquitectura .....	67
3.6.4 Modelamiento de la especialidad de Acabados.....	67
3.6.5 Modelamiento de la especialidad de Instalaciones Sanitarias .....	69
3.6.6 Modelamiento de la especialidad de Instalaciones Eléctricas .....	70
3.7 Cálculo de Cantidades y Estimación de Costos por el Método .....	
Tradicional .....	72
3.8 Cálculo de Cantidades de Obra y Estimación de Costos con la Gestión ....	
BIM.....	74
3.9 Consideraciones para el cálculo de la rentabilidad de los .....	
proyectos de construcción.....	75
<b>4 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>

4.1	Resultados por el Método Tradicional De Construcción .....	76
4.1.1	Resultados del Control de Adquisiciones de Proveedores y Subcontratistas .....	76
4.1.2	Control de Tiempos bajo la Metodología Tradicional de Construcción.....	78
4.1.3	Control Documentario bajo la Metodología Tradicional .....	83
4.1.4	Control de Costos bajo la Metodología Tradicional .....	87
4.2	Resultados usando Gestión BIM .....	93
4.2.1	Resultados del Control de Adquisiciones de Proveedores y Subcontratistas .....	93
4.2.2	Control de Tiempos bajo la Gestión BIM .....	95
4.2.3	Control Documentario bajo la Gestión BIM .....	102
4.2.4	Control de Costos con la Gestión BIM .....	106
4.3	Análisis de la Rentabilidad del Método Tradicional de Construcción versus el uso de Gestión BIM .....	110
4.3.1	Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto: Construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín .....	110
4.3.2	Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto: Construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín .....	111
4.4	Evaluación de las causas de ganancia y pérdidas por partidas de control .....	111
<b>5</b>	<b>DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
5.1	Discusión de Resultados.....	113
5.2	Conclusiones.....	116
5.3	Recomendaciones .....	118
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Índices de deflexión anual de la productividad en la construcción.</i>	16
<b>Figura 2</b> <i>Productividad de la construcción en diferentes países de Latinoamérica.</i>	17
<b>Figura 3</b> <i>Diferencia entre BIM y un dibujo en 3D</i>	27
<b>Figura 4</b> <i>Consolidación de BIM a nivel internacional</i>	29
<b>Figura 5</b> <i>Tipos de niveles de desarrollo en el modelado de la Gestión BIM</i>	34
<b>Figura 6</b> <i>Ciclo de vida de un proyecto de construcción</i>	39
<b>Figura 7</b> <i>Ejemplo de una Sesión ICE, especialistas reunidos visualizando el modelo final.</i>	44
<b>Figura 8</b> <i>Sectorización de un proyecto de estructuras usando software BIM.</i>	46
<b>Figura 9</b> <i>Virtual Design and Construcción.</i>	48
<b>Figura 10</b> <i>Earned Value Managment : main indicators (SPI = EV/PV, CPI = EV/AC)</i>	50
<b>Figura 11</b> <i>Análisis de los Indicadores CPI y SPI.</i>	51
<b>Figura 12</b> <i>Ubicación de la muestra de estudio-Condominio Paseo San Martín.</i>	58
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de Pareto: Especialidades VS Costo Directo</i>	65
<b>Figura 14</b> <i>Modelamiento de platea de cimentación</i>	66

<b>Figura 15</b> <i>Modelamiento de placas y losas de concreto armado</i> .....	67
<b>Figura 16</b> <i>Modelamiento de arquitectura y acabados</i> .....	68
<b>Figura 17</b> <i>Renderizado de condominio Paseo San Martín</i> .....	68
<b>Figura 18</b> <i>Montante y redes de agua fría, caliente y ACI</i> .....	69
<b>Figura 19</b> <i>Red de agua fría y caliente típica</i> .....	70
<b>Figura 20</b> <i>Red de alumbrado típico</i> .....	71
<b>Figura 21</b> <i>A la derecha red de tomacorrientes, a la izquierda red de comunicaciones (TV, teléfono)</i> .....	71
<b>Figura 22</b> <i>Modelo con especialidades vinculadas en Naviswork®</i> .....	72
<b>Figura 23</b> <i>Estimación del tiempo de cada fase de cierre de un subcontrato o proveedor bajo la construcción tradicional de la Torre I del Condominio Paseo San Martín</i> .....	77
<b>Figura 24</b> <i>Sectorización bajo la metodología LEAN CONSTRUCTION</i> .....	78
<b>Figura 25</b> <i>Curva de evolución del porcentaje de cumplimiento del cronograma con la metodología tradicional</i> .....	79
<b>Figura 26</b> <i>Causas de incumplimiento del Cronograma (PPC)</i> .....	80
<b>Figura 27</b> <i>Resane en fondo de escalera para el pase de tuberías de montante de ACI</i> .....	81
<b>Figura 28</b> <i>Colocación de tuberías de IISS, GAS, IIEE y Comunicaciones en losa de techos con un espesor de 10cm.</i> .....	82
<b>Figura 29</b> <i>Gráfico porcentual de la Clasificación de RFI's de acuerdo a</i>	

<i>su origen - Torre I CPSM.....</i>	85
<b>Figura 30</b> <i>Subclases de origen de RFI's por problemas de información de diseño de la Torre I-CPSM.....</i>	86
<b>Figura 31</b> <i>Evolución de la Sobreutilidad a lo largo de la Obra Torre I CPSM.....</i>	89
<b>Figura 32</b> <i>Evolución de la Utilidad del Proyecto a lo largo de los meses.....</i>	89
<b>Figura 33</b> <i>Curva “S” de avance planificado de la construcción de la torre I del Condominio Paseo San Martín.....</i>	91
<b>Figura 34</b> <i>Análisis del valor ganado de la construcción de la torre I del Condominio Paseo San Martín.....</i>	92
<b>Figura 35</b> <i>Estimación de la duración de los procesos de adquisición de proveedores y subcontratistas para la construcción de la Torre II.....</i>	94
<b>Figura 36</b> <i>Planificación de Obra con BIM – Torre II Condominio Paseo San Martín.....</i>	96
<b>Figura 37</b> <i>Interferencia entre tubería eléctrica para tomacorriente y tubería para agua fría del proyecto: Construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín.....</i>	98
<b>Figura 38</b> <i>Interferencia entre losa de concreto y montante de ventilación del proyecto Construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín</i>	99
<b>Figura 39</b> <i>Curva de evolución del porcentaje de cumplimiento del cronograma con la gestión BIM- Torre II CPSM.....</i>	101

<b>Figura 40</b> <i>Ejemplo de RFI bajo la metodología tradicional-Torre I CPSM ..</i>	103
<b>Figura 41</b> <i>Propuesta de RFI bajo la Gestión BIM .....</i>	104
<b>Figura 42</b> <i>Gráfico porcentual de la clasificación de RFI por origen-Torre II CPSM.....</i>	105
<b>Figura 43</b> <i>Gráfico porcentual de RFI por problemas de diseño -Torre II CPSM .....</i>	106
<b>Figura 44</b> <i>Variación de la utilidad a lo largo de la obra de la Torre II.....</i>	108
<b>Figura 45</b> <i>Variación de la sobreutilidad a lo largo de la obra de la Torre II.</i>	108
<b>Figura 46</b> <i>Curva de valor ganado del proyecto de Torre II CPSM .....</i>	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Métricas de Diferencia entre BIM y CAD .....	31
<b>Tabla 2</b> Comparación entre las Ventajas de BIM y CAD .....	32
<b>Tabla 3</b> Grupo de Interesados de la Constructora Inarco Perú S.A.C.....	55
<b>Tabla 4</b> Características de la Muestra 1 .....	59
<b>Tabla 5</b> Características de la Muestra 2 .....	59
<b>Tabla 6</b> Operacionalización de Variables e Indicadores .....	60
<b>Tabla 7</b> Especialidades y su Incidencia en los Costos del Proyecto .....	63
<b>Tabla 8</b> Partidas más Incidentes en un Proyecto de Viviendas.....	72
<b>Tabla 9</b> Estimación de Incidencia de cada Actividad de Definición del Alcance del Proyecto.....	77
<b>Tabla 10</b> Clasificación General de RFI's.....	83
<b>Tabla 11</b> Clasificación de RFI's por Origen del Proyecto Torre I .....	84
<b>Tabla 12</b> Subclases del Origen de RFI's por Problemas de Información de Diseño de la Torre I .....	85
<b>Tabla 13</b> Control Presupuestario mes a mes de la Torre I .....	88
<b>Tabla 14</b> Cantidad de Interferencias detectadas con el software NAVISWORK de la Torre II .....	97
<b>Tabla 15</b> Clasificación de RFI's por Origen de la Torre II .....	105
<b>Tabla 16</b> Control Presupuestario mes a mes de la Torre II .....	107

## **CAPÍTULO I**

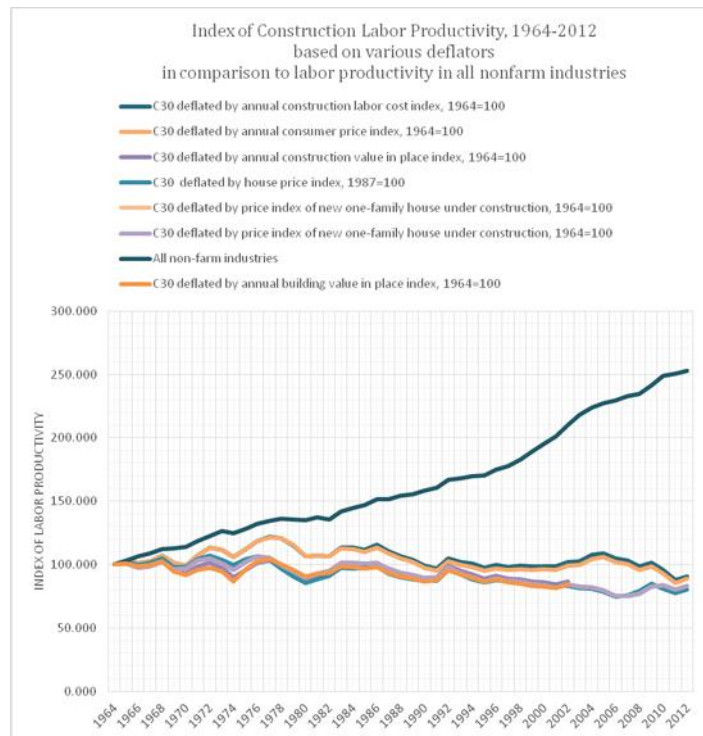
### **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

El sector construcción que, incluye además de la actividad inmobiliaria la construcción de infraestructura en general, registró durante el 2015 un crecimiento negativo de -5.8%. Este índice refleja, mayoritariamente una menor ejecución de obras tanto por parte de los gobiernos locales, provinciales y nacionales. Como se sabe el rubro de construcción aporta entre el 7 y 8% al PBI del país. “Su efecto multiplicador sobre la economía nacional es muy importante, porque es una actividad intensiva en la generación de mano de obra”, según el economista Guillermo Dulanto Rishing, profesor de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Piura. (Belletich, 2016).

La industria de la construcción se ha convertido en una industria cada vez menos rentable frente a otras industrias, debido a que se observa que la productividad en la construcción ha ido decayendo con el paso de los años, debido a múltiples factores, entre ellos mano de obra no calificada, subida del precio de varios materiales de construcción, desastres naturales, documentos del proyecto con información incompleta que no permite tener un presupuesto real del costo de la construcción, etc. En la Figura 1 se puede observar cómo ha ido decayendo la productividad de la construcción, en base a varios indicadores como la deflexión en el costo de la construcción, deflexión de los precios al consumidor, deflexión del valor de la construcción en el lugar, deflexión en el costo de una casa, etc.



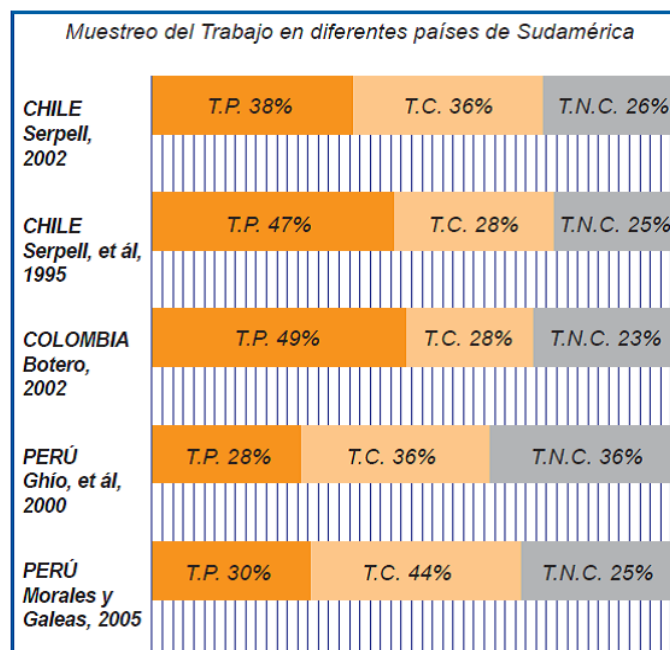


**Figura 1** Índices de deflexión anual de la productividad en la construcción.

**Fuente:** Productividad en el Perú, “VDC-BIM Aplicado a la Gestión de Proyectos”, 2017

F

E



**Figura 2 :** *Productividad de la construcción en diferentes países de Latinoamérica.*

**Fuente:** Productividad en el Perú, “VDC-BIM Aplicado a la Gestión de Proyectos”,2017

Por otro lado, en el Perú la productividad de la industria de la construcción es mucho menor con respecto a otros países de Latinoamérica, tal y como se puede observar en la Figura 2.

Un ejemplo muy claro de la baja rentabilidad en la construcción fue la construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín, ubicado en el distrito de San Martín de Porres. Éste proyecto constaba de 5 torres de 10 pisos con un total de 8 departamentos por piso, y que inicialmente se proyectó ejecutar en un periodo de 22 meses, sin embargo; solo se construyó una torre en 8 meses y con intervalos de descanso de 6 meses entre torre y torre. Las causas de no haber cumplido con las expectativas iniciales se debieron principalmente a la baja demanda de departamentos en la zona, ya que para cada ejecución se debía tener un porcentaje de ventas mayor al 50%. Además, la primera torre construida, que fue la Torre I, no logró las expectativas de utilidad esperada, además su ejecución se prolongó más tiempo de lo programado, lo que ocasionó que las siguientes torres también se retrasen. Hay que recalcar que estos sobrecostos y sobretiempos afectan al inversionista, a la constructora y al cliente final que es el propietario de cada departamento. Así como como lo sucedido en el Condominio Paseo San Martín, existen varios proyectos en diferentes distritos que han sufrido con los mismos problemas de desfase en tiempo y costos, lo que nos hace darnos cuenta que es necesario contar con un nuevo sistema de gestión que anule ésta problemática, o en su defecto lo disminuya considerablemente.

## **1.2 Formulación del problema**

Por lo expuesto líneas arriba nace la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye en la rentabilidad final, el uso de la Gestión BIM en la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos, ubicado en el distrito de San Martín de Porres?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Evaluar la rentabilidad del uso de GESTION BIM en la construcción de un edificio de 10 pisos en el distrito de San Martín de Porres –Lima.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Verificar que las herramientas de la GESTION BIM que se adaptan mejor al tipo de construcción de las muestras y que arrojan mejores resultados económicos para el proyecto son: el cálculo de metrados, compatibilización de planos, y generación de planos AS BUILT.
- Identificar las actividades que no aportan valor al proyecto y podrían anularse si se empleara la Gestión BIM.
- Determinar el porcentaje de ahorro que se obtiene con el uso de Gestión BIM y que servirá como referencia para que las constructoras e inmobiliarias puedan tomar la decisión de implementar éste sistema de gestión en proyectos futuros similares al de las muestras de estudio.

#### 1.4 Justificación de la investigación

Esta investigación surge debido a que, en la construcción de la primera torre de un total de 5 torres de departamentos del Condominio Paseo San Martín, no se obtuvo la rentabilidad esperada y el plazo de obra programado se extendió, por lo que fue necesario investigar y encontrar la solución para que en las demás etapas los resultados económicos sean mejores.

Por lo tanto, lo que se quiere lograr con la presente investigación es reducir las pérdidas económicas de la segunda torre a construir, que cuenta con las mismas características que la primera torre, y usar los resultados para que mejorar progresivamente durante el desarrollo de las siguientes etapas.

Así mismo, los resultados de la presente investigación servirán para fortalecer las teorías que ya han planteado otros autores sobre la Gestión BIM, ya que se comprobaría que la aplicación de este sistema de gestión permitiría reducir sobretiempos y sobrecostos que asegurarían que el proyecto inmobiliario resulte rentable para la constructora.

La presente investigación tiene una justificación práctica ya que de resultar positivo sería aplicada a la construcción de la segunda torre de departamentos, así también los resultados de la presente investigación servirán como metodología para otras empresas constructoras cuyos proyectos se asemejen a la muestra de la presente investigación y así podrán estimar ratios de inversión y estimar los posibles resultados de la aplicación de éste sistema de gestión en sus proyectos. También beneficiará a la constructora donde laboro, ya que es nueva en el rubro inmobiliario y no cuenta con un sistema de gestión definido, al obtener resultados positivos en ésta

investigación la constructora podrá aplicarlos en sus demás proyectos inmobiliarios y hasta en sus proyectos tipo retail, donde el plazo es más ajustado y se requiere con mucha más razón un sistema de gestión que les permita ahorrar tiempo y dinero. Y por último beneficiará a los ingenieros involucrados en el presente proyecto, ya que conocerán un nuevo sistema de trabajo, que les permitirá invertir mejor su tiempo en actividades propias de la construcción, y no perderán horas hombre de ingeniero en la compatibilización de planos, metrados, formulación de RFI's, etc... Que no aportan valor a la obra y solo generan retrasos en la programación.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Explorando la documentación existente a nivel nacional e internacional, se puede constatar la existencia de antecedentes con características afines, como se detalla:

- i. (Taboada, Alcantara, & Lovera, 2011), *Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM*, en su artículo publicado en la revista de la facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencia Geográfica de la UNMSM señalan:  
El uso de modelos BIM-3D permite identificar fácilmente las incompatibilidades presentadas en los distintos planos de los especialistas en una etapa inicial de modelado por especialidades y después en una etapa de integración de estos modelos por medio de software BIM-Manager. (p.8)
- ii. (Alcantara, 2013), *Metodología Para Minimizar Las Deficiencias De Diseño Basada En La Construcción Virtual Usando Tecnologías BIM*, de la Universidad Nacional de Ingeniería concluye:

Las Solicitudes de Información (RFI) son documentos de calidad de carácter legal que deben ser elaborados y controlados de forma transparente, ya que sirven como sustento ante cualquier asunto relacionado a los documentos de diseño e ingeniería no contemplados en la propuesta contractual. (p.55)

Así mismo indica que: El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además, permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando. (p.134)

- iii. (Ruiz, 2015), *Propuesta de técnicas y herramientas para optimizar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción*, de la Pontificia Universidad Católica del Perú menciona que:

Con relación al diagnóstico obtenido de las encuestas, las herramientas tecnológicas que se utilizan actualmente en los proyectos de edificaciones en nuestro país y las formas tradicionales de trabajo no han podido dominar las dificultades que conlleva gestionar gran cantidad de información y personas. (p.107)

Además, el nivel de implementación de BIM en nuestro país, comparado con los niveles de madurez de BIM establecidos en el Reino Unido se encuentra en una transición entre el nivel 0 y nivel 1. (p.107)

- iv. (Bances & Falla, 2016), *La tecnología BIM para el mejoramiento de la eficiencia del proyecto Multifamiliar "Los claveles" en Trujillo- Perú*, de la Universidad Privada Antenor Orrego, en su tesis concluye:

La implementación de la tecnología BIM es radical en la planificación y programación de un proyecto para mejorar su productividad, en este caso la eficiencia, debido a que reduce riesgos y dificultades de proceso constructivo en un futuro, y a la vez genera valor sin pérdidas. (p.106)

La propuesta de mejora ocasionó una diferencia de valores de porcentajes relacionados a la eficiencia con los datos obtenidos de campo y los datos procesados del software REVIT con un incremento mínimo de la eficiencia del 5% como se mencionó anteriormente, generando a la vez un aumento de la productividad en mano de obra y producción del proyecto. (p.106)

- v. (Duarte, 2014), *Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia*, de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, señala que:

Se puede concluir que la relación de costo efectividad es satisfactoria en el caso de la utilización de la metodología BIM ya que como resultado se obtuvo el valor de 0.6 siendo este menor a 1.0. Esto se debe principalmente a que la efectividad de la metodología es mayor a la influencia en términos de costo, es decir, los costos calculados a partir de



los procesos de modelación paramétrica se acercan a lo planeado y existe una utilidad que es mayor a los sobrecostos, de esta manera, la relación costo efectividad tendrá tendencia a cero, no obstante, el hecho de que la efectividad del proyecto sea mayor en términos de costo a la influencia en las mismas unidades, no quiere decir necesariamente que el proyecto sea viable, ya que esta es una decisión que la toma los interesados en éste.(p.59)

Así mismo indica que en el caso de la utilización de la metodología tradicional se puede evidenciar que la relación costo-efectividad supera el valor de 1.0 con un factor de 4.5 lo que quiere decir que lo ejecutado en los 6 cortes de obra no se ajustó a lo planeado de tal manera que esa diferencia se asocia a re-procesos administrativos y operativos, mayores cantidades, pérdida de tiempo en mano de obra etc. (p.60)

- vi. (Viñas, 2015), *BIM, para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar*, de la Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, concluye:

El desarrollo fragmentado que siguen las empresas inmobiliarias para el desarrollo de sus proyectos, con un diseño y ejecución con actores separados, supone que la contratista que construye el proyecto asuma el riesgo de las incompatibilidades. Es de suma importancia que la contratista revise de forma temprana el proyecto antes de su construcción, ya que, de no hacerlo, estas deficiencias podrían generar adicionales y un impacto en los plazos de entrega. Para evitar que esto genere conflictos insalvables con el Cliente y sus consultores, es importante implementar el proceso descrito en la propuesta de valor para

su identificación, evaluación, presentación, seguimiento y cierre. Es importante que las Solicitudes de Información (RFI) se elaboren, controlen, de forma transparente ya que estos documentos tienen un carácter legal y sirven como sustento ante cualquier asunto relacionado a los documentos de diseño e ingeniería no contemplados en la propuesta contractual. Si no se tiene control de los adicionales, existe el riesgo que no sean aprobados por el propietario por criterios de forma establecidos en el contrato, afectando el margen de la constructora. (p.99, p.100)

- vii. (Espinoza & Pacheco, 2014), *Mejoramiento de la Constructabilidad mediante herramientas BIM*, de la Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, concluye:

Como resultado general del desarrollo de nuestra propuesta, aplicando herramientas BIM logramos aumentar el porcentaje de Constructabilidad en un 84%, es decir, que se ha revisado de manera virtual el proyecto en todas sus especialidades, se ha corregido las incompatibilidades, se ha analizado los puntos críticos del proyecto. (p.102)

Esta investigación y las investigaciones tomadas como antecedentes concuerdan en que la aplicación de la Gestión BIM en un proyecto inmobiliario resulta útil y trae consigo muchos beneficios, no solo para la empresa constructora, sino también para la Inmobiliaria y el cliente final.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Definición de BIM y su origen**

BIM es una metodología de trabajo colaborativo que documenta todo el ciclo de vida de la edificación y las infraestructuras, haciendo uso de herramientas

informáticas con el fin de generar un repositorio único con toda la información útil para todos los agentes que participan en él y durante todo su ciclo de vida. (Cerdán, Begoña, Hayas, & Lopez, 2016).

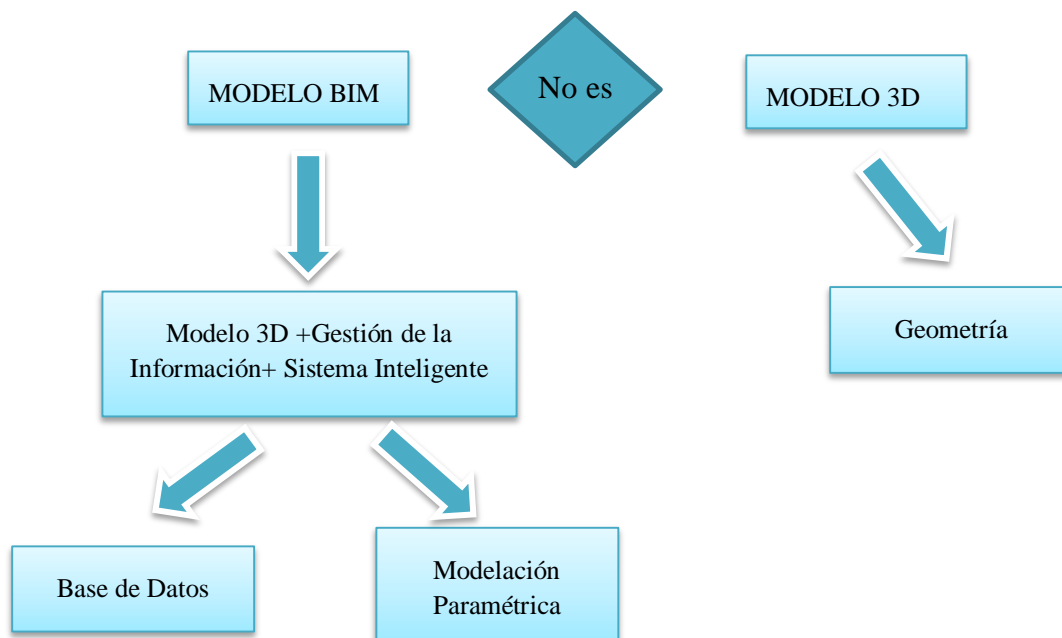
Es un acrónimo de Building Information Modeling o Building Information Management, que significa en español: “modelado de la información para la construcción”, y que también es conocido como “la gestión de la información de una construcción virtual”. En otras palabras, viene a ser un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas que se caracterizan por el uso de la información de un proyecto de forma coordinada, coherente, computable y medible, empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus especificaciones técnicas, el uso de cada ambiente del proyecto, la eficiencia energética de los espacios, etc., que muchas veces son difíciles de manejar si se construye de la manera tradicional. El BIM gestiona todo el ciclo de vida de la construcción: definición conceptual, diseño, ejecución y la parte de operación. (KAIZEN Arquitectura e Ingeniería, 2015)

Cerdán, Begoña, Hayas & López (2016) afirman que BIM promueve formas diferentes de pensar y actuar con respecto a la construcción tradicional, pasando de una visión a corto plazo y colectiva a una a largo plazo y multidisciplinar. Esto conlleva cambios en los modelos de negocio de los agentes de la construcción.

También señala que, el BIM no sólo afecta a la fase de definición conceptual y de diseño, sino que también incide de forma decisiva en las fases de ejecución y operación. BIM Gestiona la construcción en todo su ciclo de vida, desde la

planificación urbana hasta el reciclado y rehabilitación o mantenimiento de la misma. (p.2).

El origen de BIM se remonta hacia el año 1987, cuando la empresa húngara Graphisoft crea un programa informático de nombre ArchiCAD y lo hace conocido bajo el nombre de “Edificio Virtual”, siendo el primer software de dibujo en 2D y 3D, pero solamente para la especialidad de Arquitectura. Siendo el año 2002 Autodesk comenzó utilizar el concepto BIM cuando adquirió la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares, sin embargo, algunos especialistas indican 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. (WIKIPEDIA, 2018)



**Figura 3** Diferencia entre BIM y un dibujo en 3D

**Fuente:** Creación propia

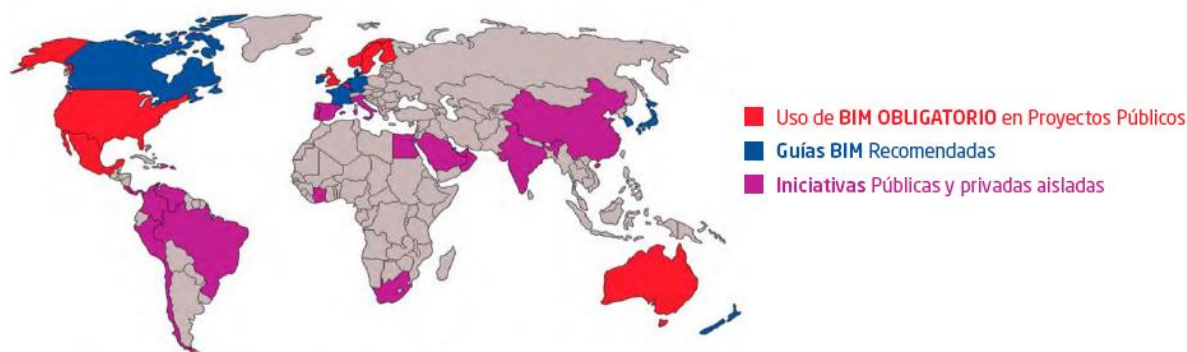
Muchos creen que BIM es lo mismo que un simple dibujo en 3D, sin embargo; los que investigan a fondo y lo aplican saben que BIM es más que un dibujo en 3D, es resultado de integrar el uso de un modelo en 3D que contiene información (base de datos del proyecto, más información paramétrica, es decir algo que puede ser medido), los cuáles se gestionan para lograr los objetivos finales del proyecto de construcción.

### **2.2.2 BIM en el Perú y el mundo**

Los países que están a la vanguardia sobre esta metodología son EE. UU, los países nórdicos, Reino Unido y Australia. Y muchos otros países que están en proceso de adaptación, siendo en Latinoamérica los pioneros Brasil y Argentina.

Uno de los países que está sorprendiendo con el desarrollo de esta metodología son los Emiratos Árabes. El **UAE (United Arab Emirates)** espera poder experimentar un boom en la construcción con una inversión de hasta 30 billones de dólares. En el barrio de Dubái, a partir de 2013, se ha utilizado el BIM de manera obligatoria para una arquitectura específica y ciertos trabajos MEP (Mechanical, Electrical y Plumbing) para edificios de más de 40 pisos o aquellos que abarcan más de 22,871 m<sup>2</sup>. En julio de 2015 se actualizaron los datos respecto al distrito de Dubái y se plasmaron en un nuevo objetivo de expandir el uso del BIM en arquitectura y los requisitos MEP en edificios que superen los 20 pisos en todos los proyectos públicos. Actualmente, grupos como el Emirates BIM Group han sido formados para asistir e introducir el software necesario para el BIM en aquellos agentes que acaban de empezar en el negocio o desean ampliar su experiencia. (BIMcommunity, 2016).

#### MAPA IMPLANTACIÓN BIM DE 2014



**Figura 4** Consolidación de BIM a nivel internacional

Fuente: "BIM", Universidad Politécnica de Valencia, 2016).

En la Figura 4 podemos observar que es en el continente americano donde se presenta el mayor porcentaje de implementación BIM, siendo ya de carácter obligatorio su uso en proyectos públicos y privados a través de la normativa de construcción. Por otro lado, en Latinoamérica solo se han dado iniciativas de construcción de obras privadas y públicas usando BIM, básicamente durante la etapa de licitación, sin embargo; en la etapa de construcción no se utiliza. Sin embargo, en países como Chile, el gobierno ha introducido ya un plan BIM que dura 10 años y que pretende alcanzar los requisitos del BIM para proyectos públicos de cara al 2020 y para los privados, en 2025.

En el Perú, el uso de BIM en los proyectos de construcción y más aún los de sector inmobiliario no está muy difundido, pese a que el año 2012 se creó el COMITÉ BIM, cuya finalidad es incentivar el uso de este sistema de gestión y que se estandarice para que pueda ser incluido dentro de la normativa peruana. A pesar de ello, existen constructoras grandes y pequeñas que vienen utilizando BIM en sus obras, logrando buenos resultados, como por ejemplo COSAPI que para la obra de la "Construcción de la Nueva Sede del Banco de la Nación" fue premiada por CAPECO

con el “Premio a la Innovación en Edificaciones”, debido a que en la ejecución de la obra empleo herramientas de innovación tecnológica. En apenas 20 meses la empresa COSAPI logró construir la futura sede del Banco de la Nación en la avenida Javier Prado Este, en San Borja, que con sus 30 pisos y cuatro sótanos siendo el edificio más alto del Perú con 135.5 metros de altura. Para construir los 66,539 metros cuadrados de esta mega estructura, COSAPI implementó un conjunto de metodologías y tecnologías de construcción. Por ejemplo, usó el sistema de trabajo fast - track para la ingeniería y construcción en paralelo y unificó la ingeniería, el diseño y el control de la construcción con la plataforma Building Information Modeling (BIM) combinada con las tecnologías REVIT, Lean Construction y Last Planner. (Alcantara, 2013)

### **2.2.3 BIM vs CAD, el paso de la construcción en 2D a 3D**

Las TIC (Tecnologías de la Información) se han ido transformando y complementando al proceso clásico de diseño. El CAD (Computer Aided-Design) en español “diseño asistido por computadora” reemplazó al papel de las maquetas de cartón y trazado de planos a mano que se realizaba por años 70, convirtiéndose con el paso de los años hasta la actualidad en la herramienta profesional más difundida en el sector de la ingeniería, gracias al alcance que se tiene con respecto a su adquisición y a la compra de computadoras personales cada vez más económicas.

El CAD se puede complementar con otras tecnologías para hacer un desarrollo integral de un proyecto desde su fase de diseño hasta su producción en línea, con lo que consigue un ahorro en el tiempo de desarrollo del proyecto. CAD y CAM (Computer-Aided Manufacturing) son utilizados tanto como para el diseño de un producto, como del control de su fabricación.

Así como el CAD reemplazó a las maquetas de cartón y los trazos a mano, ahora se pretende que con el BIM se optimicen procesos con la finalidad de convertir al sector de construcción en una industria, con procesos repetitivos controlados, y es probable que aún luego de la implementación de BIM en todo el país, aun existan proyectos en los que solo se haga uso de CAD, puesto que todo es un proceso que tomará tiempo.

Poco a poco el BIM se está extendiendo y como consecuencia, en unos años veremos como la forma de trabajar entre los equipos de un proyecto cambiará de forma importante. Debido a la cantidad de información que puede capturar un proyecto BIM desde el primer día, la mayoría de las decisiones importantes se tomarán en fases más tempranas con los ingenieros, arquitectos y constructores trabajando de forma paralela. De esta forma, BIM facilitará una visión integral del proyecto desde el primer momento. (Diaz, 2009).

**Tabla 1**

*Métricas de diferencia entre BIM y CAD*

<b>Task</b>	<b>CAD(hours)</b>	<b>BIM(hours)</b>	<b>Hours saved</b>	<b>Time savings</b>
Schematic	190	90	100	53%
Desing development	436	220	216	50%
Construction documents	1023	815	208	20%
Cheking and coordination	175	16	159	91%
<b>Totals:</b>	1824	1141	683	

**Fuente:** Recuperado de "BIM: Optimización en la Gestión de Proyectos de Construcción, Idear Consultores, 2016



En la Tabla 1, podemos observar que el tiempo de diseño, construcción de documentos y coordinación de una obra es menor cuando se hace uso de un software BIM, teniendo un ahorro en tiempo total del 37%, siendo la etapa en la que existe un mayor ahorro de tiempo la de coordinación, que es la razón de ser del sistema de Gestión BIM.

**Tabla 2**

*Comparación entre las ventajas de BIM y CAD*

<b>Tradicional CAD</b>	<b>BIM</b>
Las decisiones son tomadas una vez terminados los planos para la construcción.	Las decisiones se van tomando a lo largo del desarrollo del proyecto.
Se trabaja con elementos genéricos.	Se trabaja con elementos específicos.(Materialidad/Terminación/Fase)
Los metrados se obtienen una vez que se tienen todos los planos de construcción.	Los metrados están a lo largo de todo el proyecto.
La información no es tan precisa, ya que por lo general existen incompatibilidades entre una especialidad y otra.	La información del modelo es exacta.
Los cambios que se hacen en un plano tienen que modificarse uno por uno en los otros planos de las demás especialidades.	Los cambios que se hacen en el plano de una especialidad se modifican automáticamente en los planos de las demás especialidades.

**Fuente:** Creación propia.

#### **2.2.4 Los niveles de desarrollo BIM (LOD)**

Entre los especialistas en modelado en BIM, el pecado capital se llama sobre modelado, es decir brindar mayor información de lo que nuestro cliente nos solicita y para el fin que lo requiere. El sobre modelado, si lo vemos bajo la filosofía Lean es un desperdicio, ya que existe sobre procesamiento y sobreproducción, que se traduce

en tiempo, y como todo desperdicio, consume recursos, genera gastos, y al final no produce valor agregado.



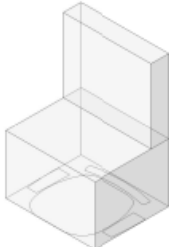


Al modelar en un software BIM, es sumamente importante no modelar más de la cuenta, solo hay que centrarse en lo que es una necesidad, y no más allá. Por ejemplo, si se trata de modelar los acabados de un edificio, solo para obtener los metrados de materiales como pisos, pintura, puertas, etc; no viene al caso invertir tiempo considerable en el modelo del acero de columnas o vigas, más aun sabiendo que ésta actividad, es una de las que más tiempo demora. Es por esta necesidad de no saber a qué nivel de detalle modelar, que surge el término de LOD (Level of Detail), cuyas siglas en español significan “Nivel de desarrollo”.

#### **2.2.4.1 Tipos de LOD**

En este momento hay estándares LOD, pero son muchos, similar a como existen muchos códigos de construcción. Cada país, y cada organización dentro de ese país, suele tener sus propios estándares LOD. Incluso hay estándares estatales de LOD, pero aplican solo a ciertas jurisdicciones, no son internacionales. Y hay empresas de diseño/construcción que han definido sus propios estándares LOD. (Alonso, 2017)

Los estándares LOD son de utilidad, ya que sirven de guía para no caer en sobre modelado, y así definir el alcance que se quiere dar a los proyectos. Como se dice para qué inventar algo, si alguien ya lo inventó. Se puede escoger un nivel de desarrollo (LOD) que se adapte mejor a las necesidades de cada modelador y en consecuencia satisfaga la necesidad del cliente final.

## LEVEL of DEVELOPMENT

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 100	<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 200	<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> <b>Arms, Wheels</b> <b>WIDTH:</b> 700 <b>DEPTH:</b> 450 <b>HEIGHT:</b> 1100 <b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc. <b>MODEL:</b> Mirra <b>LOD:</b> 300	<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> <b>Arms, Wheels</b> <b>WIDTH:</b> 685 <b>DEPTH:</b> 430 <b>HEIGHT:</b> 1085 <b>MANUFACTURER:</b> <b>Herman Miller, Inc</b> <b>MODEL:</b> <b>Mirra</b> <b>LOD:</b> 400	<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> <b>Arms, Wheels</b> <b>WIDTH:</b> 685 <b>DEPTH:</b> 430 <b>HEIGHT:</b> 1085 <b>MANUFACTURER:</b> <b>Herman Miller, Inc</b> <b>MODEL:</b> <b>Mirra</b> <b>PURCHASE DATE:</b> 01/02/2013

**Figura 5** Tipos de niveles de desarrollo en el modelado de la Gestión BIM

**Fuente:** Recuperado de "VDC/BIM aplicado a la Gestión de Proyectos, Costos Educa,

En la Fig. 5, se puede observar los distintos niveles de desarrollo que existen, siendo la principal diferencia, el acabado final del elemento, mientras más cerca a la realidad esté el elemento, su nivel de desarrollo será más alto.

### 2.2.4.1.1 LOD 100

El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica. No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

#### Usos:

- **Análisis:** En base a dimensiones geométricas (si existen), orientación y ubicación, así como relación con otros elementos.

- **Coste:** estimación de costes en relación a datos como área, volumen o similares. Éste es el parámetro de mayor utilidad para este tipo de LOD.
- **Programación:** el elemento puede ser utilizado para determinación de fases y duraciones.
- **Coordinación:** No aplicable.
- **Otros:** a definir por este LOD o siguientes.

#### 2.2.4.1.2 LOD 200

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

##### **Usos:**

- **Análisis:** El modelo puede ser evaluado para su funcionamiento en base al uso de criterios generales del proyecto.
- **Coste:** Estimación avanzada de costes vinculados a datos geométricos y de cantidades propios de este nivel. Este coste deriva del propio elemento y no de otros elementos.
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a composición de capas o sistemas constructivos (espesores, materiales, etc.) y su estimación de coste depende de su longitud y superficie propias, no de los de la superficie de cada planta del edificio.

- **Otros:** a definir por este LOD o siguientes. Por ejemplo, una fachada puede estar definida por su tipología y forma (fachada curva de Ladrillo cara vista) pero sin llegar a determinar su composición de capas o sistemas constructivos (espesores, materiales, etc.) y su estimación de coste depende de su longitud y superficie propios, no de los de la superficie de cada planta del edificio.

#### 2.2.4.1.3 LOD 300

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

##### **Usos:**

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- **Coste:** Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.

#### 2.2.4.1.4 LOD 400

El elemento objeto está definido geoméricamente 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 se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

**Usos:**

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y los sistemas o conjuntos constructivos a los que pertenece. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- **Coste:** Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra del mismo.
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, así como plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos.

**2.2.4.1.5 LOD 500**

El elemento objeto está definido geoméricamente 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. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso

constructivo finalizado (“as built”) y no es aplicable a todos los elementos del proyecto. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes. La información de este nivel sustituye a las equivalentes de otros niveles inferiores en todos los casos.

**Usos:**

El uso del nivel LOD 500 está vinculado al futuro y puede incluir: determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones.

### **2.2.5 BIM: Ventajas y Áreas de Aplicación en los Proyectos de Construcción**

El realizar un modelado BIM permite equivocarnos virtualmente en el modelo y no en obra, generando un ahorro en costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además, permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. (Sierra, 2016)



**Figura 6** Ciclo de vida de un proyecto de construcción

**Fuente:** Recuperado de "Tecnología BIM" de Hijano M., Blog Camina Ahora, 2013)

Como se puede apreciar en la Figura 6, BIM está presente en todas las etapas de un proyecto de edificación, desde su creación hasta su demolición, haciendo que cada fase sea más productiva, lo que lo convierte en un sistema de gestión completo.

Como ventajas principales de aplicar Gestión BIM en las fases de un proyecto de construcción se puede mencionar:

#### 2.2.5.1 Fase de Planificación:

- El uso de BIM contribuye a facilitar la definición de los requisitos de proyecto y su aceptación como bases del diseño, ejecución y explotación de los distintos intervinientes.



- BIM puede usarse en estudios previos de planeamiento, mediante modelos volumétricos que permiten estudiar la viabilidad de los proyectos aunando información relativa al programa funcional, los sistemas constructivos, su coste y el análisis de su ciclo de vida.

#### **2.2.5.2 Fase de Diseño:**

- El uso de BIM facilita la comunicación entre los agentes que intervienen (diferentes disciplinas del diseño, cliente, otras partes interesadas), haciendo que la información sea más accesible y transparente y esté siempre actualizada.
- Permite y facilita la toma temprana de decisiones, priorizándolas en función del valor que aportan o de las restricciones de diseño del proyecto. La toma temprana de decisiones producirá una reducción del esfuerzo en retrabajos y, por tanto, una optimización en términos de coste.
- Facilita la participación en la fase de diseño a los futuros responsables de fases posteriores, construcción, mantenimiento y explotación, lo que conlleva una optimización de su futura intervención. La incorporación de estos agentes permite la toma de decisiones en fase de diseño, en aquel momento en el que se puede controlar de forma más eficiente el coste de las fases posteriores.
- Mejora la comunicación entre agentes y reduce las incoherencias entre disciplinas, mejorando la calidad final del producto. Contribuye a la automatización de procesos, entre otros, la generación de entregables con la consiguiente reducción en los tiempos de realización del diseño.

Permite analizar la constructabilidad y simular la construcción de las soluciones diseñadas, reduciendo riesgos e incertidumbre para las fases posteriores.

- Incrementa la calidad de los proyectos con la posibilidad de realizar auditorías en cualquier momento de su ejecución. Permite un mayor control del coste (5D) de construcción y mantenimiento.

### **2.2.5.3 Fase de Construcción:**

- Permite realizar una auditoría del proyecto con mayor seguridad y eficiencia.
- Asegura a todos los participantes un mejor control de la documentación del proyecto y su permanente actualización.
- Facilita la realización de una planificación y un control de costes más eficaces, al permitir simular las diferentes tareas a llevar a cabo, minimizando los errores de planificación que impactan en los tiempos de ejecución. Por ello, permite reducir los plazos de ejecución y aporta un ahorro de coste.
- Mejora el seguimiento de la ejecución mediante una mejor visualización del avance de la ejecución y su posible desviación respecto a lo previsto.
- Permite la disminución de riesgos en materia de seguridad y salud, mediante la simulación de las actividades críticas, la eliminación de aquellas que sean claramente identificadas como innecesarias y la propuesta de alternativas que permitan minimizar el riesgo.

- La obtención de datos digitales de la realidad construida de un trabajo finalizado y/o en proceso, facilita el proceso de certificación detectando desviaciones y cumplimiento de tolerancias.
- Facilita la correcta identificación de los controles de calidad y su trazabilidad.
- Facilita la coherencia de la información y la gestión de cambios y modificaciones, dado que toda la información se encuentra en uno o varios archivos vinculados entre sí y sin incoherencia de datos.
- Permite establecer la trazabilidad en la toma de decisiones en la fase de construcción.

#### **2.2.5.4 Fase de Mantenimiento y Operación:**

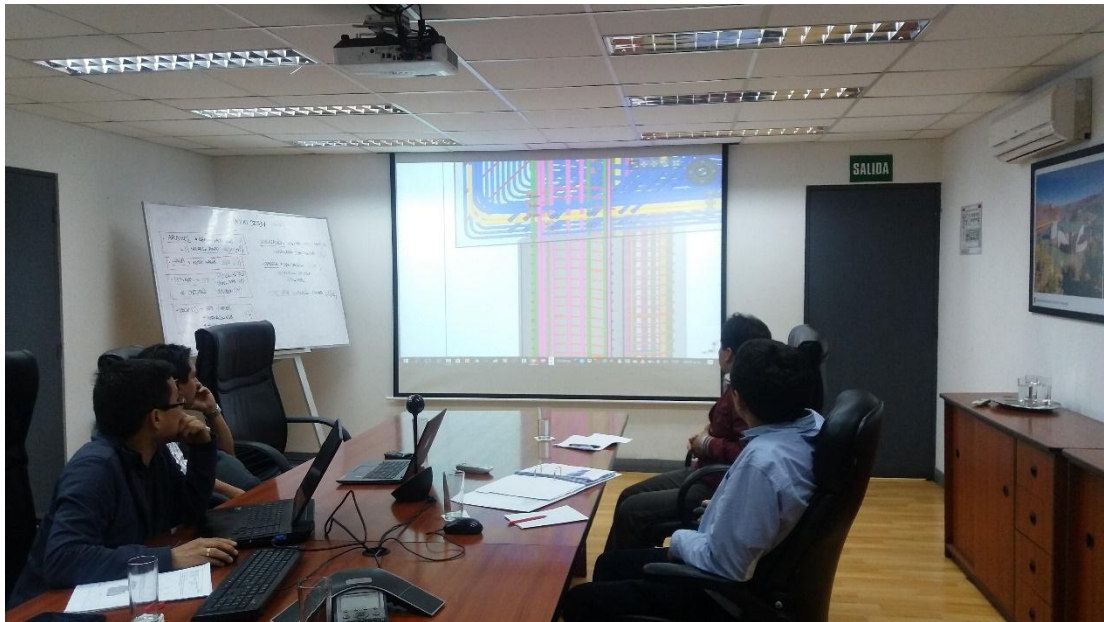
- El modelo de una construcción reúne toda la información necesaria para su uso y mantenimiento.
- Los modelos generados serán integrables en cualquier sistema de gestión de mantenimiento proporcionando la información necesaria y en el formato que se establezca.
- La constante actualización del modelo, permite la identificación y definición de los trabajos de mantenimiento necesarios y facilita su planificación.
- El modelo se constituye como la única fuente de información actualizada y fiable, sin necesidad de comprobar el estado actual cada vez que se acomete una operación de mantenimiento, actualización o modificación del edificio o infraestructura.

- El contenedor de información es único y contiene todos los datos y la historia de su construcción y explotación.
- El modelo y la información que contiene constituyen en sí mismos un valor añadido para los propietarios de estos activos.
- BIM permitirá evolucionar a nuevos sistemas de contratación que optimicen los recursos y reduzcan ineficiencias presentes en los mecanismos tradicionales de contratación.
- La gestión eficiente de cualquier construcción, desde un único inmueble hasta los grandes parques de viviendas, oficinas, hoteles, hospitales, centros docentes, infraestructuras, etc. se verá beneficiada por el uso de esta metodología.

#### **2.2.6 Principales Herramientas de Gestión BIM en la Fase de Construcción**

a) **Revisión de Diseño:** Esta herramienta es usada antes de enviar todo el expediente técnico a obra para su ejecución. Consiste en la revisión de todos los planos del proyecto que han sido generados con un software BIM, por ejemplo, REVIT que es el que mayormente se emplea en nuestro país. Ésta revisión está a cargo de especialistas en cada área del proyecto, y se da a través de una sesión ICE (ingeniería concurrente), en la que todos los involucrados se reúnen y visualizan el modelo final, el cual es proyectado en varias pantallas, esto permite que los presentes puedan emitir sus observaciones y en conjunto darle soluciones de manera instantánea. Recordemos que gracias a los parámetros que se manejan en un modelo BIM, todos los cambios que se hagan en los planos de una especialidad, serán también modificados en las demás especialidades. Gracias a ésta herramienta, se puede enviar el expediente técnico con mucho menos errores de diseño

(planos realmente compatibilizados) y por ende menos sobrecostos de ejecución.

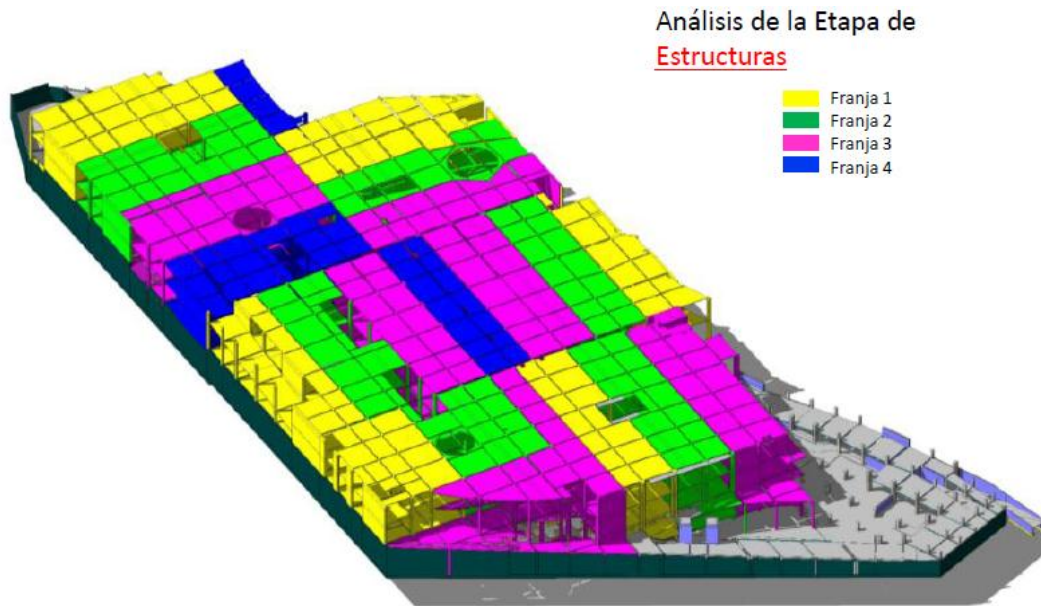


**Figura 7** Ejemplo de una Sesión ICE, especialistas reunidos visualizando el modelo final.

Fuente: Recuperado de Idanbim.net

- b) Cálculo de Metrados:** Ésta es tal vez una de las herramientas que está más difundida en el sector construcción, consiste en la estimación de cantidades de elementos que conforman el modelo, de acuerdo a cada especialidad y siempre en cuando durante el modelamiento se haya incluido como un parámetro. Por ejemplo, el software BIM nos permite determinar la cantidad de puertas que tiene nuestro proyecto en total, hasta la cantidad de puertas que haya por tipo de material y por dimensiones, todo dependerá del nivel de desarrollo (LOD) con el que se ejecutó el modelamiento. Usualmente en obra, los metrados que más se extraen de un modelo BIM son concreto, encofrado, puertas, ventanas, enchapes, recubrimientos, cielorrasos, muros, salidas de alumbrado, tomacorrientes, DATA, salidas de agua fría, salidas de agua caliente, entre otros.

- c) Estimación de Costos:** Se sabe que con los metrados que se obtienen del modelo BIM y colocándole los precios unitarios se pueden estimar los costos reales del proyecto, o lo que conocemos como presupuesto meta. Los precios unitarios de un proyecto generalmente se obtienen con el uso del software S10®, y justamente el creador de este software está trabajando en agregarle funcionalidades para que pueda ser compatible con un software BIM, así dentro de poco solo bastara con hacer un click para obtener el presupuesto del proyecto. Así mismo, otra forma útil de usar la estimación de costos, sería en la conciliación de metrados con los subcontratistas, lo que tradicionalmente se hace a través de metrados en Excel® y AutoCAD®, y ahora solo bastaría en revisar el modelo conjuntamente con el subcontratista, lo mismo se podría hacer para las valorizaciones.
- d) Planeamiento 3D:** Ésta herramienta es usada por todo el equipo de obra, pero principalmente por los Ingenieros de Producción, consiste combinar la Gestión BIM con las herramientas de LAST PLANNER y LEAN CONSTRUCCION, como por ejemplo, con el software BIM podemos sectorizar el proyecto (en la figura 8 se observa la sectorización de un proyecto de la especialidad de estructuras, que fue concebido con un software BIM) y con ayuda de otro software que integre BIM y planeamiento, podemos ver el avance en tiempo real y extraer reportes.



**Figura 8** Sectorización de un proyecto de estructuras usando software BIM

**Fuente:** Recuperado del “CURSO DE VDC/BIM APLICADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE COSTOS EDUCA”,2017.

- e) Logística:** En el modelo BIM se puede ingresar mucha información, por ejemplo, se puede colocar las características de un material, su cantidad, el modelo, y hasta el proveedor al cuál se le comprará. Con esta información los encargados de la logística de obra, podrán revisar el modelo, cotizar los materiales y hacer seguimiento al despacho de los mismos. Así se puede evitar el flujo lento que existe cuando las áreas involucradas coordinan para el pedido y despacho de algún material del proyecto.
- f) Generación de Planos As Built:** Ésta herramienta es muy útil para todos los involucrados en el proyecto, debido a que como se sabe a lo largo de la ejecución de un proyecto se generan modificaciones, se completa información faltante y hasta se eliminan detalles, todo con el fin de mejorar el proyecto. Todo esto se ve plasmado en los planos As Built (después de la construcción),

los cuales tradicionalmente eran realizados con AutoCAD® y a pocos días de finalizar el proyecto. Ésta tarea resultaba tediosa, debido a que cada modificación hecha en una especialidad tenía que ser plasmada en las demás especialidades, pero con el uso de la Gestión BIM, esto se reduce a solo un par de pasos, ya que los softwares BIM tienen la propiedad de que cada especialidad que ha sido modelada se encuentra interconectada, y cada cambio que se haga en la estructura del proyecto se verá reflejada en todos los planos del proyecto.

### **2.2.7 VDC y el futuro de BIM**

El trabajo realizado en el Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) de la Universidad de Stanford sobre la aplicación de TI en construcción (uso de BIM, colaboración extrema, etc.) ha permitido la aparición de un nuevo concepto denominado Diseño y Construcción (VDC), del inglés “Virtual Construction and Design”. VDC es el so integrado y multidisciplinario de modelos de desempeño de proyectos de diseño y construcción, con el fin de soportar explícita y públicamente los objetivos del negocio. El modelo VDC del proyecto enfatiza los aspectos que pueden ser diseñados y gestionados; por ejemplo, el producto (típicamente un edificio o una planta), la organización y el proceso de los equipos. Estos modelos están lógicamente integrados (si un usuario hace un cambio, varían los ítems relacionados), son multidisciplinarios (representan el arquitecto, el constructor, el mandante y todas las disciplinas relevantes), predicen el desempeño del proyecto, y permiten hacer el seguimiento. (Alarcón, 2011). Actualmente la Universidad de Stanford brinda certificaciones en VDC y ya son varios latinoamericanos que están obteniendo el certificado y se dedican a promover el uso de VDC en los proyectos de construcción, dentro de éste grupo ya hay varios peruanos.





**Figura 9** *Virtual Design and Construcción*

Fuente: Creación Propia

### 2.2.8 La Gestión del Valor Ganado en Construcción

El PMBOK® define al valor ganado como el valor del trabajo desarrollado, ejecutado o desempeñado del proyecto, el cual es expresado en términos del presupuesto base del mismo, asignado a la actividad, paquete de trabajo o componente de la estructura desglosada del trabajo.

El análisis del valor ganado es una técnica excelente para evaluar el estado del proyecto y aplicar un tipo de métrica para dirigir un proyecto. El análisis de valor ganado también es una forma eficaz de comunicar a los interesados del proyecto el estado del presupuesto y desempeño en el tiempo. (Alba, 2008). La forma de calcularlo es a través de simples fórmulas matemáticas que muchas veces no son bien interpretadas, pero con un buen análisis se pueden obtener estados reales de cómo va el proyecto.

### 2.2.8.1 Componentes del Valor Ganado

- a) **El valor planeado (PV):** representa el costo del presupuesto para todas las tareas que fueron planeadas empezar y terminar en el momento del análisis.
- b) **El valor ganado (EV):** representa la suma de todo el costo del presupuesto del trabajo realizado en el momento del análisis.
- c) **Costo Real (AC):** Es el costo total en el que se ha incurrido realmente durante la ejecución del trabajo realizado para una actividad. Es el costo total que se ha tenido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV.
- d) **Variación del Cronograma (SV):** Es una medida del desempeño del cronograma en un proyecto. Cuya fórmula es:

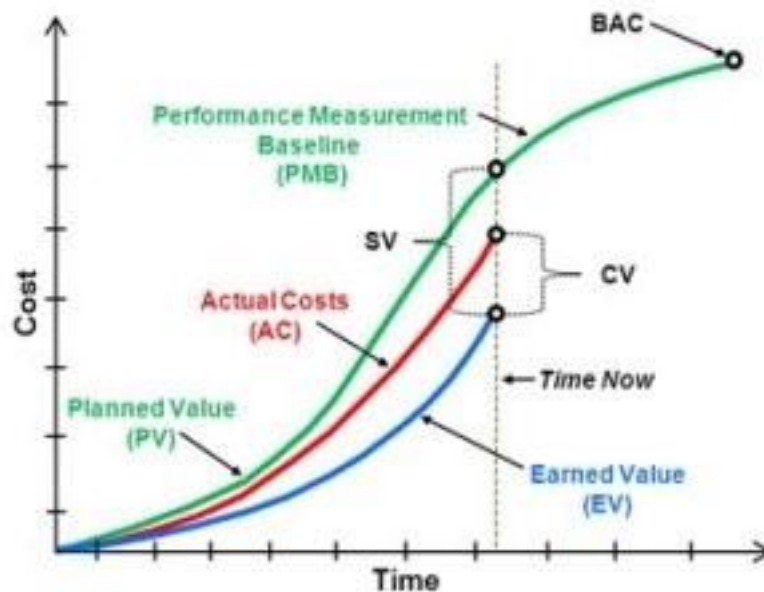
$$SV = EV - PV$$

En la EVM, es una métrica útil, ya que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma.

- e) **Variación del costo (CV):** Es una medida del desempeño del costo en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos los costos reales (AC).

$$CV = EV - AC$$

En ésta metodología la CV es especialmente crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos.



**Figura 10** *Earned Value Management: main indicators* ( $SPI = EV/PV$ ,  $CPI = EV/AC$ )

**Fuente:** Recuperado de "Estimate At Completion (EAC) et To-Complete Performance Index (TCPI)", Blog AurGa, 2013).

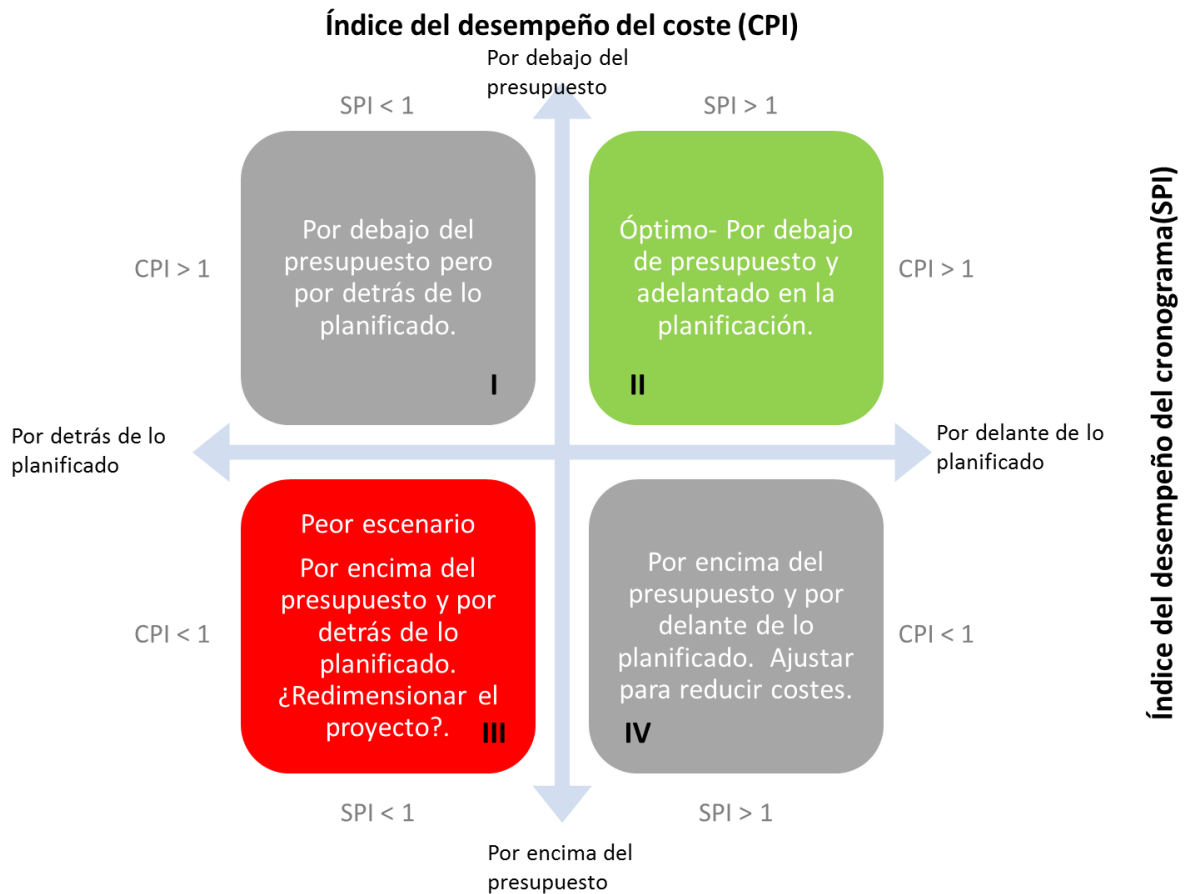
Los valores de SV y CV son indicadores de eficiencia para reflejar el desempeño del costo y del cronograma de cualquier proyecto de forma aislada o en comparación con otros proyectos. Las variaciones de estos valores, así como los índices que se pueden calcular, son útiles para diagnosticar el estado de un proyecto en un determinado momento, y proporcionar una base para la estimación del costo y del cronograma al final del proyecto.

- **Índice de desempeño del cronograma (SPI):** Es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado.

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

- **Índice del desempeño del costo (CPI):** Es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance reales del proyecto.

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$



**Figura 11** *Análisis de los Indicadores CPI y SPI*

**Fuente:** Recuperado de “La técnica de Gestión del Valor Ganado (EVM) como herramienta de gestión de proyectos”, Empresa Arconte.

En la figura 8 se ha podido observar una curva cuyas dimensiones son el costo y el tiempo del proyecto a ejecutar, ésta curva es conocida como CURVA “S”.

### 2.2.9 Curva “S” de un Proyecto de Construcción

Dentro de lo que es la gestión de obras de construcción disponemos de algunas herramientas que nos permiten conocer el estado o la situación de diversos factores de la misma, en relación a la programación inicial. Estos factores pueden ser de tipo cronológico, financiero o de cualquier otro. Una de éstas herramienta y la más usada es la curva de avance o curva “S”. Esta curva, representa en un proyecto el avance real respecto al planificado en un periodo acumulado hasta la fecha. La curva

recibe el nombre de “S” por su forma. Normalmente, al principio del proyecto hay una predisposición de costes acumulados crecientes, mientras que estos costes acumulados decrecen hacia el final. La primera versión de la Curva S se crea a partir del cronograma vigente y el presupuesto inicial. Posteriormente se puede actualizar conforme el avance real de la obra. El objetivo es como se ha dicho antes es detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas, lo cual es muy común en cualquier obra, y está cargo del área de oficina técnica.

La curva “S” es una herramienta de gran uso para el seguimiento y monitoreo del proyecto, ya que se sabe que por cada unidad de tiempo establecido existe un total de gastos a los que se debe incurrir. Por otro lado, es la base para aplicar la metodología de gestión de valor ganado, para determinar atrasos o adelantos en el cronograma y en el presupuesto, además de poder determinar tendencias y pronósticos de terminación en tiempo y costo.

Una de las principales ventajas de esta herramienta reside en la fácil visualización del avance del proyecto, de modo que tanto para el responsable del proyecto, como para la gerencia, a la que hay que informar periódicamente, así como para nuestro cliente, resulta muy sencillo y claro saber cuál es la situación o estado actual del proyecto en ejecución.

Para desarrollar la curva de recursos es necesario que se definan las entradas que proporcionarán la información requerida y que serán procesadas mediante las herramientas y técnicas pertinentes para obtener los datos que serán usados para realizar la gráfica.

Es importante mencionar que antes de realizar la curva de recursos, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Tener documentada y clara la visión de proyecto, la justificación, supuestos, restricciones, etc.
- Haber definido el alcance, su descripción, detalles, criterios de aceptación.
- Documentar qué incluye y qué no incluye el proyecto (gestión del alcance del proyecto).
- Generar una estimación del coste y otra del tiempo necesario.

La gráfica con la curva de avance, debe incluir entre sus elementos, al menos, los siguientes:

- Nombre del proyecto
- Código del proyecto
- Fecha inicial del proyecto
- Fecha final del proyecto
- Valor del trabajo planificado
- Valor de trabajo planificado acumulado (la suma de los recursos ejercidos como gasto de acuerdo al plan)
- Costo real del trabajo realizado (lo que realmente costó la ejecución de los recursos ejercidos en las actividades de ese período)
- Costo real del trabajo realizado acumulado (la suma de los recursos ejercidos como gasto de acuerdo al gasto ejecutado).

#### **2.2.10 Análisis de Rentabilidad de un Proyecto de Construcción**

Es importante saber si el proyecto donde se va a invertir resultará rentable, es decir que al término del proyecto se haya conseguido una ganancia mayor a la utilidad proyectada. Como se sabe en construcción la utilidad varía entre 7% a 8%, y por lo que es necesario que para determinar que una obra es rentable o no, se consiga una

sobreutilidad, es decir un margen de ganancia adicional. Generalmente esta ganancia adicional se debe a la implementación de sistemas de gestión, así como un adecuado manejo de los recursos. En otras palabras, podríamos considerar a la rentabilidad como un costo beneficio. En todo proyecto hay tres tipos de rentabilidad, la rentabilidad por ventas, la rentabilidad por activos y la rentabilidad por capital. Para éste caso evaluaremos la rentabilidad del uso de Gestión BIM usando la rentabilidad por ventas, ya que en el rubro de construcción se vende un producto final, que en éste caso vendría a ser el edificio de 10 pisos.

La fórmula de rentabilidad viene dada por:

$$\text{Rentabilidad sobre ventas} = \frac{\text{Presupuesto Venta} - \text{Presupuesto invertido}}{\text{Presupuesto invertido}} \times 100$$

Donde:

**Presupuesto venta=** Presupuesto con el que se ganó la licitación.

**Presupuesto invertido=** Costo total real del proyecto ya ejecutado.

Si el resultado es positivo, indica que es aceptable la rentabilidad obtenida, por el contrario, si el resultado es negativo indica que el proyecto no logró la ganancia esperada.

### 2.3 Grupo de Interesados

Para esta investigación, el autor ha determinado identificar como “Grupo de Interesados” a las personas o grupo de personas que buscan cumplir con el nivel de servicio acordado hacia los clientes, lo cual implica la construcción de edificaciones tipo retail y edificaciones de uso residencial. Para las muestras de estudio, éste grupo lo conforman el staff de obra: Condominio Paseo San Martín de la empresa

CONSTRUCTORA INARCO PERÚ S.A.C con un total de 13 personas, que tienen a su cargo la cuadrilla total de mano de obra de casa y subcontratistas.

**Tabla 3**

Grupo de Interesados de la CONSTRUCTORA INARCO PERÚ S.A.C

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>
Residente de Obra	1
Jefe de Oficina Técnica	1
Jefe de SSOMA	1
Jefe de Calidad	1
Administrador de Obra	1
Jefe de Producción	1
Asistente de Oficina Técnica	1
Metrador	1
Asistente de Producción	2
Asistente Administrativo	1
Ingeniero de SSOMA	1
Almacenero	1
<b>Total</b>	<b>13</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Formulación de Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

Si se hace uso de la Gestión BIM en la construcción de edificios multifamiliares de 10 pisos en el distrito de San Martín de Porres, entonces se mejorará la rentabilidad final.

### 2.4.2 Hipótesis Específicas

- a) Si se aplican las herramientas de Gestión BIM como el cálculo de metrados, compatibilización de planos y generación de planos AS BUILT, que son las que se adecúan más a los proyectos que se tienen como muestras, entonces se obtendrán mejores resultados económicos para el proyecto.



- b) Si se reemplazan aquellas actividades que no aportan valor al proyecto como son: el cálculo de metrados usando AutoCAD® y Excel®, la generación de RFI'S de la forma tradicional y la generación de planos As Built con AutoCAD®, por el uso de Gestión BIM, entonces se optimizarán los tiempos y costos de obra.
- c) Si se hace uso de Gestión BIM en proyectos similares al de las muestras entonces se genera un ahorro con respecto a los costos finales de un proyecto en el que no se implementó éste sistema de gestión.

### CAPÍTULO III

## **3 METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño metodológico**

#### **3.1.1 Tipo**

La presente investigación es de tipo no experimental, transversal debido a que se circunscribe en un segmento de tiempo durante el presente año. El nivel de la investigación que se empleará será:

*Descriptivo:* debido a que describe la realidad problemática sobre los sobrecostos incurridos durante la construcción de la torre I del proyecto Condominio

Paseo San Martín y su influencia en la rentabilidad de la empresa Constructora Inarco Perú S.A.C.

*Transversal:* debido a que la investigación se circunscribe en un periodo determinado de tiempo.

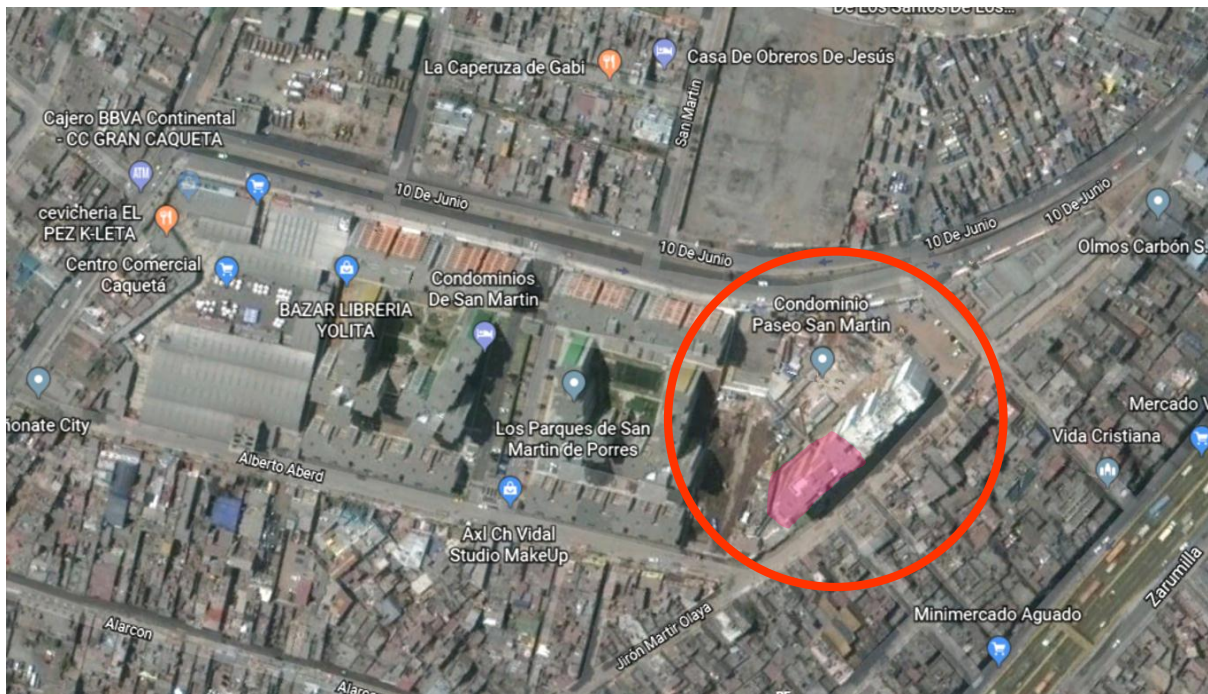
*Cuantitativo:* se obtendrán resultados numéricos, cuantitativos; producto del uso del sistema de gestión BIM y otros conocimientos propios de la ingeniería civil.

### **3.1.2 Enfoque**

El enfoque de la presente investigación es de carácter cuantitativo, puesto que se pretende determinar un rango de porcentaje de ahorro que se obtiene al usar Gestión BIM en proyectos multifamiliares de 10 pisos dentro del distrito de San Martín de Porres, y de esta forma evaluar si es rentable o no para las empresas constructoras, la inmobiliaria y el cliente final.

### 3.2 Población y muestra

La población del presente trabajo de investigación, está conformada por todos los proyectos de edificios multifamiliares que se construyen y construirán dentro del distrito de San Martín de Porres. Por otro lado, las 2 muestras que se extraen serían la torre I y torre II del Condominio Paseo San Martín, ubicadas entre las avenidas 10 de junio y Mártir Olaya en el distrito de San Martín de Porres, Provincia Lima y Departamento de Lima.



**Figura 12** Ubicación de las muestras de estudio-Condominio Paseo San Martín

**Fuente:** Recuperado de Google Earth ®

**Tabla 4**

Características de la Muestra I

<b>Características principales de la muestra I</b>	
<b>Nombre</b>	Torre I
<b>Área Techada</b>	1er piso: 593.25m <sup>2</sup> , del 2do al 10mo piso 578.50m <sup>2</sup> y azotea 137.45m <sup>2</sup> .
<b>Número de Pisos</b>	10 pisos más 1 azotea
<b>Número de Dptos.</b>	80 departamentos, 8 departamentos por piso
<b>Costo Directo de construcción</b>	S/. 5,787,564.00

Fuente: Creación Propia

**Tabla 5**

Características de la Muestra II

<b>Características principales de la muestra II</b>	
<b>Nombre</b>	Torre II
<b>Área Techada</b>	1er piso: 593.25m <sup>2</sup> , del 2do al 10mo piso 578.50m <sup>2</sup> y azotea 137.45m <sup>2</sup> .
<b>Número de Pisos</b>	10 pisos más 1 azotea
<b>Número de Dptos.</b>	80 departamentos, 8 departamentos por piso
<b>Costo Directo de construcción</b>	S/. 5,814,852.80

Fuente: Creación Propia

### 3.3 Operacionalización de variables e indicadores

Tabla 6

Operacionalización de variables e indicadores

	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS
V. Independiente	<p><b>X: Gestión BIM:</b> Es un sistema de gestión basado en la construcción virtual del proyecto a través de un modelo hecho por un software especializado.</p>	<p><b>X1:</b> Personal Capacitado</p> <p><b>X2:</b> Software y hardware adecuados</p> <p><b>X3:</b> Comunicación</p>	<p><b>X1.2:</b> Horas de capacitación <b>X1.2:</b> Experiencia previa en otros proyectos</p> <p><b>X2.1:</b> Licencia del software <b>X2.2:</b> Memoria RAM y tarjeta de video de las máquinas.</p> <p><b>X3.1:</b> Reuniones diarias o semanales.</p>	<p><b>Instrumento de Recolección de datos:</b> Observación directa y Experimento</p>
V. Dependiente	<p><b>Y: Rentabilidad:</b> Es el ratio que mide el beneficio obtenido de cierto producto realizado en relación a los recursos gastados por la empresa para para producirlo.</p>	<p><b>Y1:</b> Control Presupuestario o Resultado Operativo</p>	<p><b>Y1.1:</b> Costos Directos</p> <p><b>Y1.2:</b> Utilidad</p>	<p><b>Técnica para procesamiento de la información:</b> Procesamiento con Microsoft Excel</p>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Descripción del instrumento

La información necesaria para llevar a cabo este trabajo de investigación, se obtuvo de los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- **Observación directa:** Éste instrumento se utilizó para recolectar toda la información del proyecto: Condominio Paseo San Martín Etapa I, que fue construido de la forma tradicional. Como parte del grupo de trabajo, pude evaluar mensualmente la evolución de los costos de obra, a través de un formato conocido como Control Presupuestario (CP), así mismo pude medir el tiempo que ocupa un ingeniero al ejecutar actividades que a mi parecer no aportaban valor al proyecto, o podía ser sustituidas usando la Gestión BIM. Así mismo, recolecté informes semanales de la obra sobre el avance de obra en tiempo y costo, y demás información que resulte vital para el fin de la presente investigación.
- **Experimento:** Éste instrumento se usó para la recolección de los datos de la construcción del proyecto: Condominio Paseo San Martín Etapa I, usando Gestión BIM, a través del modelado en 3D con el software Revit® 2016. Hablamos de experimento, pues este procedimiento fue ejecutado de manera virtual, y se evaluó el resultado operativo o llamado también Control Presupuestario del mismo proyecto construido de la forma tradicional, pero ahora usando Gestión BIM de manera virtual. Cabe resaltar, que se usó

un laboratorio virtual, puesto que analizar los datos del mismo proyecto de manera física, es decir construyendo un proyecto similar, pero usando Gestión BIM, hubiese sido costoso, con un tiempo de respuesta de más de un año, y con el riesgo de que el resultado no sea favorable.

### 3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información se utilizó las siguientes técnicas:

- **Ordenamiento y clasificación:** Se ordenó y clasificó toda la información que se utilizó en el procedimiento de la obtención de los datos originales del proyecto Condominio Paseo San Martín Etapa I (construcción tradicional) y los datos obtenidos de la construcción del proyecto Condominio Paseo San Martín Etapa II.
- **Registro y procesamiento computarizado con Excel:** Se registró y proceso toda la información en la hoja de cálculo de Excel del programa Microsoft office 2013, sistema operativo Windows 7 Home Basic.

### 3.6 Consideraciones generales para el modelado BIM

La metodología del modelado BIM, que incluye un dibujo del proyecto en 3D con información de las características de los materiales a usarse, y del cual se obtiene información para gestionar el costo y el tiempo del proyecto, se debe llevar a cabo de forma ordenada y siguiendo ciertos estándares, para que resulte exitoso.

Existen dos maneras para la aplicación de Gestión BIM en proyectos de construcción, la primera es cuando el proyecto se concibe desde su etapa de diseño usando la Gestión BIM, es decir a través de un software que permita el modelado en 3d y en el cual se le pueda añadir parámetros. Éste proceso es realizado por todos los especialistas involucrados, que trabajan en conjunto gracias a la opción que se tiene de trabajar de forma independiente en un computador y que todo se vincule a una misma fuente (proceso conocido como trabajo en red). El otro proceso y tal vez el más difundido, es el que se emplea la Gestión BIM teniendo como base el diseño del proyecto en una plataforma 2D, generalmente obtenido del software AutoCAD®, y realizado por los especialistas de forma independiente.

### **3.6.1 Elección de las especialidades a modelar**

El modelo fue desarrollado con el software REVIT 2016®, una familia de programas de AUTODESK®.

La información para el modelado se obtuvo del diseño del proyecto de la forma tradicional, es decir de planos en formato AutoCAD®. Cabe resaltar que para decidir que especialidades iban a ser modeladas, se hizo uso de la teoría de Wilfredo Pareto, conocido como “Principio de Pareto”, que enuncia lo siguiente: “Aproximadamente el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas”.

A continuación, se detalla la aplicación del principio de Pareto para la determinación de las especialidades a modelar.

#### **Tabla 7**

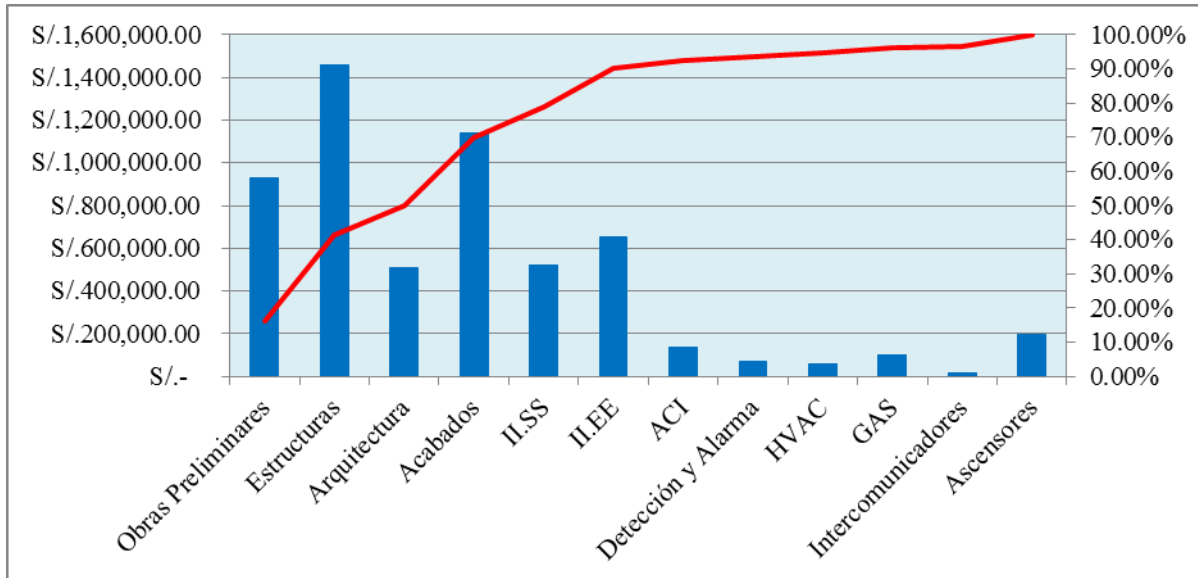


*Especialidades y su incidencia en los costos del Proyecto*

Especialidad	Costo Directo	%Incidencia	%Acumulado
Obras Preliminares	S/.928,334.00	16.04%	16.04%
Estructuras	S/.1,459,294.00	25.21%	41.25%
Arquitectura	S/.510,684.00	8.82%	50.07%
Acabados	S/.1,140,895.00	19.71%	69.78%
II.SS	S/.522,852.00	9.03%	78.81%
II.EE	S/.650,156.00	11.23%	90.04%
ACI	S/.135,218.00	2.34%	92.38%
Detección y Alarma	S/.68,267.00	1.18%	93.56%
HVAC	S/.60,028.00	1.04%	94.60%
GAS	S/.97,367.00	1.68%	96.28%
Intercomunicadores	S/.17,236.00	0.30%	96.58%
Ascensores	S/.197,222.00	3.42%	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>S/.5,787,564.00</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Creación Propia

En la Tabla 6 se tiene los costos directos por especialidad del Proyecto: Condominio Paseo San Martín-Etapa I, con dichos montos se ha calculado los porcentajes de incidencia con respecto al costo directo total, para posteriormente llevarlos al gráfico de Pareto, con eso determinaremos cuáles especialidades son necesarias llevarlas al software BIM.



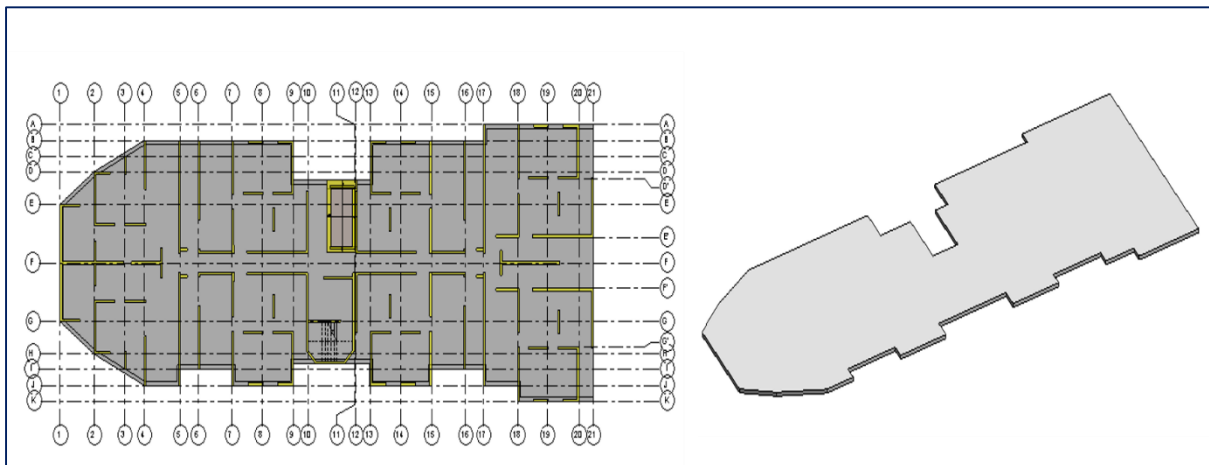
**Figura 13** Diagrama de Pareto: Especialidades VS Costo Directo

**Fuente:** Creación Propia

En la Figura 13 se puede observar gracias a la teoría de Pareto, que la especialidad que están por encima del 80% es Estructuras, sin embargo, por cuestiones de dibujo y funcionalidad y para aprovechar todas las herramientas que ofrece la Gestión BIM se modelarán las especialidades de Estructuras, Arquitectura, Acabados, II. SS e II.EE.

### 3.6.2 Modelamiento de la especialidad de Estructuras

Para el modelamiento de la especialidad de estructuras lo primero que se hizo fue trazar los ejes y niveles del proyecto, que nos servirían para las demás especialidades también. Luego, con la ayuda de los planos de AutoCAD® se procedió a dibujar la cimentación del proyecto, que en este caso se trataba de una platea de concreto armado con vigas de cimentación perimetrales, solo se modeló las partidas de concreto y encofrado, puesto que el acero no es necesario para el nivel de desarrollo (LOD) que se escogió para este tema de investigación. El modelamiento de la platea incluyó parámetros de dimensiones y material (concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>).

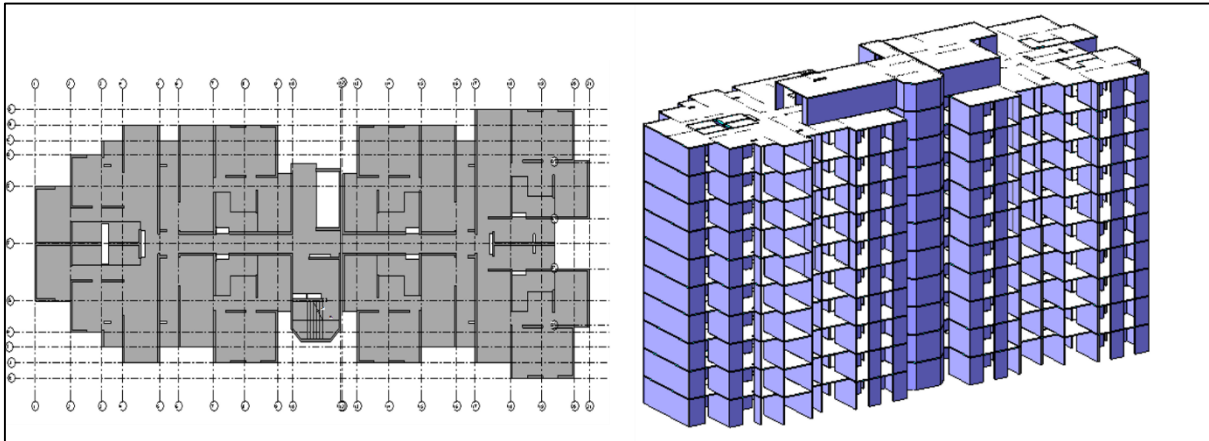


**Figura 14** Modelamiento de platea de cimentación

**Fuente:** Creación propia

Una vez finalizado el modelamiento de la cimentación se procedió a dibujar las placas, alfeizares y losas del primer piso, el cual al ser típico se copió hasta el sexto piso, al igual que la cimentación se agregaron parámetros de dimensiones y material. Lo mismo se hizo del sexto piso al décimo piso, lo que cambiaban en estos niveles era el espesor de las placas y las losas. Para la azotea se modelaron las placas, alfeizares y la losa de techo, manteniendo siempre la junta antisísmica que figuraba en los planos en dos dimensiones.

Cabe resaltar que en todo momento del modelado se procuró dibujar en el mismo orden que se construye, es decir siguiendo el proceso constructivo, eso es importante para que el modelo guarda similitud con el producto real construido.



**Figura 15** Modelamiento de placas y losas de concreto armado

**Fuente:** Creación Propia

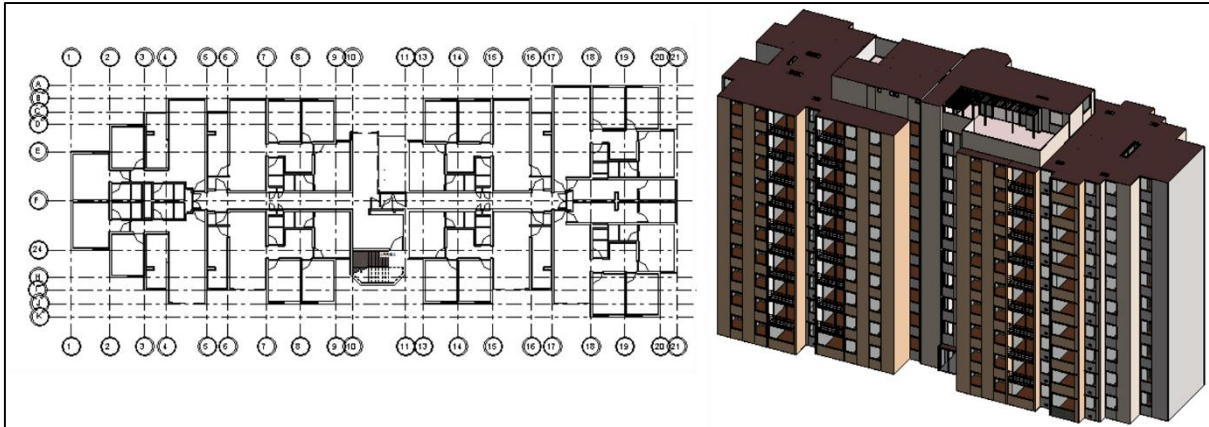
### 3.6.3 Modelamiento de la especialidad de Arquitectura

Una vez que se obtuvo el modelo de estructuras se procedió a colocar los elementos arquitectónicos, como son los tabiques de ladrillo sílico calcáreos (P7, P10, P14), tabiques de drywall, tarrajeo de elementos de concreto y solaqueo de elementos de tabiquería. Se ingresaron parámetros de dimensión y materiales a cada elemento.

### 3.6.4 Modelamiento de la especialidad de Acabados

Esta es la especialidad que tiene más detalles y por ende más información (parámetros). Para este proyecto, se modelaron las partidas de enchape de baños y cocinas, instalación de piso laminado, escarchado de cielorrasos, pintura de muros, colocación de papel mural, colocación de puertas, mamparas y ventanas, instalación de carpintería metálica y colocación de ladrillo pastelero. Cada partida fue ingresada con sus parámetros de material y dimensiones. Cabe resaltar, que es precisamente esta especialidad la que nos interesa calcular el metrado de forma rápida para el proceso de adquisición de materiales y servicios. Además es importante indicar que el software REVIT® es muy útil, gracias que posee como base de datos la mayoría

de los materiales que se usan en la construcción de proyectos similares al de la presente investigación.



**Figura 16** Modelamiento de arquitectura y acabados

Fuente: Creación propia

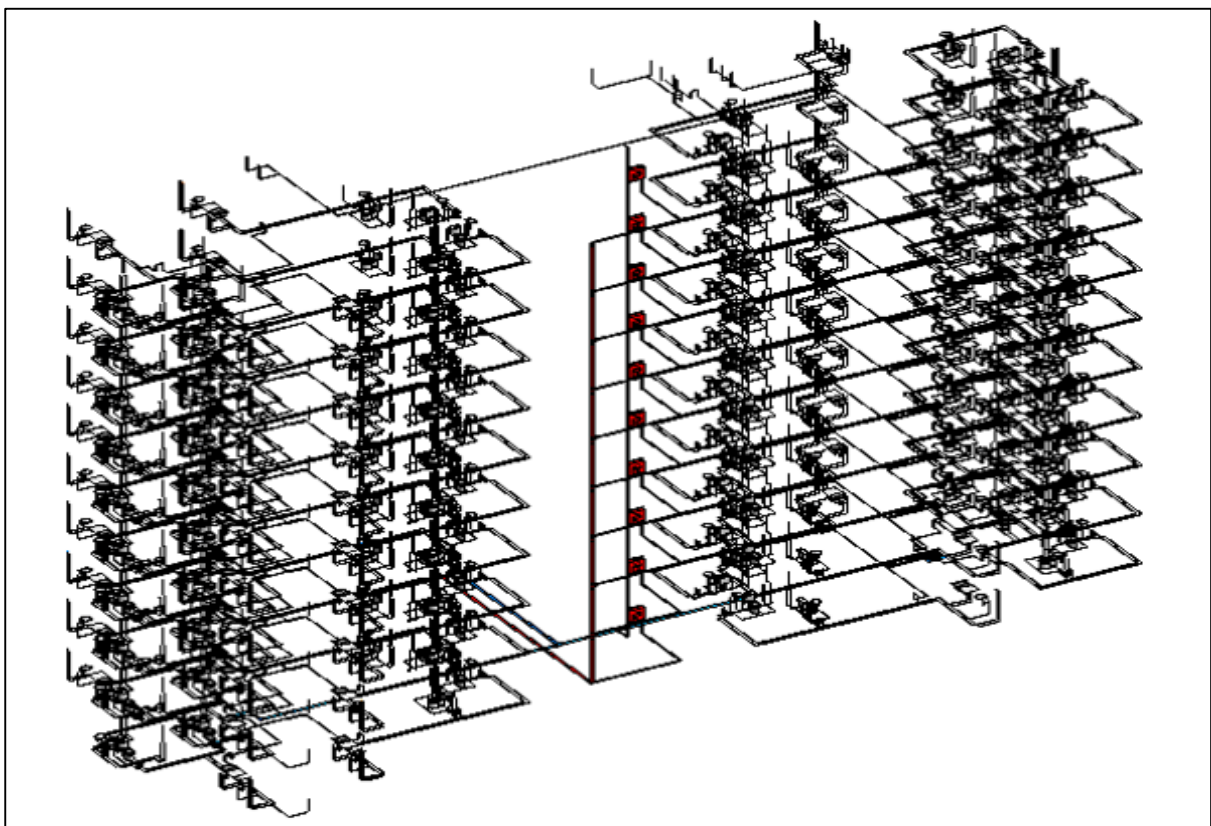


**Figura 17** Renderizado de condominio Paseo San Martín

Fuente: Creación propia

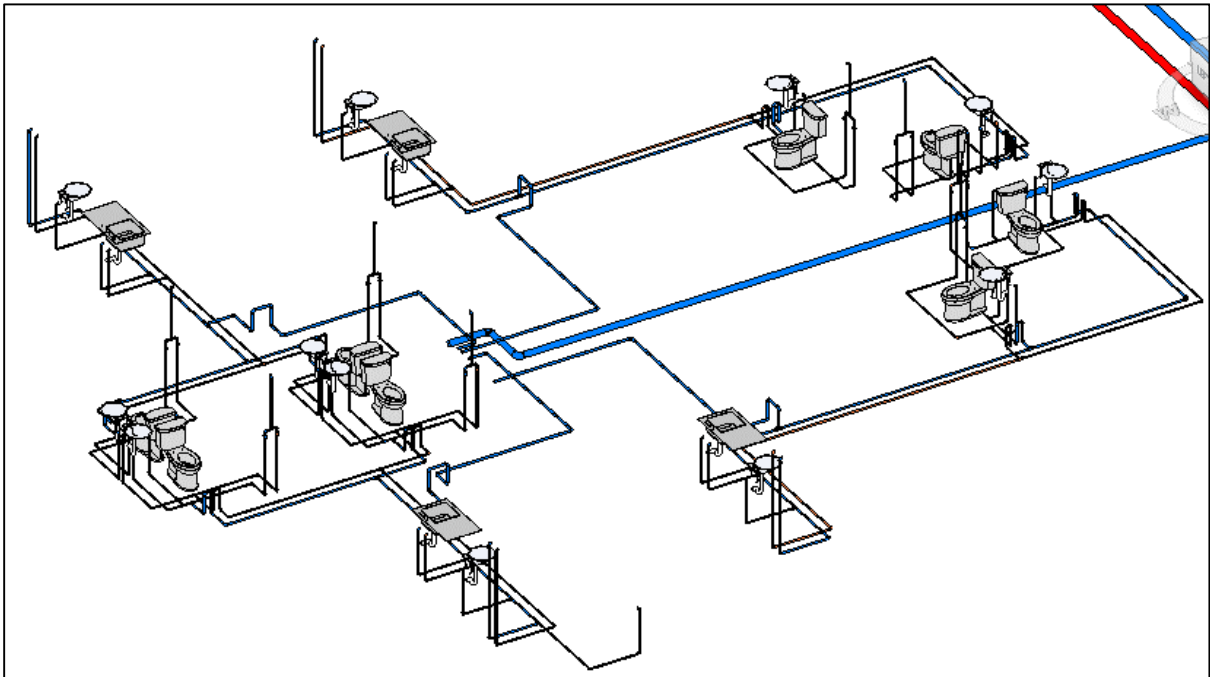
### 3.6.5 Modelamiento de la especialidad de Instalaciones Sanitarias

Para el modelamiento de esta especialidad se escogió solo las redes básicas con sus accesorios, teniendo en cuenta las pendientes y los puntos para cada aparato sanitario. Esta red se generó a partir de librerías y familias creadas especialmente para este modelo, ya que fue necesario usar accesorios y “fitting” especial para que se adapta al diseño de los planos en dos dimensiones.



**Figura 18** Montante y redes de agua fría, caliente y A.C.I

**Fuente:** Creación Propia



**Figura 19** Red de agua fría y caliente típica

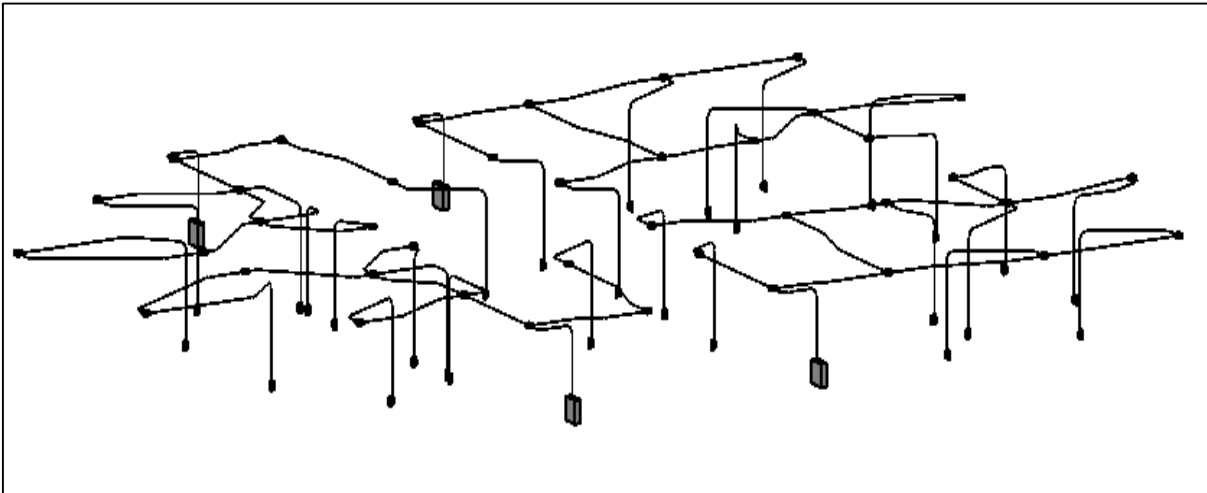
Fuente: Creación propia

### 3.6.6 Modelamiento de la especialidad de Instalaciones Eléctricas

Para el modelamiento de esta especialidad se escogió solo la red básica de energía eléctrica, que incluyen cajas, tomacorrientes, y alumbrado. Así mismo se modelaron las redes de corrientes débiles para los sistemas de detección y alarma y las redes de comunicaciones.

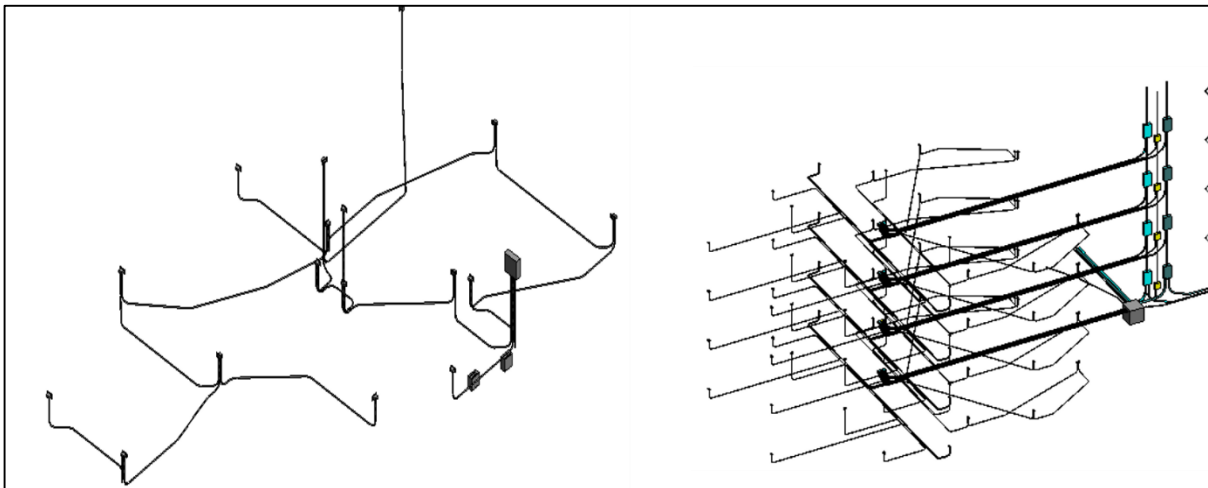
Estas redes se generaron a partir de librerías y familias creadas especialmente para este modelo, ya que fue necesario usar accesorios y “fitting” especial para que se adapta al diseño de los planos en dos dimensiones.





**Figura 20** Red de alumbrado típico

Fuente: Creación propia

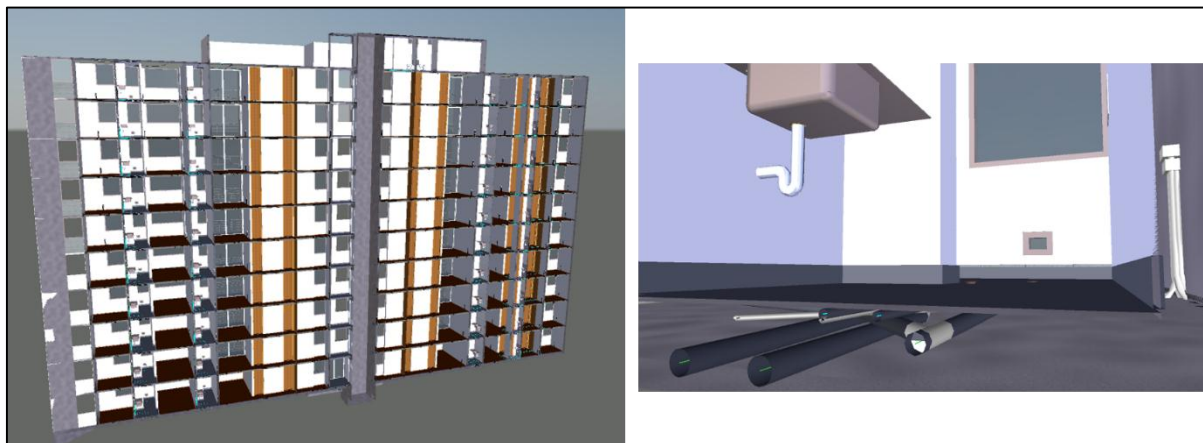


**Figura 21** A la derecha red de tomacorrientes, a la izquierda red de comunicaciones (TV, teléfono)

Fuente: Creación propia.

Para mencionar que cada especialidad fue modelada en archivos separados, con la finalidad de poder trabajar en red y no sobrecargar la capacidad de una sola computadora. Ahora para integrar todos los archivos, se vio por conveniente usar el software NAVISWORK®, por ser más práctico y versátil para este tipo de procesos. Ese mismo software nos ayudará a usar algunas herramientas de la Gestión BIM con mayor facilidad.





**Figura 22** Modelo con especialidades vinculadas en Naviswork®

Fuente: Creación Propia

### 3.7 Cálculo de Cantidades y Estimación de Costos por el Método Tradicional

El método tradicional con el que se estima costos en proyectos de construcción en el Perú, corresponde a los siguientes procedimientos:

1. Se verifican los metrados y precios de las partidas que son más incidentes en el costo, es decir aquellas cuyo metrado o precio unitario es considerable. En la Tabla 7 se detalla las partidas más usuales que se verifican en un proyecto de viviendas multifamiliares.

**Tabla 8**

*Partidas más incidentes en un proyecto de viviendas multifamiliares*

<b>Especialidad</b>	<b>Partidas Incidentes</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio Unitario</b>
<b>Estructuras</b>	Movimiento de tierras	X	
	Concreto	X	
	Acero	X	
	Encofrado	X	X
<b>Arquitectura</b>	Tabiquerías	X	
	Tarrajeos y solaqueos	X	
	Nivelaciones de piso	X	
<b>Acabados</b>	Revestimientos de pisos	X	X

	Pintura de muros y cielos	X	X
	Revestimiento de muros	X	X
	Carpintería metálica	X	X
	Impermeabilización en azoteas	X	X
<b>Instalaciones Eléctricas</b>	Cableado	X	
	Tendido de tuberías	X	
	Luminarias	X	X
	Tableros y llaves termo magnéticas	X	X
	Placas eléctricas	X	
	Intercomunicadores		X
	Accesorios de detección y alarma	X	X
<b>Instalaciones Sanitarias</b>	Tuberías de agua	X	
	Tuberías de desagüe	X	
	Válvulas y medidores	X	X
	Salidas de agua y desagüe	X	

**Fuente:** Elaboración Propia

Cabe resaltar que los metrados se hacen usando el software Excel®, y está a cargo del metrador de obra, éste es un procedimiento tedioso y tiene que ser revisado varias veces para asegurarnos que los metrados están correctos. Por otro lado, para la verificación de los precios de cada partida, se revisa que los precios de los insumos y servicios sean iguales o menores a los que ofrecen los proveedores y subcontratistas con los que se trabajará.

2. Con los datos obtenidos luego de la verificación, se procede a armar el presupuesto denominado “meta” y se hace una comparación con el presupuesto entregado por el área de licitaciones. Ahí se observa cuáles

son las partidas con las que se cuenta con mayor presupuesto y aquellas en las que se está perdiendo, así mismo, se determina la existencia de partidas que no han sido consideradas por el área de licitaciones, es ahora cuando realmente se sabe el presupuesto base con el cuál se deberá construir para lograr un resultado positivo para la empresa.

3. Para determinar si el proyecto en ejecución está logrando resultados económicos positivos, se procede a ejecutar el control presupuestario de manera mensual, para ello se hace uso de datos brindados por el área de contabilidad (costo de planilla de obreros, gastos generales, pagos por cartas fianzas, SENCICO) y en obra se gestiona los datos de compras realizadas de materiales y valorizaciones hechas a subcontratistas, además de hacer una proyección de costos hasta el final de obra. Esto nos permite saber si la utilidad esperada se mantiene, crece o se consume, al saber esto con tiempo se puede tomar medidas para evitar que el proyecto tenga un resultado negativo. Algunas medidas que se toman, es la disminución de gastos generales, la opción de proponer alternativas de materiales que cumplan la misma función pero que tengan menos precio unitario, etc. Todo esto a través de la generación de adicionales y deductivos al cliente.

### **3.8 Cálculo de Cantidades de Obra y Estimación de Costos con la Gestión**

#### **BIM**

El cálculo de las cantidades de obra con la Gestión BIM se hace a través del modelo en 3D que se obtiene del software REVIT®. Como sabemos el modelo contiene información de cada elemento, como dimensiones y material, por lo que solo con un par de click se puede obtener los metrados del proyecto. Ya con esos metrados

y con los precios unitarios con los que se cuenta se obtiene el presupuesto meta, que viene a ser el presupuesto real con el que se cuenta para construir. A partir de aquí la metodología es la misma que el método tradicional, se ingresa toda la información al formato de control presupuestario y se hacen los cortes mensuales para evaluar la rentabilidad del proyecto.

### **3.9 Consideraciones para el cálculo de la rentabilidad de los proyectos de construcción**

Para el cálculo de la rentabilidad del uso de gestión BIM en proyectos similares a las muestras de la presente investigación, será necesario calcular primero la rentabilidad de la construcción de la Torre I (Muestra I) y la rentabilidad de la construcción de la Torre II (Muestra II), las cuales pertenecen al Condominio Paseo San Martín, para ello es necesario contar con el control presupuestario de cada uno de éstos proyectos, donde se pueda visualizar las ganancias y pérdidas por cada partida de control analizada. Así mismo es necesario saber las causas por las que se generaron tanto los márgenes positivos como negativos por cada partida de control, y así determinar cuál es la incidencia del uso de gestión BIM en el proyecto en estudio.

## **CAPÍTULO IV**

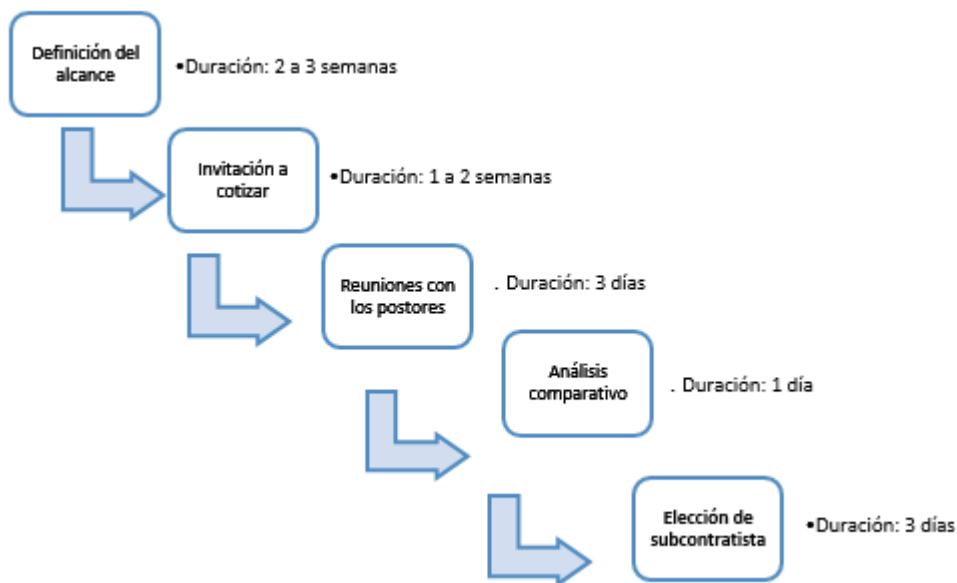
### **4 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 Resultados por el Método Tradicional De Construcción**

El proyecto que sirvió de muestra para la presente investigación fue la construcción de la primera etapa del Condominio Paseo San Martín, ubicado en el distrito de San Martín de Porres, dentro del departamento de Lima. El proyecto consistía en la construcción, implementación y puesta en marcha de 5 torres de departamentos de 10 pisos, de 8 departamentos por piso. El proyecto en su totalidad se separó en 5 etapas de construcción, siendo cada etapa conformada por una torre con las mismas características que las anteriores. El plazo contractual de la primera etapa de la obra era de 210 días calendario, con un presupuesto de **S/.7, 075,796** sin IGV y bajo la modalidad de contratación a suma alzada. Sin embargo, y pese al control que se llevó en todos los procesos de la ejecución del proyecto, el plazo real de duración del proyecto fue de 249 días calendario con un presupuesto total de **S/.7, 943,528** sin IGV y sin contabilizar los costos por trabajos adicionales y deductivos.

##### **4.1.1 Resultados del Control de Adquisiciones de Proveedores y Subcontratistas**

Uno de los procedimientos más minuciosos y que involucró un tiempo de estudio por parte del ingeniero a cargo fue el proceso de elección de los proveedores y subcontratistas que formarían parte del proyecto. Bajo la metodología tradicional de construcción, ésta responsabilidad se le asignó al Ingeniero de Oficina Técnica, el cual a través de análisis comparativos escogió a las empresas con las que se ejecutó un determinado servicio y/o a las empresas que fueron los encargados de vender los productos necesarios para la ejecución del proyecto. Para un mejor alcance se presenta la siguiente imagen con el ciclo de adjudicación de los subcontratistas y proveedores, especificándose el tiempo que tomó bajo la construcción tradicional.



**Figura 23** Estimación del tiempo de cada fase de cierre de un subcontrato o proveedor bajo la construcción tradicional de la Torre I del Condominio Paseo San Martín

Fuente: Creación Propia

**Tabla 9**

Estimación de incidencia de cada actividad de la fase de Definición del Alcance del Proyecto bajo la construcción tradicional de la Torre I del Condominio Paseo San Martín

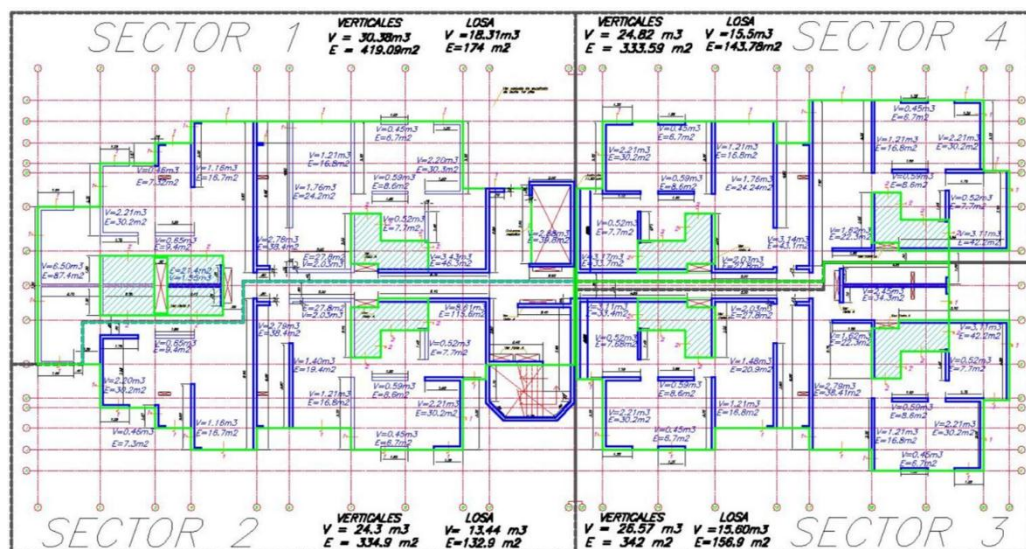
ACTIVIDAD	% INCIDENCIA
Estudio de los documentos técnicos	12.5%
Compatibilización de planos	37.50%
Elaboración de metrados	50%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Tabla 8, la actividad más incidente de la fase de Definición del Alcance es la elaboración de metrados. Cabe resaltar que el proyecto en estudio mostró varios déficits en metrados de varias partidas, pese a que en obra se contaba con un personal dedicado específicamente al cálculo de los metrados.

#### 4.1.2 Control de Tiempos bajo la Metodología Tradicional de Construcción

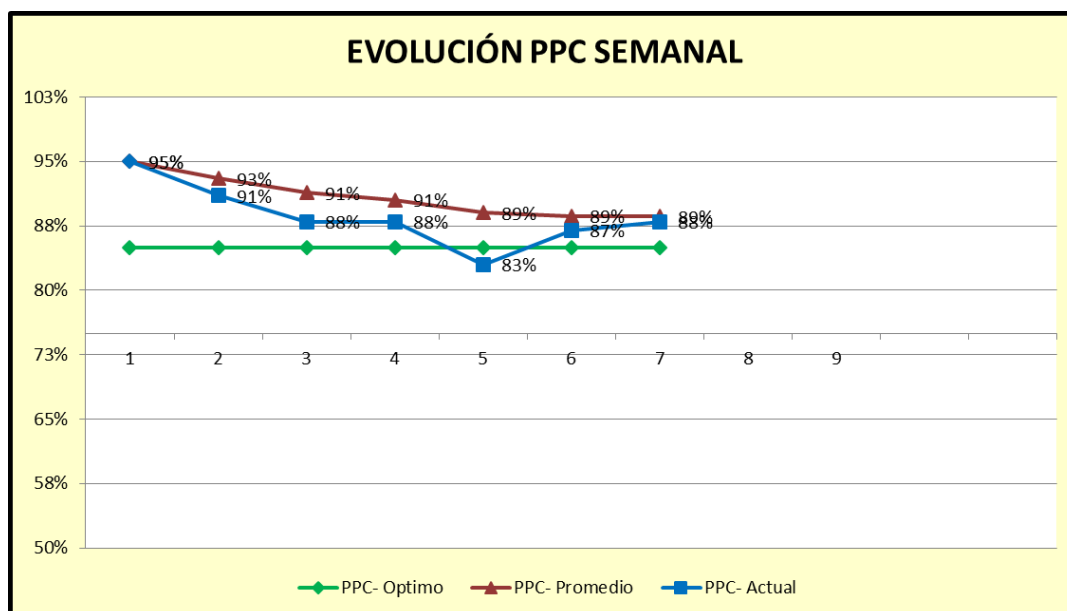
Para el control de los tiempos se hizo uso de la metodología “Lean Construction”, principalmente las herramientas de sectorización y Look A Head. Para ellos se dividió la torre en cuatro sectores repartiéndose el mismo metrado de concreto, encofrado y acero, dichos metrados fueron arrojados por el área de Oficina Técnica. Así mismo, para el control de la productividad se hizo uso de los rendimientos teóricos que se encontraban en los análisis de precios unitarios y se comparó con el rendimiento real de la mano de obra. Para la verificación del cumplimiento del cronograma se hizo uso del PPC (Porcentual Plan Complete) y para la verificación de las horas hombre se hizo uso del control de HH presupuestadas versus HH reales.



**Figura 24** Sectorización bajo la metodología LEAN CONSTRUCTION

Fuente: Creación Propia

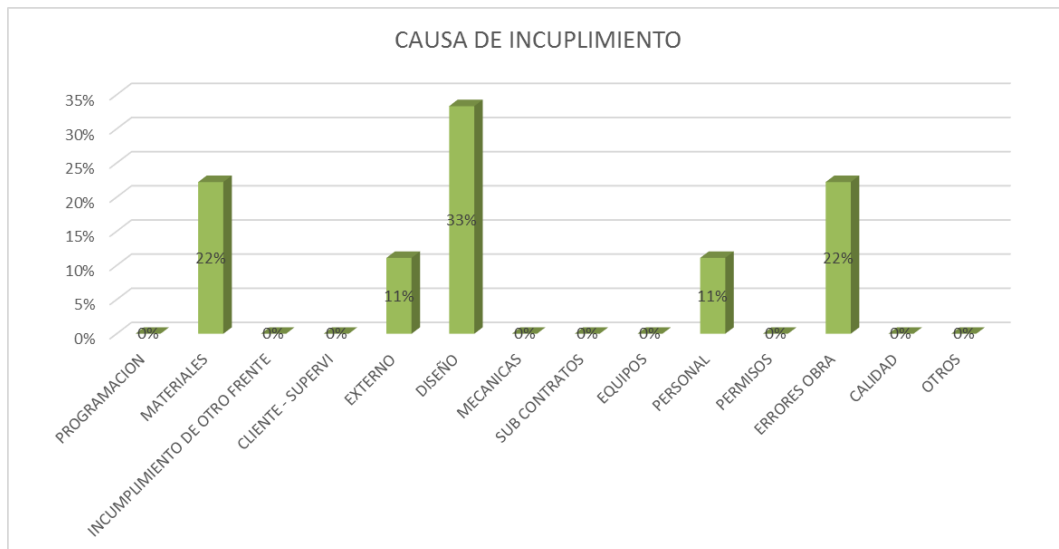
Como se observa en la figura 24, el proyecto se repartió en cuatro sectores, procurando que cada uno contenga metrados similares de acero, concreto y encofrado, con la finalidad de armar un tren de trabajo y asegurar el cumplimiento del cronograma. Sin embargo, durante la ejecución de los trabajos se pudieron evidenciar interferencias que provocaron el retraso de actividades críticas y en consecuencia el retraso de los trabajos. Esto se dio principalmente durante las partidas de obra gruesa. Para evidencia de esto se muestra un PPC de la semana 7 donde se indica el estado del cumplimiento del cronograma de obra y las razones por las cuales no se llegó a la meta.



**Figura 25** Curva de evolución del porcentaje de cumplimiento del cronograma con la metodología tradicional.

**Fuente:** Creación Propia





Se visualiza en la figura 25, que el PPC real de la obra ha ido decayendo durante las primeras 6 semanas, llegando en la semana 5 a un porcentaje debajo del óptimo. Se analizaron las causas del incumplimiento y se obtuvo como resultado que las principales causas fueron las que se detallan en la figura 26, líneas abajo.

Se observa que la mayor causa de incumplimiento del cronograma es el error fue el diseño del proyecto, es decir errores de compatibilización de planos, metrados, falta de información del proyecto, etc., seguido de errores en obra y materiales.

**Figura 26** Causas de incumplimiento del Cronograma (PPC)

**Fuente:** Creación Propia.

Una de los problemas que surgió durante la obra y que pertenece a la causa de error de diseño, fue el caso de las incompatibilidades entre los planos de estructuras e instalaciones, los cuáles generaron re trabajos que no fueron contemplados dentro del presupuesto venta ni dentro del presupuesto meta. Tal es el caso de los siguientes sucesos:



**Figura 27** Resane en fondo de escalera para el pase de tuberías de montante de ACI

**Fuente:** Creación Propia

Este caso fue uno de los más incidentes en costo, debido a que era un error repetitivo que se daba durante el vaciado de todos los niveles, y pese a que se observó durante la ejecución de los trabajos, no era corregido por parte de los

involucrados. Y finalmente se vaciaba todo el paño, teniendo que después picar y luego resanar.



**Figura 28** *Colocación de tuberías de IISS, GAS, IIEE y Comunicaciones en losa de techos con un espesor de 10cm.*

**Fuente:** Creación Propia

Otro

del re trabajo que era más incidente fue el caso de las instalaciones a colocar en la losa de techo previo al vaciado. Al ser un sistema constructivo de DUCTIBILIDAD LIMITADA, los espesores de losa y muros eran mínimos, por ejemplo para el caso de la losa se presentaba un espesor de 10 cm, que dificultaba la colocación de las tuberías de desagüe, al ser ésta la de mayor diámetro y que al colocarse no dejaba ningún centímetro de recubrimiento, lo mismo sucedía en los ambientes por donde tenía que colocarse varias instalaciones a la vez y el espacio no era suficiente y al igual que el caso del desagüe se quitaba recubrimiento entre el concreto y las tuberías. Fue por esta razón que se tuvo que buscar la manera de optar por productos que cumplan las funciones mínimas para el sistema de instalaciones y que al mismo tiempo calcen con el espesor de la losa. Cabe resaltar que estas soluciones significaron un costo adicional para el proyecto que no estaba contemplado dentro del presupuesto venta.

### 4.1.3 Control Documentario bajo la Metodología Tradicional

El control documentario se basa principalmente en el control de las comunicaciones entre el equipo de obra que forma parte de la empresa contratista y la supervisión que vela por los intereses directos del cliente. Los documentos que se controlan son principalmente las cartas y los RFI's. Éstos últimos son los más importantes, debido a que en él se derivan consultas al cliente que en la mayoría podrían ser causal de adicional en costo y hasta un sustento de ampliación de plazo. Sin embargo; un gran número de RFI's también puede evidenciar que no se ha llevado una buena gestión durante la etapa de diseño, ocasionando que durante la ejecución de la obra no se pueda llevar a cabo las actividades con el ritmo programado. Para el caso de la construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín el número de RFI's fue significativo. A continuación, se muestran los reportes:

**Tabla 10**

*Clasificación general de RFI's de la Torre I-Condominio Paseo San Martín*

Clasificación de RFI	SC de RFI	Descripción	RFI's por ESPECIALIDAD					T
			Est.	Arq.	II.EE	II.SS	ST	
Problemas de Información de Diseño	Incompatibilidad	Incompatibilidad de información dentro de una misma especialidad o entre dos o más especialidades generando también inconformidad entre los diseños y por lo tanto en la construcción	2	10	0	2	14	44
	Conflicto de información	Discordancia entre la información graficada en los planos y la descrita en las especificaciones técnicas o en la memoria descriptiva	2	4	1	1	8	

	Falta de definición	Información técnica que no ha sido definida por el proyectista y que incide en el desarrollo de las soluciones del producto. La falta de definiciones técnicas en los diseños y en los planos, haciendo impracticables los análisis de compatibilización y por lo tanto la detección de interferencias	0	3	1	1	5	
	Falta de ingeniería de detalle y especificación técnicas	Información insuficiente: falta de cortes, definición de material, detalles de construcción, etc.	2	7	2	6	17	
Confirmación de Información	Confirmación de acuerdos	Requerimiento de confirmación de información verbal o escrita entregada de manera no contractual. Ej: Acuerdos en reuniones, en campo, etc.		2	1	1	4	<b>4</b>
Valor agregado al diseño	Aprobación a soluciones alternativas de diseño	Soluciones de alternativas de diseño emitidas para la aprobación de los proyectistas/cliente	1	5	4	4	14	<b>20</b>
	Constructabilidad de diseño	Recomendaciones para mejorar el estándar en la construcción, productividad y diseño	1	2	0	2	5	
	Discordancia en documentación del diseño	Recomendaciones sobre la diagramación de los planos, leyendas, que facilitan la lectura tanto del equipo de diseño como del equipo de obra.		1			1	

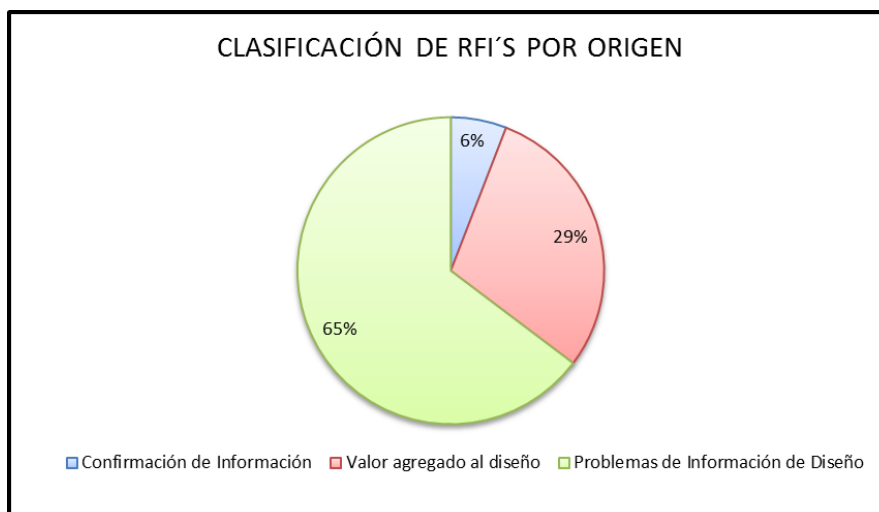
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11**

*Clasificación de RFI's por origen del proyecto Torre I CPSM*

TIPO DE ORIGEN	CANTIDAD
Confirmación de Información	4
Valor agregado al diseño	20
Problemas de Información de Diseño	44

Fuente: Creación Propia



**Figura 29** Gráfico porcentual de la *Clasificación de RFI's de acuerdo a su origen - Torre I CPSM*

**Fuente:** Creación Propia

Como se observa en el gráfico, la cantidad de RFI's se dio principalmente por problemas de información de diseño, es decir que la información que fue entregada por el área de licitación al equipo de obra no estaba completa y los vacíos generaron consultas hacia al cliente. Para entender mejor se ha subdivido las causales de éste origen de RFI's y se ha representado en el mismo tipo de gráfico.

**Tabla 12**

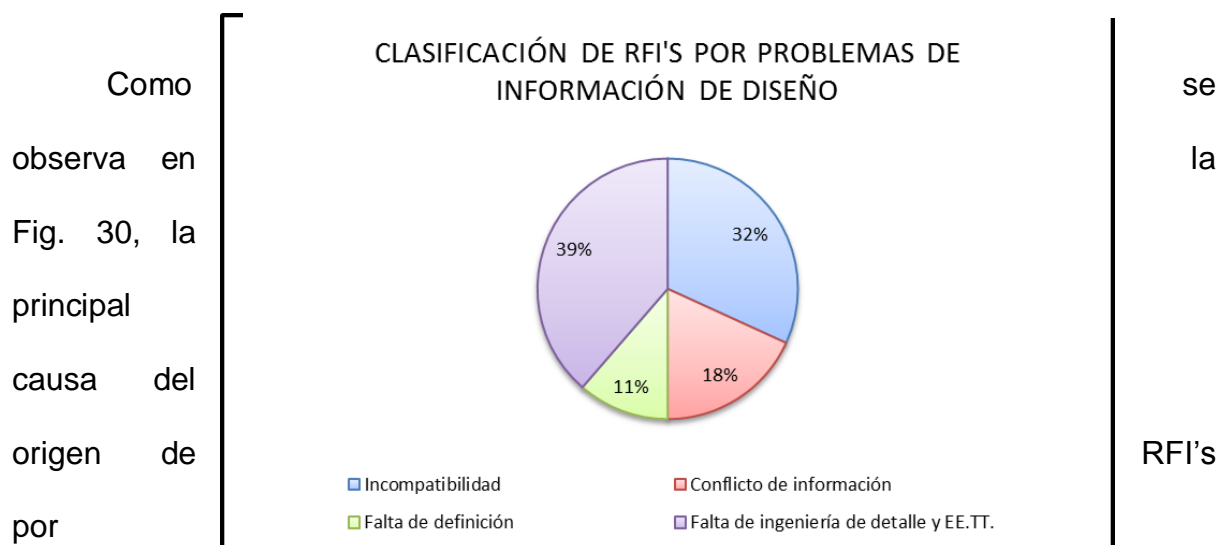
*Subclases del Origen de RFI's por Problemas de Información de Diseño de la Torre I-CPSM*

SUBCLASES DE ORIGEN DE RFI'S	CANTIDAD
Incompatibilidad	14
Conflicto de información	8
Falta de definición	5
Falta de Ingeniería de Detalle y EE.TT	17

**Fuente:** Creación Propia

**Figura 30** Subclases de origen de RFI's por problemas de información de diseño de la Torre I-CPSM

Fuente: Creación Propia



problemas de diseño se debe a la falta de ingeniería de detalle y EE.TT, es decir a información generada durante la etapa de diseño, como por ejemplo la definición de los diámetros de las tuberías de instalaciones que puedan ingresar en el espesor de losa, la definición del arranque de la escalera, cuyo detalle no estaba dentro de los planos contractuales, la definición del recorrido de las instalaciones de gas por el pasadizo del primer piso, etc.

Es importante señalar, que la existencia de un número significativo de RFI's conlleva a sobrecostos, debido a que se invierte horas hombre ingeniero al realizar cada una de las consultas, y al ser el tiempo de respuesta de cada uno de los RFI's no menor a 14 días, es probable que se paralicen ciertas actividades de la programación, generando sobrecostos en materiales, y horas hombre de la mano de obra operativa. Se ha costeado cada uno de los 68 RFI's del proyecto y se ha obtenido un costo total de **S/. 28,204.40**, algunos de los cuales derivaron en adicionales para el cliente y en otros casos en gastos no contemplados en el presupuesto venta.

#### **4.1.4 Control de Costos bajo la Metodología Tradicional**

El control de costos bajo la metodología tradicional se lleva a través de un control presupuestario mes a mes, y con el análisis de valor ganado semana a semana. Ésta es otra de las funciones del Ingeniero de Oficina Técnica del proyecto. Para el caso de la construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín, se emitían semanalmente un informe de obra a gerencia con la curva S del proyecto, para visualizar el avance de la obra en tiempo, y con el cuál se obtenía también el análisis del valor ganado de la semana en cuestión. Así mismo se mostraban los cuadros de valorizaciones al cliente, y periódicamente de manera mensual se emitía el control presupuestario donde se plasmaba los ingresos, egresos y proyecciones de la obra desde el inicio hasta el final proyectado. Gracias a estos reportes se pudo obtener las variaciones del margen esperado, que vendría a ser la utilidad del proyecto. Lamentablemente, el proyecto en mención no pudo mantener su utilidad, llegando a consumir parte de la utilidad, es decir no se logró la rentabilidad esperada. Inicialmente la obra se vendió con un margen esperado de **8%**, es decir con una utilidad de **S/. 463,005.1**. Sin embargo, este margen fue variando mes a mes, según lo indicado en los siguientes gráficos.

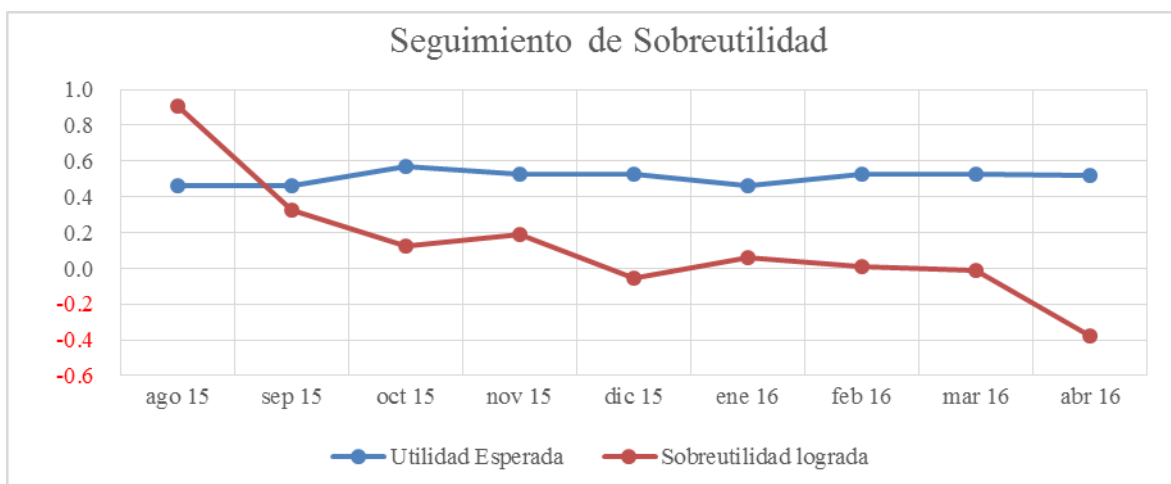


**Tabla 13**

*Control Presupuestario Mes a Mes de la Construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín*

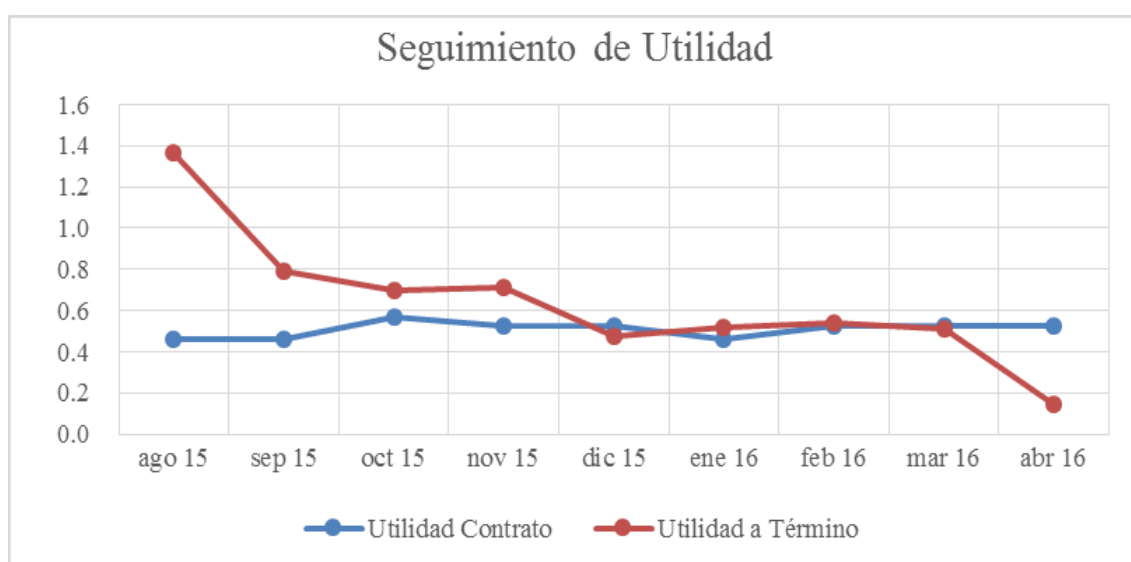
<b>Resultado de Obra</b>	<b>Utilidad Contrato</b>	<b>Utilidad a Terminó</b>	<b>Sobreutilidad</b>	<b>%Margen Esperado</b>	<b>%Margen Logrado</b>
	S/.				
ago 15	463,005.10	S/. 1,368,846.73	S/. 905,841.64	<b>8%</b>	<b>19.35%</b>
	S/.				
sep 15	463,005.10	S/. 791,789.13	S/. 328,784.03	<b>8%</b>	<b>11.19%</b>
	S/.				
oct 15	570,085.89	S/. 696,812.01	S/. 126,726.11	<b>8%</b>	<b>8.96%</b>
	S/.				
nov 15	526,417.56	S/. 712,951.47	S/. 186,533.91	<b>8%</b>	<b>9.51%</b>
	S/.				
dic 15	526,417.56	S/. 474,864.19	-S/. 51,553.37	<b>8%</b>	<b>6.41%</b>
	S/.				
ene 16	463,005.10	S/. 521,020.77	S/. 58,015.67	<b>8%</b>	<b>7.06%</b>
	S/.				
feb 16	523,864.81	S/. 536,670.92	S/. 12,806.11	<b>8%</b>	<b>7.28%</b>
	S/.				
mar 16	523,864.81	S/. 514,229.82	-S/. 9,634.99	<b>8%</b>	<b>6.97%</b>
	S/.				
abr 16	522,582.59	S/. 143,870.15	-S/. 378,712.44	<b>8%</b>	<b>2.03%</b>

**Fuente:** Creación Propia



**Figura 32** Evolución de la Sobreutilidad a lo largo de la Obra Torre I CPSM

Fuente: Creación Propia

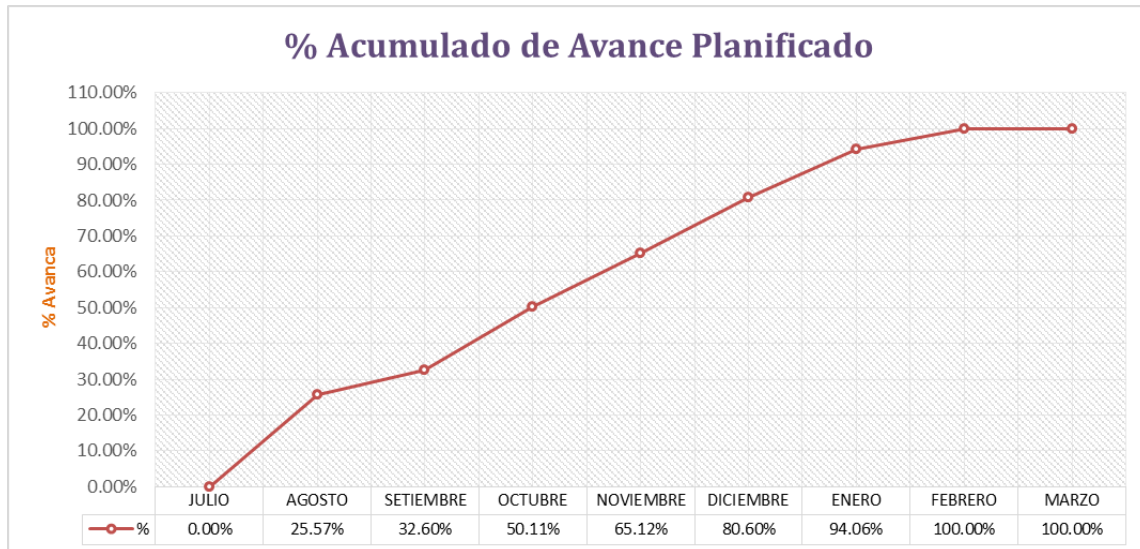


**Figura 31** Evolución de la Utilidad del Proyecto a lo largo de los meses

Fuente: Creación Propia

Como se observa en las 2 figuras (Fig. 31 y Fig. 32) la sobreutilidad y utilidad respectivamente no se mantuvo, inicialmente se tenía un control presupuestario optimista que arrojaba una sobreutilidad por encima del esperado, es decir el equipo de obra aseguraba a Gerencia que la utilidad se respetaba y adicionalmente se

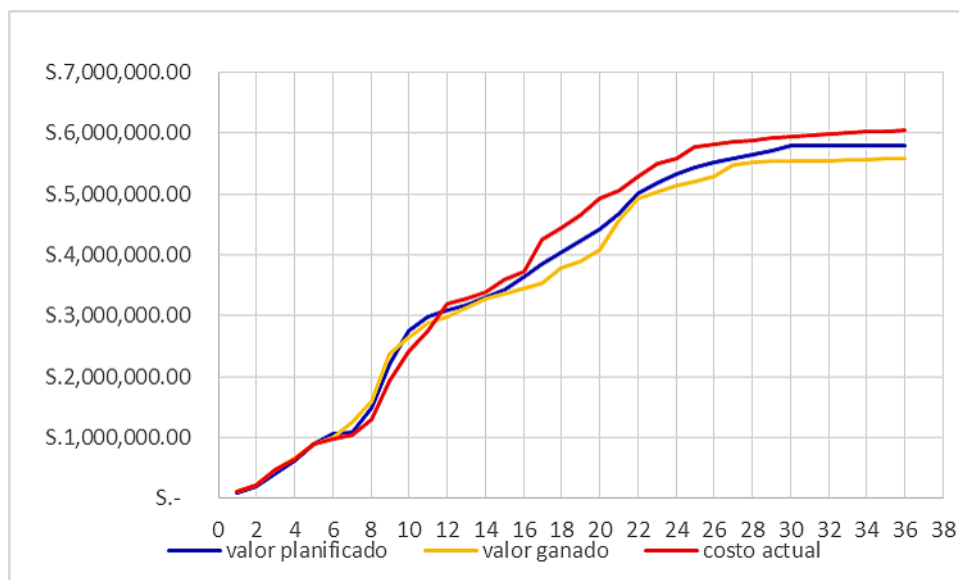
lograba una sobreutilidad de casi el 13%. Sin embargo; estos porcentajes fueron variando a lo largo de los meses, a medida que surgían los problemas en obra, y provocaban que el control presupuestario se ajuste más a la realidad, tal fue así que, en el último control presupuestario correspondiente al mes de abril, el porcentaje de sobreutilidad se hizo cero y la utilidad cayó considerablemente de 6.54% a 2.03%. Si bien es cierto no se perdió, pero si se dejó de ganar una suma considerable de utilidad, lo cual no se pudo detectar durante los primeros meses del control presupuestario, debido a que el control presupuestario es un método de control para un rango de tiempo de meses, es por esta razón que también resultó necesario hacer un control de los costos con un periodo menor, en este caso de forma semanal, con la ayuda del método de "valor ganado". Para eso primero se muestra la curva "S" del proyecto, que representa el avance planificado del proyecto, con el cuál se adjudicó la obra y la que debe mantenerse para asegurar la rentabilidad.



**Figura 33** Curva “S” de avance planificado de la construcción de la torre I del Condominio Paseo San Martín.

**Fuente:** Creación Propia

En la Fig. 33 se muestra los porcentajes de avance planificados del proyecto. Con esta curva podemos medir si el proyecto está avanzado o retrasado en tiempo, y sirve de base para la elaboración del valor ganado, que mide si el proyecto está avanzado o retrasado en costo. Líneas abajo se muestra el gráfico de valor ganado del proyecto, desde la semana 1 hasta la última semana, que viene a ser la semana 36. El gráfico representa 3 indicadores: el valor planificado, que representa el costo que debe ser consumido cada semana, el valor ganado que representa el costo consumido de acuerdo a la cantidad ejecutada por el precio presupuestado y el valor actual, que representa el costo real que se ha consumido, es decir la cantidad real por el precio real de cada actividad.



**Figura 34** Análisis del valor ganado de la construcción de la torre I del Condominio Paseo San Martín

**Fuente:** Creación Propia

En la Fig. 34 se puede observar que, durante las 4 primeras semanas de la obra, la curva del “valor planificado” estaba por debajo de la curva del “valor ganado”, lo que significa que el proyecto se encontraba adelantado en tiempo. Así mismo la curva del “costo actual” se encontraba casi al mismo nivel del “valor ganado”, lo que significa que el proyecto estaba gastando lo planificado, es decir no se evidenciaba ganancia ni pérdida. Sin embargo, en la semana 16, se observa que la curva del “valor actual” se mueve y se coloca por encima del “valor ganado”, lo que indica que el proyecto está empezando a gastar más de lo proyectado, lo cual se proyecta para el resto de las semanas hasta el término de la obra. Al final, el proyecto resultó con retraso en tiempo de ejecución, y con un sobrecosto significativo. Cabe resaltar que este gráfico comprueba lo que indicaba el control presupuestario, que los primeros meses se tenía una ganancia en tiempo y costo, y luego se terminó con una obra retrasada y con un costo final de ejecución por encima de lo planificado.

## 4.2 Resultados usando Gestión BIM

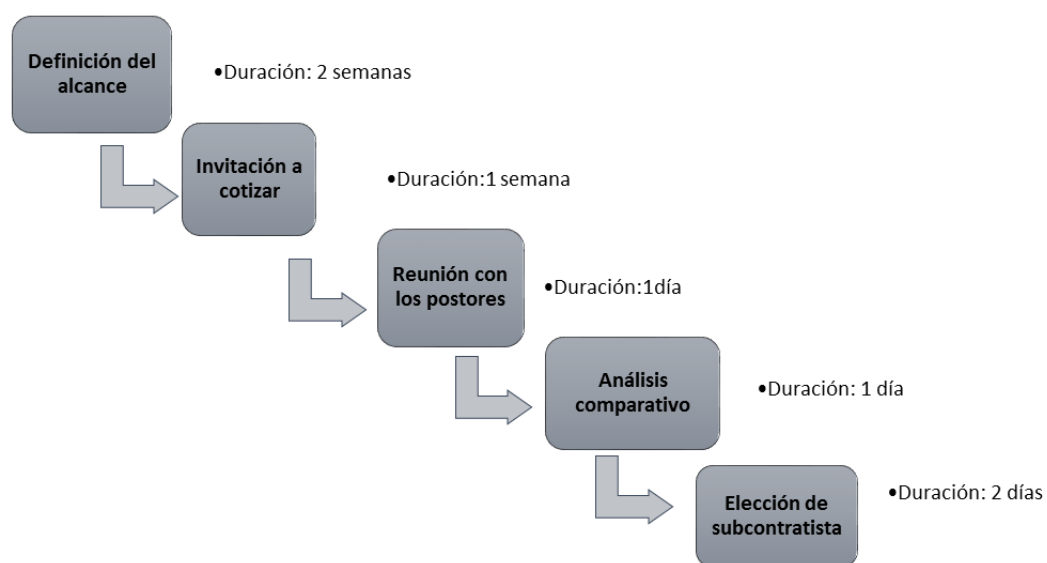
Este acápite consiste en mostrar los resultados logrados con el uso de Gestión BIM en la construcción de la Torre 2 del Condominio Paseo San Martín, que viene a ser una de las muestras de la presente investigación. Esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos líneas arriba con la metodología tradicional de construcción aplicada a la Torre 1 del Condominio Paseo San Martín.

El plazo contractual de ejecución de la Torre 2 también era de 210 días calendario, con un presupuesto de S/. **7,215,911.070** sin IGV y bajo la modalidad de contratación a suma alzada. No obstante, gracias al uso de algunas herramientas de la gestión BIM se logró respetar el plazo de obra contractual y al mismo tiempo se logró un presupuesto final de S/. **S/. 7, 197,996.55** sin IGV y sin contabilizar los costos por trabajos adicionales y deductivos.

### 4.2.1 Resultados del Control de Adquisiciones de Proveedores y Subcontratistas

Los procesos de adquisición de un producto o servicio bajo la Gestión BIM son los mismos procesos que los de la metodología tradicional de construcción, pero con la diferencia de que se desarrollan de una manera más eficiente y dinámica, involucrando a cada uno de los interesados, evitando así que surjan inconvenientes durante la ejecución del proyecto por falta de conocimiento del alcance del proyecto. Al igual que la metodología tradicional, ésta responsabilidad también se le es asignada al Ingeniero de Oficina Técnica dentro del grupo de obra, pero con la diferencia de que éste agente se encargará sólo de manejar la información que será

extraída por el “COORDINADOR BIM”, que es el encargado del manejo del modelo BIM y de transmitir la información del mismo a todo el equipo de obra. A continuación, se muestra el gráfico de los procesos de adquisición de proveedores y subcontratistas y la duración estimada de cada una de las fases con el uso de Gestión BIM. Estos datos fueron obtenidos de la construcción de la Torre II del condominio Paseo San Martín.



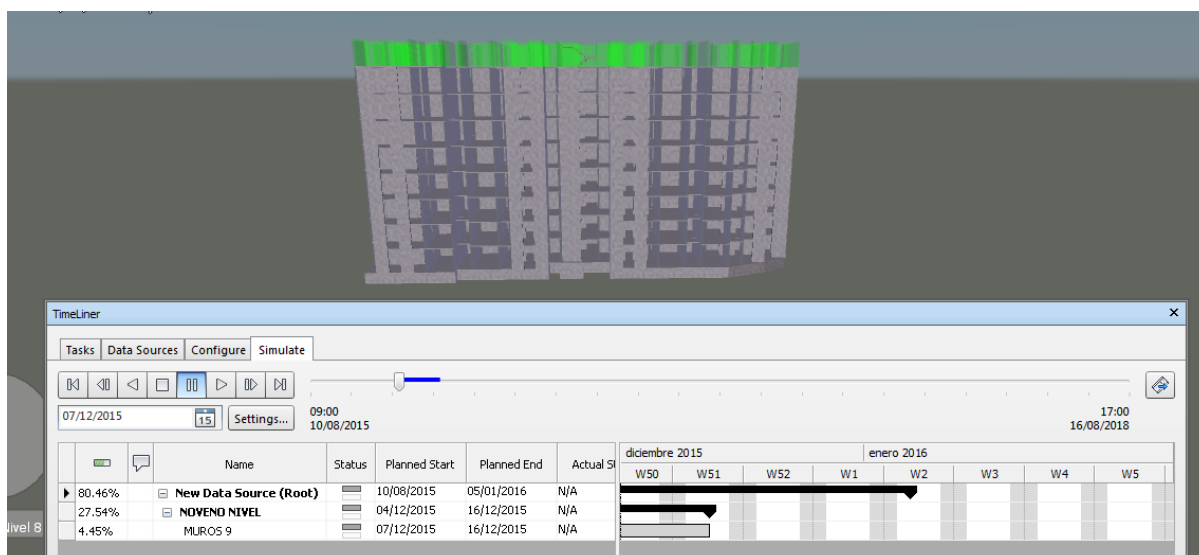
**Figura 35** Estimación de la duración de los procesos de adquisición de proveedores y subcontratistas para la construcción de la Torre II

**Fuente:** Creación Propia

#### **4.2.2 Control de Tiempos bajo la Gestión BIM**

Para el control de los tiempos de ejecución del proyecto bajo la Gestión BIM, también se hace uso de la metodología Lean Construction, al igual que en la metodología tradicional de construcción, sin embargo; con BIM estos procesos se realizan en menor tiempo y de una manera más gráfica, permitiendo que el equipo de producción pueda controlar a más detalle cada una de las partidas que conforman el proyecto. Para lograr esto, la información que se ingresó en el modelo BIM en REVIT® se exporta al software conocido como NAVISWORK® y desde ahí se puede procesar con mayor facilidad aquellos procesos que tienen que ver con la programación de obra. Cabe resaltar que éste modelo en el software NAVISWORK® puede ser usado por todo el equipo de obra, siendo los más interesados los ingenieros de producción. Esto significa que no es necesario que todo el equipo maneje correctamente el software REVIT®, sino que solo bastaría con saber manejar el software de visualización que vendría a ser el software conocido como NAVISWORK®. A continuación, se muestra el cronograma de obra enlazado con el modelo BIM, donde se puede visualizar en cualquier periodo de tiempo el estado en el que se encuentra la ejecución del proyecto, y dependiendo de ello determinar las medidas a tomar para cumplir con la programación planificada a tiempo real y de una forma dinámica.





**Figura 36** Planificación de Obra con BIM – Torre II Condominio Paseo San Martín

Fuente: Creación Propia

En la Fig. 36 se puede observar que en el software NAVISWORK® es posible importar la programación de la obra realizada anteriormente con el software MS PROJECT® y poder visualizar el proceso constructivo día a día. Por ejemplo, en la figura se muestra en color verde la ejecución de los muros de concreto del piso 9. Lo mismo se puede hacer para las demás especialidades, como por ejemplo para arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas. Se resalta que esta planificación en 4D también pudo ser usado para los informes semanales de programación de obra, reemplazando así al método de “MAPEO” que es usado en la construcción tradicional, el cual es un procedimiento que conlleva a un uso de horas hombre de ingeniero considerable.

Otra de las herramientas BIM que resulta vital para el control del tiempo, es la detección de interferencias, la cual consiste en la compatibilización de los planos de todas las especialidades correspondientes al proyecto con la finalidad de visualizar elementos que no guarden relación entre una y otra especialidad, por ejemplo: el cruce de recorridos de tuberías de IIEE y IISS, el cruce de tuberías por elementos de

concreto, la colocación de vanos en muros no existentes, etc. Para el caso de la construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín, se hizo un levantamiento de todas las interferencias del proyecto con el uso del software NAVISWORK®, el cual se muestra a continuación:

**Tabla 14**

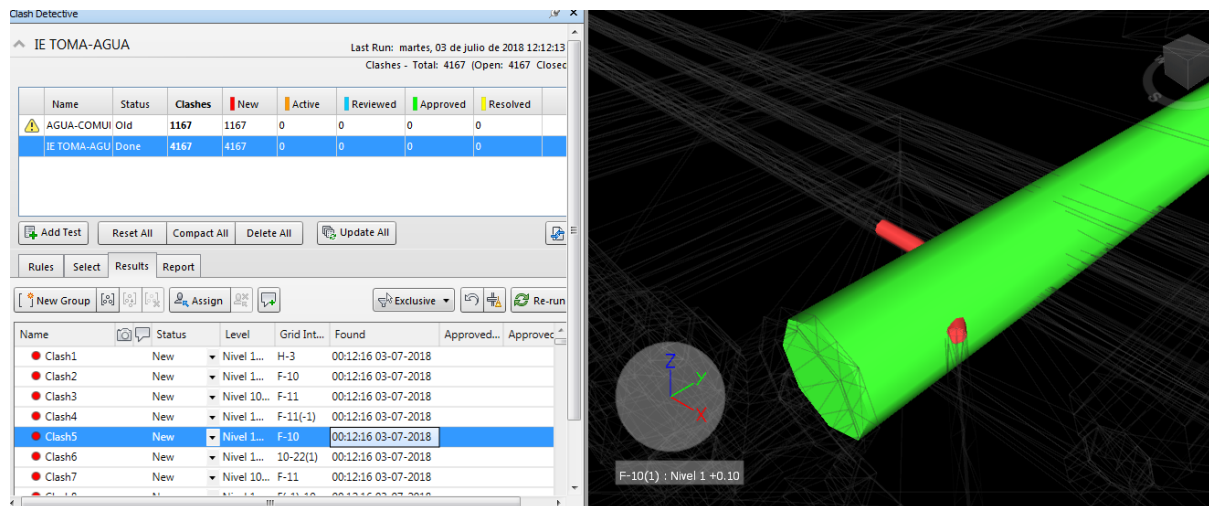
*Cantidad de interferencias detectadas con el software NAVISWORK® del proyecto de construcción de la Torre II*

ESPECIALIDADES	CANTIDAD
II.EE ALUMBRADO-AGUA	1176
II.EE TOMACORRIENTES-AGUA	1452
AGUA-DESAGÜE	456
ESTRUCTURAS-DESAGÜE	894

**Fuente:** Creación Propia

Si bien es cierto el número de interferencias es alto, muchas veces algunas de éstas se deben a errores de dibujo que no fueron detectados durante el modelado inicial, es por esta razón que se debe revisar cada interferencia para ir descartando aquellas que no involucran una modificación en campo. Por ejemplo, para este proyecto se detectó que el 30% del total de interferencias se debían a errores de modelado, y el resto se debía a interferencias existentes en campo, las cuáles al ser detectadas de manera anticipada pudieron ser solucionadas antes de ser ejecutadas en campo. Una interferencia no detectada a tiempo, involucra que, en el momento de su detección en campo, se gasten recursos que no han sido planificados y en muchos casos por la presión del tiempo se tomen decisiones que si bien es cierto resuelven el problema no contribuyen a mantener el gasto previsto para dicha partida. La responsabilidad de detección de interferencias puede ser asumida directamente por los ingenieros de producción, y resuelta por ellos en campo. Sin embargo; es

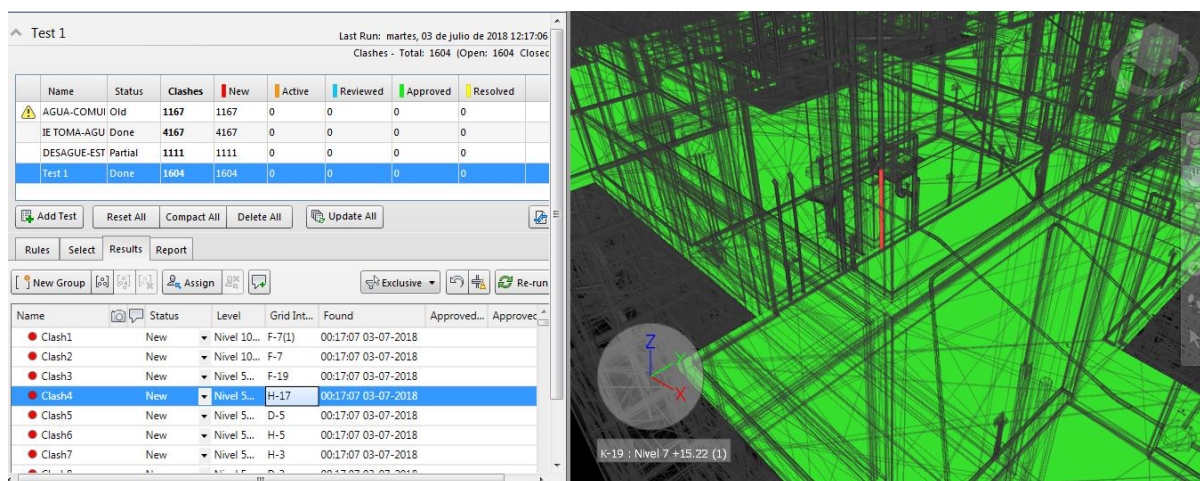
necesario que todos los cambios realizados sean comunicados al coordinador BIM, para que éste actualice los planos y pueda mantener el modelo BIM de acorde a lo ejecutado en campo, y de esta manera se facilita la generación de planos AS BUILT para el cierre de obra.



**Figura 37** Interferencia entre tubería eléctrica para tomacorriente y tubería para agua fría del proyecto: Construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín.

**Fuente:** Creación Propia

La solución a esta interferencia detectada con tiempo gracias a la Gestión BIM, fue la del cambio de inclinación de las tuberías de agua para evitar el cruce con la tubería de alumbrado, cuidando que se mantengan ambas conexiones dentro del espesor de la losa. Sin embargo, en la construcción de la Torre I lo que se ejecutó fue la de añadir una nueva conexión agregando accesorios para desviar el recorrido de la instalación de alumbrado. Dicha solución si bien es cierto solucionó el problema, también generó que los trabajos se paralicen por un tiempo corto y se incremente el costo de la partida al agregar accesorios nuevos y horas hombre no contempladas en el presupuesto.



**Figura 38** Interferencia entre losa de concreto y montante de ventilación del proyecto Construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín

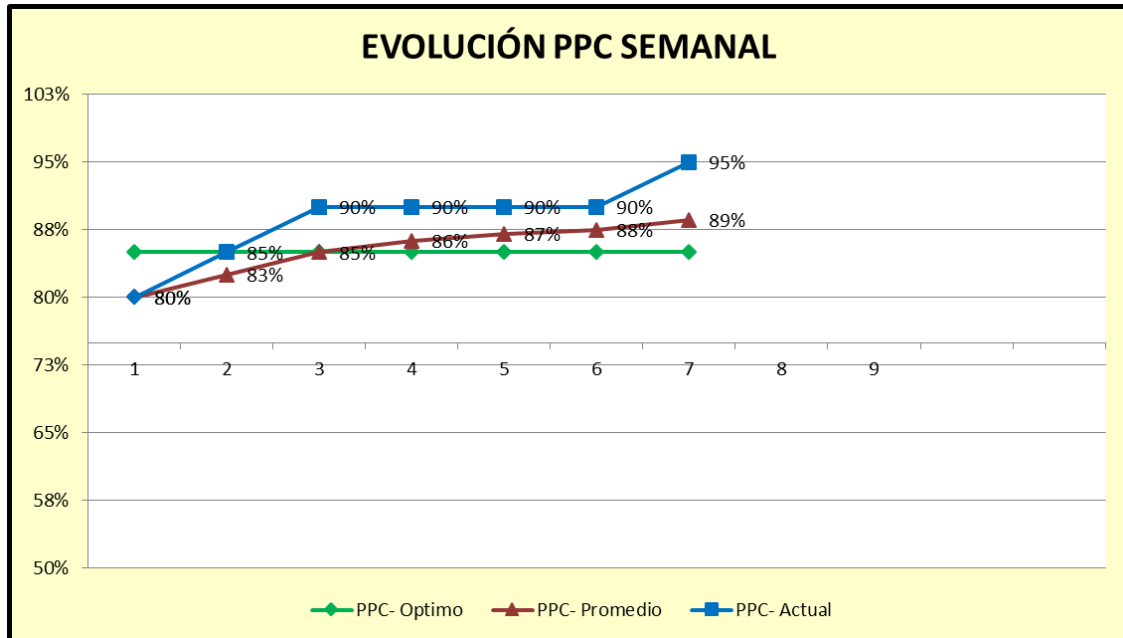
**Fuente:** Creación Propia

La solución a esta interferencia detectada con tiempo gracias a la Gestión BIM fue la de dejar un pase antes de los vaciados de losa con poliestireno expandido por donde iba a pasar la montante de ventilación y así ejecutar el ducto del montante posterior al vaciado. Sin embargo, en la construcción de la Torre I ésta interferencia no fue detectada a tiempo y los primeros niveles se vaciaron en su totalidad, teniendo que posteriormente picar para pasar la tubería de ventilación. Ésta interferencia se debe a que muchas veces en la metodología tradicional de construcción los planos de especialidades no se compatibilizan a detalle y son enviados como planos de construcción con varios errores, que por supuesto derivan en sobrecostos y sobretiempos. Y así como éstas si nos ponemos a analizar cada una de las interferencias encontraremos que la mejor solución sería detectarlas a tiempo y no cuando ya se tiene todos los recursos en campo listos para la ejecución de los trabajos.

Si observamos las causas de incumplimiento del PPC del proyecto de construcción de la Torre I bajo la metodología tradicional de construcción nos damos

cuenta que la principal causa fue la de errores de diseño, y es precisamente lo que se mejora con el uso de la gestión BIM. Por ejemplo, en la obra se programó el vaciado de la losa y muros del sector 1 del primer piso, siendo el metrado de concreto solicitado el que se obtenía al metrar los planos en formato AUTOCAD®, sin embargo, lo que sucedió fue que el metrado solicitado no era suficiente para completar el vaciado programado y se tuvo que terminar de vaciar al día siguiente junto con el sector 2. Esto ocasionó un retraso en el tren programado que se fue arrastrando hasta ocasionar un retraso en el resultado final de la semana. La diferencia de metrado se dio debido a que el plano de arquitectura mandaba un espesor de muro mayor al de estructuras, lo cual no fue detectado durante la compatibilización tradicional de planos. Otro caso que sucedía con mayor frecuencia, era la dilación de inicio de ciertas actividades a causa de que no se contaba con una definición por parte del cliente, éstas consultas se daban a través de los RFI's que como se mencionó tienen un tiempo de respuesta de 14 días como máximo, como por ejemplo se había presentado un RFI mencionando que en la platea había interferencia entre todas las instalaciones que iban embebidas y se solicitaba se apruebe un nuevo recorrido para evitar este problema. La respuesta demoró en llegar como 5 días y se retrasó el inicio del vaciado de los elementos de concreto. Y así como éstos casos se dieron varios a lo largo del proyecto. Para la construcción de la Torre 2, las cosas fueron distintas, ya que al usarse gestión BIM estos retrasos por errores en diseño disminuyeron, gracias a que con la gestión BIM el proceso de compatibilización de planos es instantánea y por ende la generación de consultas se realizaban el mismo día de hecha la compatibilización, dando tiempo al equipo de producción de anticiparse a éstos problemas y programar sus actividades de acuerdo a un análisis de las restricciones ya detectadas gracias al modelo BIM. Para un mejor análisis, se

presenta el PPC en la semana 7 del proyecto de Construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín (Torre II CPSM).




**Figura 39** Curva de evolución del porcentaje de cumplimiento del cronograma con la gestión BIM- Torre II CPSM.

**Fuente:** Creación propia.

Como se observa con el uso de gestión BIM se tendría un PPC por encima del óptico con corte a la semana 7, siendo las primeras semanas menores al porcentaje óptimo debido a las procuras, orden, y lo detectado en obra.

#### **4.2.3 Control Documentario bajo la Gestión BIM**


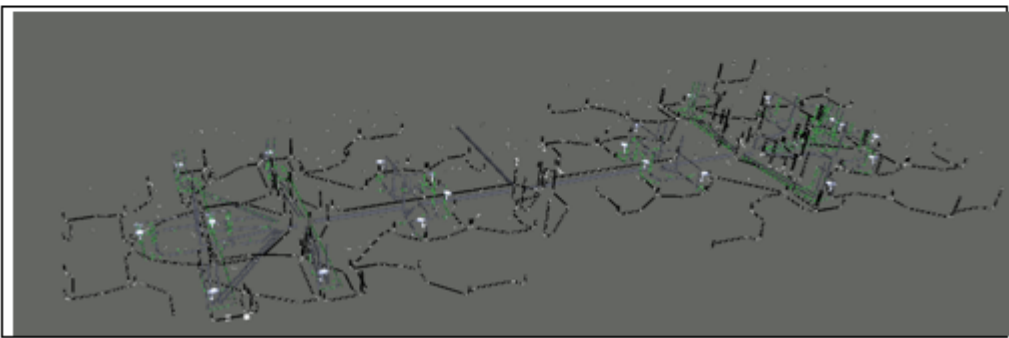
Como se mencionó en el punto **4.1.3** el proceso más importante del control documentario en obra es la de generación de RFI's (requerimientos de información). Tanto es así, que se convierte en una de las actividades que le toma más tiempo realizar al ingeniero de oficina técnica. Para entender mejor la generación de un RFI contempla primero la búsqueda de una interferencia en planos o falta de especificaciones entre los documentos técnicos, siendo el primero de éstos el que resulta más tedioso. Es por esto que mediante la Gestión BIM se logró disminuir el tiempo de generación de RFI's significativamente y mejor aún se disminuyó el tiempo de espera de respuesta de cada solicitud, puesto que éste sistema de gestión planteaba que durante las reuniones de obra con los "stakeholders" y con el uso del modelo BIM se puedan definir la solución a las interferencias obtenidas con el software NAVISWORK® y actualizar el modelo en tiempo real.

	<b>SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI)</b>		RFI N°: <b>014</b>
			Fecha: <b>24-ago-15</b>
<b>REVISIÓN:</b> 0			<b>ÁREA:</b> Torre 1 - Platos
<b>PLANOS./ESPEC. REF. :</b> Planos de Instalaciones diversas			<b>DISCIPLINA:</b> Instalaciones diversas
<b>PROPIETARIO:</b> INMOBILIARIA INARCO			<b>N° PROYECTO:</b> 512
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> Paseo San Martín			
<b>TÍTULO DEL REPORTE:</b> Reubicación de redes y tuberías en platos			
<b>PRIORIDAD:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Normal		<b>Fecha requerida:</b> 25-ago-15	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN</b>			
<p>Mediante referenciación se han superpuesto los planos de las diversas instalaciones del proyecto, observando que en muchos de los casos existen interferencias. Por este motivo se propone reubicar algunas redes.</p>			
<b>SOLUCIÓN PROPUESTA</b>			
<b>ORIGINADO POR:</b> Nataly Cavero Uribe			
Nombre		Firma	

**Figura 40** Ejemplo de RFI bajo la metodología tradicional-Torre I CPSP

**Fuente:** Constructora Inarco Perú S.A.C



	<b>SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI)</b>		<b>RFI N°:</b> <u>014</u>
			<b>Fecha:</b> <u>24-ago-15</u>
<b>REVISIÓN:</b> <u>0</u>	<b>ÁREA:</b> Torre 1- Platas		
<b>PLANOS./ESPEC. REF. :</b> Planos de Instalaciones diversas	<b>DISCIPLINA</b> Instalaciones diversas		
<b>PROPIETARIO:</b> INMOBILIARIA INARCO	<b>N° PROYECTO:</b> 512		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> Paseo San Martín			
<b>TÍTULO DEL REPORTE:</b> Reubicación de redes y tuberías en platas			
<b>PRIORIDAD:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Urgente	<input type="checkbox"/> Normal	<b>Fecha requerida:</b> <u>25-ago-15</u>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN</b>			
Mediante referenciación se han superpuesto los planos de las diversas instalaciones del proyecto, observando que en muchos de los casos existen interferencias. Por este motivo se propone reubicar algunas redes.			
<b>SUSTENTO GRÁFICO</b>			
			

**Figura 41** Propuesta de RFI bajo la Gestión BIM

**Fuente:** Constructora Inarco Perú S.A.C

Tanto la Fig. 39 como la Fig. 40 se tratan de un RFI con la misma consulta, que en este caso viene a ser la propuesta de reubicación de redes de instalaciones en la platea que ocasionan interferencias. En líneas generales ésta premisa puede ser entendida, sin embargo, para la absolución de la consulta será necesario la revisión de los planos de las distintas especialidades, lo cual conlleva tiempo. Lo que propone la gestión BIM es la generación de RFI usando gráficos en momento real, obtenidos del modelo BIM. De esta forma la supervisión podrá identificar de forma rápida la ubicación de la consulta y entender mejor el motivo de la consulta. Así mismo, con la gestión BIM se plantea usar un medio de comunicación que permita compartir los RFI's con los interesados de forma instantánea y que éstas sean respondidas con la misma prioridad. Actualmente existen varios programas que hacen posible este tipo

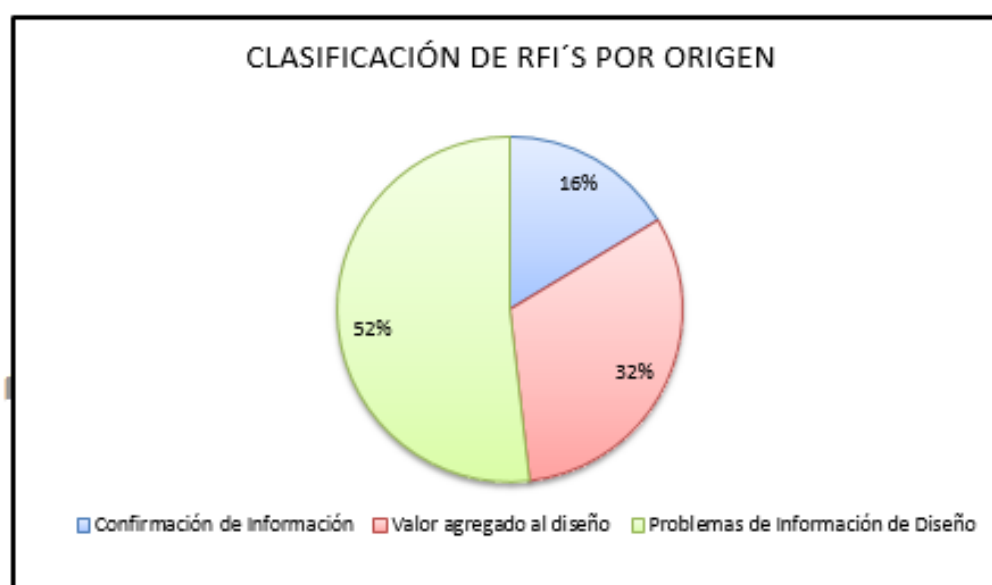
de comunicación. A continuación, se muestran los reportes gráficos de la solicitud de información (RFI) emitidas durante la construcción de la Torre II del condominio Paseo San Martín.

**Tabla 15**

*Clasificación de RFI's por origen del proyecto Torre II CPSM*

TIPO DE ORIGEN	CANTIDAD
Confirmación de Información	18
Valor agregado al diseño	35
Problemas de Información de Diseño	57

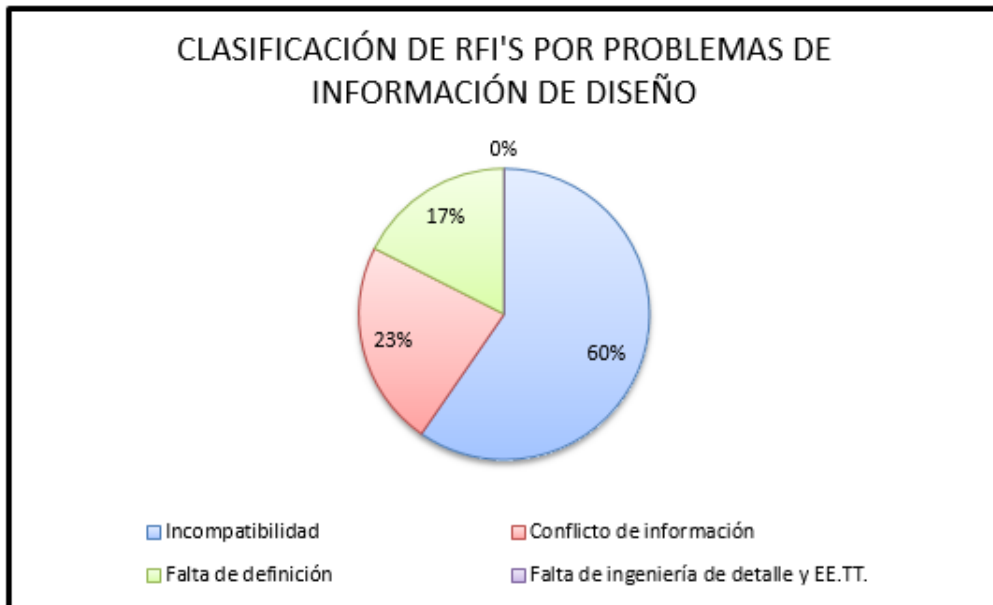
**Fuente:** Creación propia



**Figura 42** *Gráfico porcentual de la clasificación de RFI por origen-Torre II CPSM*

**Fuente:** Creación Propia.

Para éste proyecto se generó un total de 110 RFI's, siendo el más incidente el de origen por problemas de información de diseño, al igual de lo sucedido en la construcción de la Torre I del mismo condominio.



**Figura 43** Gráfico porcentual de RFI por problemas de diseño -Torre II CPSM

**Fuente:** Creación Propia

Para el proyecto de construcción de la Torre II se observa que del total de RFI's originados por problemas de información de diseño, el 60% pertenecía a incompatibilidades entre cada uno de los planos, en otras palabras, a interferencias.

#### 4.2.4 Control de Costos con la Gestión BIM

Una de las herramientas más usada en la ejecución de proyectos con BIM es el control de costos. El procedimiento es el mismo que el caso de la construcción tradicional, siendo la principal diferencia el tiempo que demora cada uno de los procesos y el grado de confiabilidad de los resultados. Esto se explica de la siguiente manera: como se sabe el modelo BIM es la representación virtual del edificio construido en su totalidad y que contiene toda la información que ha sido extraída de los planos contractuales con los que se adjudicó el proyecto. El procedimiento del control de costos inicio primero con la generación del presupuesto meta. Con la

metodología tradicional, este procedimiento se hacía a través del metrado de cada partida en un formato en MS EXCEL®, que dependiendo de la dificultad de cada partida tomaba un tiempo entre 3 a 5 días, mientras que con la gestión BIM lo que se hace es extraer esta información del modelo BIM, lo cual se hace en cuestión de segundos.

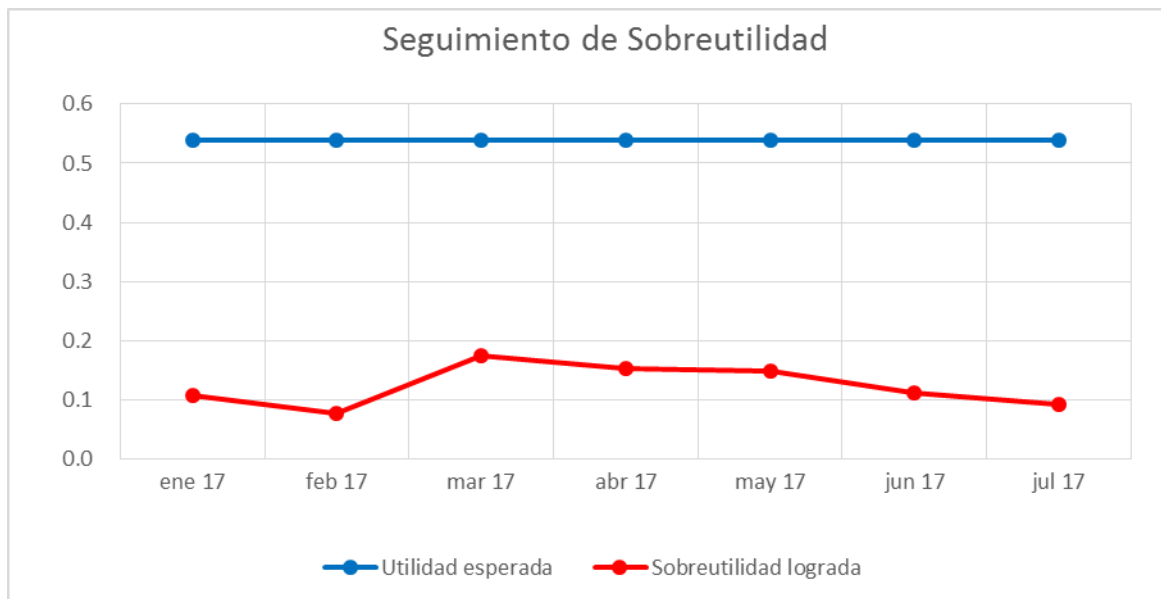
Para la construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín, AL igual que en la Torre I, se emitían semanalmente un informe de obra a gerencia con la curva S del proyecto, y así mismo se obtenía también el análisis del valor ganado de la semana en cuestión. Así mismo se mostraban los cuadros de valorizaciones al cliente, y periódicamente de manera mensual se emitía el control presupuestario donde se plasmaba los ingresos, egresos y proyecciones de la obra desde el inicio hasta el final proyectado. En este caso, el proyecto en mención mantuvo su utilidad, logrando inclusive un monto de sobreutilidad. Inicialmente la obra se vendió con un margen esperado de **9.29%**, es decir con una utilidad de **S/. 540,058**. A continuación, se muestra la variación éste margen mes a mes, extraído del control presupuestario del proyecto.

**Tabla 16**

*Control Presupuestario Mes a Mes de la Construcción de la Torre II CPSM*

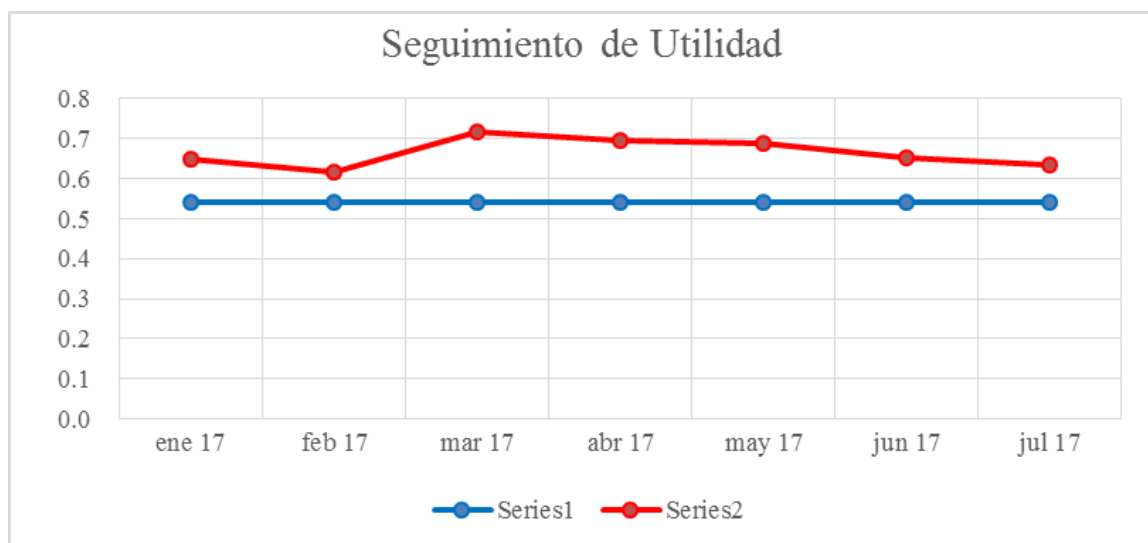
<b>Resultado de Obra</b>	<b>Utilidad Contrato</b>	<b>Utilidad a Término</b>	<b>Sobreutilidad</b>	<b>%Margen Esperado</b>	<b>%Margen Logrado</b>
ene 17	S/. 540,058	S/. 648,548	S/. 108,490	<b>9.29%</b>	<b>9.61%%</b>
feb 17	S/. 540,058	S/. 617,780	S/. 77,722	<b>9.29%</b>	<b>9.15%</b>
mar 17	S/. 540,058	S/. 715,622	S/. 175,564	<b>9.29%</b>	<b>10.60%</b>
abr 17	S/. 540,058	S/. 694,128	S/. 154,070	<b>9.29%</b>	<b>10.28%</b>
may 17	S/. 540,058	S/. 688,449	S/. 148,392	<b>9.29%</b>	<b>10.20%</b>
jun 17	S/. 540,058	S/. 652,601	S/. 112,543	<b>9.29%</b>	<b>9.67%</b>
jul 17	S/. 540,058	S/.632.842	S/. 92,784	<b>9.29%</b>	<b>9.37%</b>

Fuente: Creación Propia



**Figura 45** Variación de la sobreutilidad a lo largo de la obra de la Torre II

Fuente: Creación Propia.

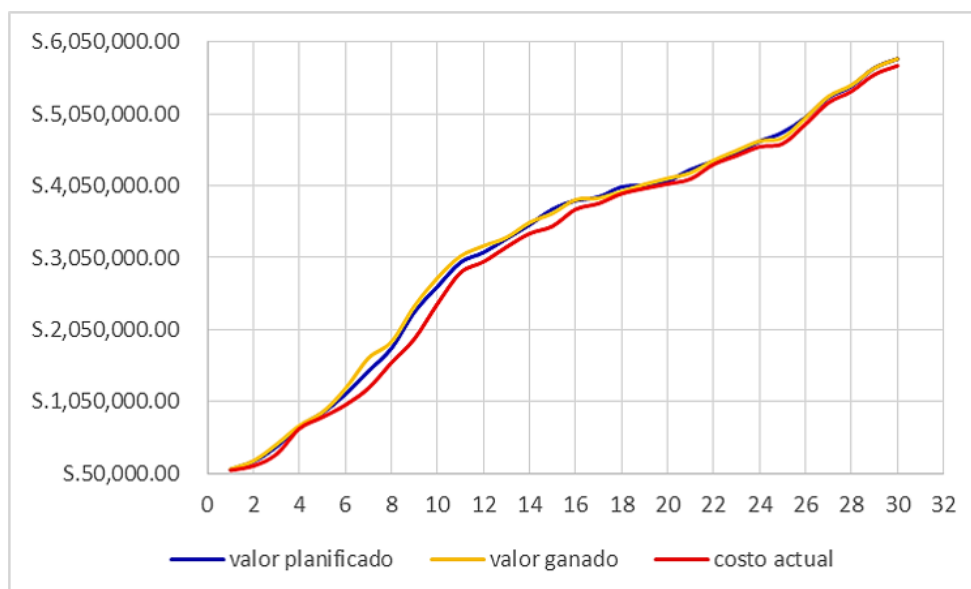


**Figura 44** Variación de la utilidad a lo largo de la obra de la Torre II

Fuente: Creación Propia.

Como se observa en las Fig. 44 y Fig. 45 se observa que tanto la utilidad como la sobreutilidad fueron variando a lo largo de los meses que duró el proyecto. Pero a diferencia de la construcción de la Torre I, la utilidad sí se mantuvo y se logró una

sobreutilidad significativa, acumulándose una utilidad lograda del **9.37%**, es decir se consiguió que el proyecto arrojé una ganancia adicional por gestión de **0.08%**. Esto se debió en gran porcentaje al uso de gestión BIM mes a mes, inicialmente la utilidad lograda era mayor porque se analizó un escenario optimista de ahorro en partidas que estaban ajustadas en el margen, y esos montos fueron afinándose en los últimos meses. Hay que recalcar que los resultados no solo favorecieron que el proyecto resulte más rentable, sino que también se pudo mantener el plazo de obra, para visualizar esto último se presenta el gráfico de valor ganado del proyecto de construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín.



**Figura 46** Curva de valor ganado del proyecto de Torre II CPSM

**Fuente:** Creación Propia.

Como se observa en la Fig. 46 las primeras semanas se mantenía el plazo proyectado, así como el costo proyectado, sin embargo; es en las semanas posteriores que se evidencia un ligero adelanto en plazo y ahorro en costo, esto debido a que la tendencia de la curva de valor ganado se encuentra por encima de la curva de valor planificado y costo actual. Con el paso de las semanas la curva de

valor ganado y valor planificado se van interponiendo, lo que indica que el plazo contractual del cronograma inicial se mantiene, es decir que el ritmo de trabajo fue el mismo de lo programado, evidenciado un adecuado control de los tiempos. Por otro lado, la curva de costo actual fue separándose de la curva de valor ganado, haciéndose cada vez más significativa la diferencia entre éstos, es decir hasta la semana 16 se estaba logrando un costo total menor a lo planificado. Éste margen fue disminuyendo en las siguientes semanas, lográndose al termino una diferencia en costo positivo.

### **4.3 Análisis de la Rentabilidad del Método Tradicional de Construcción versus el uso de Gestión BIM**

Se determinó la rentabilidad obtenida al construir la Torre I del Condominio Paseo San Martín con la metodología tradicional y se comparó con la rentabilidad obtenida al construir la Torre II del Condominio Paseo San Martín con el uso de Gestión BIM.

#### **4.3.1 Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto: Construcción de la Torre I del Condominio Paseo San Martín**

Para el cálculo de la rentabilidad se tomó el indicador de rentabilidad sobre ventas, que para un proyecto de construcción viene dada por la siguiente ecuación:

$$Rentabilidad\ sobre\ ventas = \frac{Presupuesto\ Venta - Presupuesto\ invertido}{Presupuesto\ invertido} \times 100$$

Estos datos lo sacamos del control presupuestario del proyecto de Torre I y se obtiene lo siguiente:

$$Rentabilidad\ Torre\ I = \frac{S/.6,612,790.56 - S/.6,884,131.80}{S/.6,884,131.80} \times 100$$

$$Rentabilidad\ Torre\ I = -3.94\%$$

#### 4.3.2 Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto: Construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín

Se debe tener en cuenta que para éste proyecto se tomó en cuenta el costo de implementación BIM, el cual se consideró dentro del “Presupuesto invertido”. La ecuación a utilizar es la misma que la aplicada para el caso de la Torre I.

$$Rentabilidad\ Torre\ II = \frac{S/.6,750,722.84 - S/.6,657,938.72}{S/.6,657,938.72} \times 100$$

$$Rentabilidad\ Torre\ II = 1.39\%$$

#### 4.4 Evaluación de las causas de ganancia y pérdidas por partidas de control

Con la finalidad de identificar la principal causa por las que se obtuvieron los porcentajes de rentabilidad tanto del proyecto de construcción de la Torre I como de la construcción de la Torre II del Condominio Paseo San Martín, se le asignó a cada ganancia un valor de 1 al 3 y a cada pérdida un valor del 4 al 6, que vienen a ser indicadores de las causas de ganancia o pérdida por partida de control. Estos valores representan los siguientes indicadores de causas:

- 1: Diferencia de metrados entre presupuesto venta y presupuesto real
- 2: Uso de gestión BIM
- 3: Gestión de cierre de subcontrato
- 4: Re trabajos por procedimientos mal ejecutados
- 5: Diferencia de metrados entre presupuesto venta y presupuesto real



6: Partidas no contempladas en el presupuesto y que no se consideran un adicional.



**Figura 48** *Causas de pérdida económica en partidas de control de la Torre I CPSM*



**Figura 47** *Causas de la ganancia económica en partidas de control de la torre II CPSM*

## CAPÍTULO V

### **5 DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Discusión de Resultados**

Como se sabe la industria de la construcción es tal vez la que presenta una mayor variabilidad en sus procesos, lo cual no permite determinar con antelación y exactitud si el resultado económico al término de cada proyecto será positivo. Es por esta razón que se vienen adoptando nuevos sistemas de gestión que contribuyan a eliminar aquellos procesos que no aportan valor al proyecto. Uno de éstos es la Gestión BIM (Building Information Modeling), por lo que en la presente investigación se buscó evaluar la rentabilidad económica del uso de éste nuevo sistema de gestión en la construcción de edificios multifamiliares dentro del distrito de San Martín de Porres. Para ello se escogieron 2 muestras, conformadas por 2 torres de 10 pisos cada una y con 80 departamentos en cada nivel, las cuáles fueron construidas entre los años 2015 y 2017. La primera torre conocida como “Torre I” se construyó usando la metodología tradicional y la segunda torre conocida como “Torre II” fue construida aplicando gestión BIM.

El presente estudio arroja como resultado principal que la rentabilidad final de la construcción de la Torre I fue de -3.94% y la rentabilidad final de la construcción de la Torre II fue de +1.39%, esto quiere decir que el resultado económico del proyecto de

la Torre I no fue el esperado, y que se consumió parte de la utilidad en la ejecución de los trabajos. En cambio, el resultado económico del proyecto de la Torre II superó las expectativas en un 1.39%, es decir se logró incrementar la utilidad del proyecto y por ende generó una mayor rentabilidad que la Torre I. Sin embargo; era necesario identificar las causas por las que se obtuvieron éstos resultados y así confirmar nuestra hipótesis general. Se determinó que la causa principal de pérdida de utilidad del proyecto de la Torre I fue la diferencia de metrados y precios unitarios entre las partidas del presupuesto venta y el presupuesto meta. Esto evidencia que durante la etapa de licitación existieron errores al momento de realizar el cálculo de los metrados, así como de colocar los precios unitarios, debido a que tal vez no se contó con el tiempo necesario para un adecuado estudio del proyecto o también debido a un error humano. En futuros proyectos, se recomienda que se revise bien la información sobretodo de aquellas partidas que son más incidentes en el costo del proyecto; una forma rápida de revisar es haciendo uso de ratios. La segunda causa de la pérdida de utilidad de la Torre I fue la ejecución de partidas que no estaban contempladas en el presupuesto. En este caso si fuesen partidas no indicadas en los planos se podría gestionar como un adicional, sin embargo; en este caso se trataba de partidas que si se mostraban en los planos pero que no fueron incluidas en el presupuesto durante la etapa de licitación. Al igual que el caso de los metrados y precios unitarios, se recomienda una revisión más a detalle de las partidas antes de la entrega al cliente. No obstante, también es probable que al pulir todo el presupuesto, éste no resulte competitivo frente a las demás ofertas y no se gane la buena pro de los proyectos.

Para el caso de la Torre II la principal causa del incremento en la utilidad del proyecto fue el uso de gestión BIM con un 52% seguido de la diferencia de metrados

y precios unitarios entre el presupuesto venta y el presupuesto meta con un 29%. Éste último no debería considerar algo positivo, debido a que a pesar de generar márgenes a favor, también es una evidencia de un estudio impreciso del proyecto durante la etapa de licitación. Bajo estos indicadores se visualiza la importancia de realizar un estudio de nuevos sistemas de gestión que mejoren los procesos de estudio del proyecto durante la etapa de licitación y así arrojar un presupuesto más real de lo que se ejecutará. Por otro lado, se obtuvo como resultado que las herramientas BIM que favorecen más al proyecto son el cálculo de metrados, la compatibilización de planos y la generación de planos As Built, debido a que son procesos que se calculan con un solo click, siempre en cuando el modelo haya sido correctamente dibujado. Si no se modela de acuerdo al proceso constructivo, es probable que los resultados que arroje el modelo no sean correctos.

Si bien es cierto se ha demostrado que el uso de gestión BIM genera mayor rentabilidad a los proyectos de viviendas multifamiliares dentro del distrito de San Martín de Porres, también es necesario indicar que durante la aplicación de éste sistema de gestión se observaron ciertas limitaciones, como el desconocimiento del tema entre los involucrados, pese a que habían sido capacitados en el manejo del software Naviswork, con lo que se evidencia lo importante de contar con un equipo de obra que tenga conocimientos básicos del software. Otra limitación importante es el tiempo que demora el modelado, por ejemplo, para el proyecto de la Torre II el tiempo de modelado con un solo personal fue de 2 semanas con horario corrido. En esas 2 semanas, se necesitaban metrados, detección de interferencias, etc. Que tuvieron que hacerse de la manera tradicional, debido a que aún el modelo no estaba culminado. Por esta razón, sería recomendable que el modelo se realice antes del

inicio de obra, por ejemplo, durante la semana que se redacta y firma el contrato de obra.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Bances & Falla, 2016) con respecto a que la implementación de la tecnología BIM es radical en la planificación y programación de un proyecto para mejorar su productividad, en este caso la eficiencia, debido a que reduce riesgos y dificultades de proceso constructivo en un futuro, y a la vez genera valor sin pérdidas. Esto se comprobó analizando los procesos de control de tiempo y costos bajo la metodología tradicional versus el uso de gestión BIM. Así mismo se refuerza lo indicado por (Viñas, 2015) quien señala que es de suma importancia que la contratista revise de forma temprana el proyecto antes de su construcción, ya que de no hacerlo, estas deficiencias podrían generar adicionales y un impacto en los plazos de entrega. Es decir, resulta importante se siga un control exhaustivo de los procesos que forman parte del estudio de un proyecto durante la etapa de licitación.

## **5.2 Conclusiones**

- Se ha determinado con la presente investigación que el uso de Gestión BIM mejora la rentabilidad final de la construcción de edificios multifamiliares de 10 pisos en el distrito de San Martín de Porres, lo cual beneficia no solo a las empresas constructoras, sino también a los futuros propietarios de los departamentos, ya que, al existir un ahorro en la construcción de las viviendas, también se amenan los costos del inmueble.
- Se concluye que las herramientas de Gestión BIM que se adaptan mejor a la construcción de edificios multifamiliares, son el cálculo de metrados, debido a que con el software empleado que es el REVIT® el cálculo de cantidades como

encofrado, concreto, y todo lo que es terminaciones se obtiene de manera inmediata y la información es más exacta ya que hablamos de un modelo que tiene las mismas características del edificio a construir. Otra herramienta es la de compatibilización de planos, ya que el software tiene un comando que detectan las interferencias de forma automática, por lo que no es necesario revisar plano por plano, como lo que sí se hace cuando se compatibiliza de la forma tradicional. Además, al tratarse de un modelo paramétrico, cada modificación que se haga en el plano de una especialidad, éstos cambios también se trasladan a las demás especialidades, lo que facilita el proceso de generación de planos As Built, la cual es otra de las herramientas de Gestión BIM más aprovechadas.

- Se ha encontrado con la presente investigación que al emplear la gestión BIM en la construcción de edificios multifamiliares, se pueden eliminar actividades que no aportan valor, y que abarcan un tiempo considerable de los ingenieros a cargo de esas funciones, y que gracias a la Gestión BIM se pueden realizar en cuestión de minutos. Éstas actividades que no aportan valor al proyecto son el cálculo de metrados usando AutoCAD® y Excel®, la identificación de posibles RFI's a través de la compatibilización de planos y la generación de planos As Built con el uso de AutoCAD®.
- Finalmente se concluye que con el uso de Gestión BIM en la construcción de proyectos multifamiliares de 10 pisos y que se ubiquen dentro del distrito de San Martín de Porres, se obtendrá un porcentaje de ahorro no menor al 1.39% del presupuesto venta total, por lo que se puede afirmar que los resultados de la presente investigación servirán para que los inversionistas, las inmobiliarias

y las constructoras tomen la decisión de implementar la Gestión BIM en sus futuros proyectos.

### 5.3 Recomendaciones

- Se recomienda que se implemente una metodología de revisión de presupuestos durante la etapa de licitación, con la finalidad de identificar aquellas partidas que presentan metrados erróneos, así mismo se recomienda que para el caso de los precios unitarios se realicen análisis con rendimientos reales y precios reales, y para el caso de subcontratos se cuente con la cotización de por lo menos tres empresas y con la ayuda de un cuadro comparativo pueda elegirse el monto a colocar en el presupuesto. Cabe resaltar que es necesario que toda la información que se procese en la etapa de licitación sea compartida con el equipo de obra.
- Se recomienda que la etapa de modelado del proyecto inicie lo más pronto posible, ya que es una actividad que toma tiempo, teniendo en cuenta que se debe modelar todas las especialidades que forman parte del proyecto. El momento más apropiado para iniciar con el modelado es durante la primera semana de adjudicado el proyecto, ya que por lo general durante la primera semana no hay producción y sólo se hace reconocimiento del terreno y firma del contrato.
- Se recomienda que, para obtener mejores resultados, el equipo de obra que se contrate deberá tener un conocimiento básico de lo que es la Gestión BIM.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se estudie la posibilidad de implementar Gestión BIM en el proceso de diseño del proyecto, así como durante la etapa de licitación, ya que al identificar la mayoría de las falencias

del proyecto y darle solución en estas etapas, se contaría con menos errores durante la etapa de construcción, evitando así los adicionales de obra y las posibles pérdidas económicas.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, F. (2011). Diseño y Construcción Virtual. *La Clase R Ejecutiva*, 1-4.

Alba, J. (2008). Método del Valor Ganado. *PPC TOTAL*, 3-6.

Alcantara, V. (2013). *Metodología Para Minimizar Las Deficiencias De Diseño basada en la Construcción Virtual usando BIM*. Obtenido de [http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Ingenieria20Civil/ROJAS,20P.20V.20A.20\(2013\).UNIVERSIDAD.pdf](http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria20Civil/ROJAS,20P.20V.20A.20(2013).UNIVERSIDAD.pdf)

Alonso, J. (2017). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Lobe. Construction*.

Bances, P., & Falla, S. (2016). *La tecnología BIM para el mejoramiento de la eficiencia del proyecto Multifamiliar "Los claveles" en Trujillo- Peru*. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2041>

Belletich, E. (16 de Abril de 2016). *Udep (hoy)*. Obtenido de Udep:<http://udep.edu.pe>

BIMcommunity. (14 de OCTUBRE de 2016). *MUNDO BIM*. Obtenido de <https://bimcommunity.com/news/load/269/bim-en-el-mundo>

Cerdán, A., Begoña, G., Hayas, R., & Lopez, J. (2016). Bim en 8 puntos, todo lo que necesitas saber sobre BIM. *es.BIM*, 1-13.

COMUNIDAD BIMCOMMUNITY. (24 de OCTUBRE de 2016). *BIMCOMMUNITY*.

Obtenido de BIMCOMMUNITY:

<https://www.bimcommunity.com/news/load/329/la-situacion-actual-del-bim-en-el-mundo>

Díaz, E. (2009). Del CAD al BIM II: la profundidad del cambio. *DECONSTRUMÁTICA online*, 1-3.

Duarte, N. (2014). *Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12691>

Espinoza, J., & Pacheco, R. (2014). *Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM*.

Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/332303>

KAIZEN Arquitectura e Ingeniería. (2015). *KAIZEN Arquitectura e Ingeniería*. Obtenido de <http://www.kaizenai.com/kaizen-arquitectura-ingenieria/>

Reynolds, J., & Gaspari, C. (1986). *Costo-Efectividad*. Wisconsin: PRICOR.

Ruiz, P. (2015). *Propuesta de técnicas y herramientas para optimizar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción*.

Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/handle/123456789/6432>

Sierra, L. (Mayo de 2016). *Gestión De Proyectos De Construcción Con Metodología BIM*. Bogotá, Bogotá, Colombia.

St Martín, R., & Fannon, D. (2010). *Gestión del Valor Ganado del Trabajo en Curso*. Centro del conocimiento del PMI, 1-5.

Taboada, J., Alcantara, V., & Lovera, D. (2011). *Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando*

tecnologías BIM. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 10-19.

Universidad Politécnica de Valencia. (2016). *BIN(UPV) Gestión de la Información de la Construcción BIM*. Obtenido de <http://mbim.blogs.upv.es/>

Viñas, V. (2015). *BIM, para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar*. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/596038>

WIKIPEDIA. (2018). *WIKIPEDIA, la enciclopedia libre*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit>

## 7 ANEXOS

**ESTRUCTURA DE PRESUPUESTO TORRE I**

TOTAL PROYECTO			PPTO REVISIÓN INMOBILI.
ITEM	ESPECIALIDAD		23/0
01	OBRAS PRELIMINARES		Sl.
02	ESTRUCTURAS		Sl.
2.1	TORRE 1		Sl.
2.2	CISTERNA		
2.3	OBRAS EXTERIORES		
03	ARQUITECTURA		Sl.
04	ACABADOS		Sl.
05	OBRAS EXTERIORES		
06	ESTACIONAMIENTOS (ARQUITECTURA)		
07	IISS		Sl.
08	IEE		Sl.
09	ACI		Sl.
10	DETECCION Y ALARMA		Sl.
11	HVAC (VENTILACION MECANICA)		Sl.
12	GAS		Sl.
13	INTERCOMUNICADORES		Sl.
14	ASCENSORES		Sl.
	<b>Total Costo Directo</b>		<b>Sl.</b>
	Gastos Generales (% C.D.)	%	Sl.
	Utilidad (% C.D.)	%	8 Sl.
	<b>Sub Total</b>		<b>Sl.</b>
	IGV		Sl.
	<b>Total</b>		<b>Sl.</b>

**ESTRUCTURA DE PRESUPUESTO TORRE II**

<b>Proyecto: Torre II Condominio Paseo San Martin</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>		<b>COSTO DIRECTO</b>	
01	OBRAS PRELIMINARES		S/.	910,564.92
02	ESTRUCTURAS		S/.	1,431,713.52
03	ARQUITECTURA		S/.	596,726.77
04	ACABADOS		S/.	1,254,472.74
05	IEE		S/.	528,139.87
06	IISS		S/.	503,946.82
07	ACI		S/.	123,119.99
08	DETECCION Y ALARMA		S/.	97,278.81
09	HVAC		S/.	58,817.86
10	GAS		S/.	97,366.52
11	INTERCOMUNICADORES		S/.	15,483.06
12	ASCENSORES		S/.	197,221.93
	<b>Total Costo Directo</b>		<b>S/.</b>	<b>5,814,852.80</b>
	Gastos Generales (% C.D %		S/.	935,870.04
	Utilidad (% C.D.)	% 8	S/.	465,188.22
	<b>Sub Total</b>		<b>S/.</b>	<b>7,215,911.07</b>
	IGV		S/.	1,298,863.99
	<b>Total</b>		<b>S/.</b>	<b>8,514,775.06</b>

### CÁLCULO DEL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN BIM

Descripción	Número de Meses	Cantidad	Und	P.U (Soles)	Total Soles	Incidencia
<b>Gastos Variables</b>						
<b>Gastos de Administracion de obra</b>						
Coordinador Bim	5.00	1.00	mes	S/. 2,500.00	12,500.00	53.63%
<b>Sub Total</b>					<b>12,500</b>	<b>53.63%</b>
<b>Equipos</b>						
Computadoras I7 RAM 8gb		7.00	und	500.00	3,500.00	15.02%
Software		1.00	glb	4,926.80	4,926.80	21.14%
<b>Sub Total</b>					<b>8,426.80</b>	<b>36.16%</b>
<b>Gastos Varios</b>						
Capacitación al staff	0.20	7.00	mes	1,700.00	2,380.00	10.21%
<b>Sub Total</b>					<b>2,380</b>	<b>10.21%</b>
<b>TOTAL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN</b>					<b>23,306.80</b>	<b>100%</b>

**CONTROL PRESUPUESTARIO TORRE I**

CC	Cuentas	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA		Total
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	
10101	CIERROS PROVISORIOS	16,734.84	0.00	10,456.90	0.00			6,277.94	0.00	6,277.94
10102	CONSTRUCCIONES PROVISORIAS	48,589.43	0.00	56,838.39	13,596.36			-8,248.97	-13,596.36	-21,845.32
10103	DEMOLICIONES Y TRABAJOS PREVIOS	153,937.10	0.00	169,574.08	0.00			-15,636.98	0.00	-15,636.98
10105	DESPEJE Y LIMPIEZA	28,174.00	31,107.12	35,221.46	103,424.32		3,100.00	-7,047.46	-75,417.20	-82,464.66
10108	EMPALME PROVISORIO ELECTRICO	80,900.00	32,256.00	97,575.32	29,409.14			-16,675.32	2,846.86	-13,828.47

CC	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA		Total
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	
10110	TRAZADO Y NIVELES	6,325.00	48,537.50	13,763.30	46,326.40			-7,438.30	2,211.10	-5,227.20
10204	EXCAVACION A MAQUINA	39,247.64	0.00	22,572.81	4,548.37			16,674.83	-4,548.37	12,126.46
10207	RELLENOS CONTROLADOS	50,264.62	0.00	26,995.42	0.00			23,269.20	0.00	23,269.20
10301	FIERRO PLATEA	46,927.17	14,097.13	1,073.18	11,315.11			45,853.99	2,782.02	48,636.02
10302	FIERRO LOSA MACIZA	147,156.57	44,206.68	18,707.88	32,230.01			128,448.69	11,976.66	140,425.36
10303	FIERRO MUROS Y COLUMNAS	196,691.59	59,087.28	10,630.35	46,885.49			186,061.24	12,201.79	198,263.03
10401	ENCOFRADO FUNDACIONES	4,516.25	8,009.13	3,275.70	4,927.30			1,240.56	3,081.82	4,322.38
10402	ENCOFRADO LOSA MACIZA	37,631.85	64,443.80	41,251.83	59,540.93			-3,619.98	4,902.87	1,282.89
10403	ENCOFRADO MUROS Y COLUMNAS	46,710.39	150,161.00	60,414.09	130,365.48			-13,703.71	19,795.53	6,091.82
10405	ENCOFRADO DE ESCALERA	1,134.89	3,126.47	716.95	3,085.50			417.94	40.97	458.91
10404	ESCALERAS PROVISIONALES Y ANDAMIOS EXTERIORES	14,924.00	13,976.00	23,692.15	14,009.32			-8,768.15	-33.32	-8,801.47
10501	CONCRETO PLATEA	85,215.03	8,173.44	78,016.96	5,366.89			7,198.07	2,806.55	10,004.62
10502	CONCRETO LOSA MACIZA	155,996.27	19,878.33	160,255.10	19,813.14			-4,258.84	65.19	-4,193.65
10503	CONCRETO MUROS Y COLUMNAS	225,510.00	30,381.66	242,420.92	27,562.37			-16,910.91	2,819.29	-14,091.62
10603	ESTUCO - SOLAQUEOS Y DERRAMES	49,910.51	201,797.87	72,536.10	132,810.57			-22,625.58	68,987.31	46,361.72



CC	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA		Total
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	
10605	NIVELACION DE PISOS EN DPTOS Y AREAS COMUNES	2,881.60	9,545.30	11,211.00	17,034.51			-8,329.40	-7,489.21	-15,818.61
10606	CONTRAPISO BRUÑADO EN ESCALERAS	1,125.60	4,746.24	1,888.99	6,639.83			-763.39	-1,893.59	-2,656.98
10701	ALBAÑILERIA ( tabiquería P7 y P10 ) - ALFEIZARES DE CONCRETO	92,269.16	116,325.98	121,222.98	131,966.88			-28,953.82	-15,640.90	-44,594.71
10702	ESTRUCTURA METALICA	20,830.40	0.00	15,900.00	0.00			4,930.40	0.00	4,930.40
20404	SUBCONTRATO DE ALUMINIO	147,398.57	0.00	139,016.65	1,138.87			8,381.92	-1,138.87	7,243.05
20502	PAPEL MURAL	101,407.95	0.00	105,355.95	1,010.36			-3,948.00	-1,010.36	-4,958.36
20701	PISO LAMINADO	150,857.68	0.00	155,587.25	0.00			-4,729.57	0.00	-4,729.57
20802	APARATOS SANITARIOS (Inc. Grifería)	79,240.98	0.00	83,002.36	387.88			-3,761.38	-387.88	-4,149.26
20902	REPARACION DE PISTAS Y VEREDAS	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
30103	GASTOS GENERALES - STAFF	1,000.00	588,592.87	1,000.00	508,405.83		13,046.57	0.00	67,140.46	67,140.46
30104	GASTOS GENERALES - CONSUMOS (Policías, Población, papelería, mobiliario, movildades, comunicaciones, impresoras, computadoras)	175,911.04	0.00	216,836.84	0.00	6,645.00		-47,570.80	0.00	-47,570.80
30202	SARDINELES (BAÑOS, CLOSETS)	6,059.97	5,834.85	2,699.27	6,107.14			3,360.70	-272.29	3,088.41
30203	PASTELERO	2,862.60	2,752.10	14,964.31	10,317.40			-12,101.71	-7,565.30	-19,667.01
30204	CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO EN FACHADA	612.45	1,988.20	897.52	2,853.05			-285.07	-864.85	-1,149.92
30206	SUBCONTRATO COLOC. CARPINTERIA ( PUERTAS DE MADERA Y PUERTAS CORTAFUEGO ) / TECHO SOL Y SOMBRA	233,171.71	0.00	279,365.16	560.79	12,700.00		-58,893.45	-560.79	-59,454.24

CC	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA		Total
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	
30207	SUBCONTRATO COLOC. CERAMICA	176,874.35	0.00	153,578.46	1,010.36			23,295.89	-1,010.36	22,285.53
30208	SUBCONTRATO COLOC. PINTURAS	127,552.92	0.00	122,224.57	2,055.30	7,737.49		-2,409.14	-2,055.30	-4,464.44
30211	SUBCONTRATO COLOC. DRYWALL	27,746.00	0.00	21,723.12	0.00			6,022.88	0.00	6,022.88
30213	SUBCONTRATO CIELORRASO ESCARCHADO	53,374.50	0.00	32,392.80	0.00			20,981.70	0.00	20,981.70
30216	SUBCONTRATO CARPINTERIA METALICA	26,625.00	0.00	21,941.50	0.00	24,922.00		-20,238.50	0.00	-20,238.50
40102	CONSUMOS (Agua y vigilancia)	87,427.20	0.00	121,621.05	23,294.22		1,800.00	-34,193.85	-25,094.22	-59,288.06
40103	FLETES	18,400.00	0.00	31,451.54	0.00			-13,051.54	0.00	-13,051.54
40104	COSTOS FINANCIEROS, SEGUROS Y BOLETAS	58,687.38	0.00	46,255.55	0.00			12,431.83	0.00	12,431.83
40106	ARRIENDO MAQ. Y EQUIPOS A TERCEROS	142,414.80	93,736.90	106,189.32	69,418.01	1,000.00		35,225.48	24,318.89	59,544.37
50101	AGUA Y ALCANTARILLADO -Torre 1	166,681.24	109,393.13	160,592.49	150,847.71			6,088.75	-41,454.58	-35,365.83
50102	AGUA Y ALCANTARILLADO - Obras Exteriores.	184,663.06	62,114.29	165,063.66	60,455.79			19,599.41	1,658.50	21,257.91
50201	SUBCONTRATO GAS LICUADO	97,366.52	0.00	97,366.40	0.00			0.12	0.00	0.12
50401	ELECTRICIDAD y CORRIENTES DÉBILES - Torre 1	314,701.71	137,815.51	296,952.77	135,498.41			17,748.95	2,317.10	20,066.05
50403	ELECTRICIDAD y CORRIENTES DÉBILES - Obras exteriores	142,824.03	54,814.95	65,601.92	58,987.39			77,222.10	-4,172.44	73,049.67
50402	SUBCONTRATO INTERCOMUNICADORES - Torre 1	17,236.14	0.00	16,949.14	0.00			287.00	0.00	287.00
50501	SUBCONTRATO INCENDIO - Torre 1	39,786.84	0.00	50,207.50	0.00			-10,420.66	0.00	-10,420.66
50503	SUBCONTRATO INCENDIO - Obras exteriores	95,431.36	0.00	80,087.90	0.00			15,343.46	0.00	15,343.46
50502	SUBCONTRATO ALARMAS Y SEGURIDAD - Torre 1	51,464.99	0.00	49,448.68	0.00			2,016.31	0.00	2,016.31
50504	SUBCONTRATO ALARMAS Y SEGURIDAD - Obras exteriores	16,802.35	0.00	15,158.27	0.00			1,644.08	0.00	1,644.08
50505	SEÑALÉTICA	3,276.00	0.00	920.72	0.00			2,355.28	0.00	2,355.28
50701	SUBCONTRATO VENTILACIÓN MECÁNICA - Torre 1	60,028.48	0.00	58,872.53	0.00			1,155.95	0.00	1,155.95

CC	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA		Total
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	
50702	SUBCONTRATO VENTILACIÓN MECÁNICA - Obras exteriores	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
50901	MUEBLES DE COCINA	25,268.80	0.00	23,987.20	0.00			1,281.60	0.00	1,281.60
51001	SUBCONTRATO ASCENSORES	197,221.93	0.00	195,148.48	0.00			2,073.45	0.00	2,073.45
80205	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD / SEÑALIZACION Y PROTECCION COLECTIVA	110,904.30	0.00	120,466.85	26,431.88			-9,562.55	-26,431.88	-35,994.44
20900	OBRAS EXTERIORES (REJAS, JARDINES, VEREDAS, CORTE Y RELLENO)	138,549.72	0.00	99,453.13	131,455.83	850.00	1,900.00	38,246.59	-133,355.83	-95,109.24

## CONTROL PRESUPUESTARIO TORRE II

CTAS	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA	
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra
10101	CIERRES PROVISORIOS	9,388.72	0.00	1,576.00		9,388.72	0.00	-1,576.00	0.00
10102	CONSTRUCCIONES PROV.	304,197.15	0.00	286,924.66	17,454.05	11,500.00	0.00	5,772.49	-17,454.05
10103	DEMOLICIONES Y TRABAJOS PREV	21,839.94	0.00	18,137.83		8,000.00	0.00	-4,297.89	0.00
10105	DESPEJE Y LIMPIEZA	85,656.65	0.00	52,205.07	18,066.17	27,652.68	6,165.12	5,798.90	-24,231.29
10106	EMPALME PROV. AGUA	24,427.20	0.00	9,404.87		10,460.00	0.00	4,562.33	0.00
10107	EMPALME PROV. ALCANT.	15,370.32	0.00	44,428.65		600.00	0.00	-29,658.33	0.00
10108	EMPALME PROV. ELECTRICO	57,985.00	33,734.40	29,787.52	14,393.28	15,800.00	7,462.20	12,397.48	11,878.92
10109	LETREROS (FLETES)	12,800.00	0.00	22,645.23		13,200.00	0.00	-23,045.23	0.00
10110	TRAZO Y NIVELES	8,050.00	61,775.00	24,320.68	52,884.55	0.00	6,582.00	-16,270.68	2,308.45
10111	RETIRO INSTALACIONES (GRUA, MINICARGADOR Y ELEVADOR)	191,117.23	55,315.00	81,252.30	30,791.95	50,340.00	0.00	59,524.93	24,523.05

CTAS	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA	
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra
10204	EXCAVACION A MAQUINA (TORRE2+SUM)	42,734.49	0.00	42,564.56	0.00	4,065.81	0.00	-3,895.88	0.00
10207	RELLENOS CONTROLADOS (TORRE 2 +SUM)	49,827.83	0.00	40,750.00	0.00	6,000.00	0.00	3,077.83	0.00
10301	FIERRO FUNDACIONES	39,665.41	14,229.74	23,311.24	12,904.91	0.00	0.00	16,354.17	1,324.83
10302	FIERRO LOSAS, VIGAS	138,784.18	49,788.05	104,306.78	50,384.60	0.00	4,500.00	34,477.40	-5,096.55
10303	FIERRO PILARES, MUROS	166,379.41	59,687.68	125,221.92	54,292.68	0.00	6,500.00	41,157.49	-1,105.00
10401	MOLDAJE FUNDACIONES	3,433.26	7,317.08	2,996.51	4,687.89	5,300.00	0.00	-4,863.25	2,629.19
10402	MOLDAJE LOSAS, VIGAS	62,210.62	70,041.21	54,958.43	73,233.03	14,187.00	8,100.00	-6,934.81	-11,291.82
10403	MOLDAJE PILARES, MUROS	58,254.03	175,208.70	77,032.74	158,053.24	0.00	5,400.00	-18,778.71	11,755.46
10501	HORMIGON FUNDACIONES (PLATEA+EXT+SUM)	91,851.13	15,728.86	66,798.41	10,082.52	0.00	9,000.00	25,052.72	-3,353.66
10502	HORMIGON LOSAS, VIGAS	159,295.30	20,563.44	190,947.95	25,610.35	0.00	0.00	-31,652.65	-5,046.91
10503	HORMIGON PILARES, MUROS	293,420.55	38,929.37	289,676.26	29,418.95	0.00	7,500.00	3,744.29	2,010.42
10804	IMPERM. LOSA	5,502.30	3,487.05	5,093.00	0.00	0.00	0.00	409.30	3,487.05
20404	SUBCONTRATO ALUMINIO	145,327.95	0.00	159,119.45		6,000.00	0.00	-19,791.50	0.00
20502	PAPEL MURAL	96,881.40	0.00	101,407.95		5,070.40	0.00	-9,596.95	0.00
20701	ALFOMBRAS Y SINTETICOS (LAMINADO)	157,672.94	0.00	123,097.75		30,262.25	0.00	4,312.94	0.00
20802	ARTEFACTOS SANITARIOS	100,062.48	0.00	93,196.96		2,571.50	0.00	4,294.02	0.00

CTAS	CUENTAS	PRESUPUESTO		GASTADO		PROYECCIONES		DIFERENCIA	
		Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra	Materiales	Mano Obra
20900	OBRAS EXTERIORES (REJAS, JARDINES, VEREDAS, CORTE Y RELLENO)	27,297.40	0.00	2,548.00		24,848.48	0.00	-99.08	0.00
20901	CIERRE EXTERIOR (INST. ELECT Y SANIT. EXTER.)	91,471.68	44,217.79	54,812.74	11,682.74	36,658.94	16,706.56	0.00	15,828.49
30103	MANO DE OBRA G.G	0.00	683,201.45	7,104.00	454,164.63	0.00	216,233.64	-7,104.00	12,803.18
30202	SUBCONTRATO COLOC. ALBANIL.	227,100.51	443,425.73	256,683.55	465,658.16	9,000.00	0.00	-38,583.04	-22,232.43
30206	SUBCONTRATO COLOC. CARPINT.	225,580.45	0.00	239,540.00		927.04	0.00	-14,886.59	0.00
30207	SUBCONTRATO COLOC. CERAMICA	172,667.03	0.00	173,977.43	4,069.08	5,881.37	4,176.64	-7,191.76	-8,245.72
30208	SUBCONTRATO COLOC. PINTURA	181,764.87	0.00	136,721.79	4,069.08	28,152.68	4,176.64	16,890.40	-8,245.72
30211	SUBCONTRATO COLOC. VOLCANITA	39,638.10	0.00	21,020.00		11,000.00	0.00	7,618.10	0.00
30216	SUBCONTRATO CARP. METALICA	209,515.71	0.00	168,618.01		19,395.00	0.00	21,502.70	0.00
40101	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	27,117.86	0.00	56,359.22		5,600.00	0.00	-34,841.36	0.00
40102	CONSUMOS	35,734.80	0.00	32,755.38		2,979.42	0.00	0.00	0.00
40104	COSTOS FINANCIEROS SEGUROS								
50101	SUBCONTRATO DE AGUA Y ALCANTARILLADO (TORRE 2)	199,613.43	133,075.62	159,827.85	120,358.53	5,000.00	20,883.20	34,785.58	-8,166.11
50401	SUBCONTRATO DE ELECTRICIDAD (TORRE2)	346,539.70	184,978.87	303,408.23	149,432.21	4,500.00	20,883.20	38,631.47	14,663.46
50402	SUB. CORRIENTES DEBILES Y TELEFONIA	15,483.06	0.00	15,185.12		0.00	0.00	297.94	0.00
50501	SUBCONTRATO INCENDIO	66,542.19	0.00	62,000.00		0.00	0.00	4,542.19	0.00
50502	SUBCONTRATO ALARMA Y SEGURIDAD (TORRE2)	49,332.47	0.00	24,017.52		3,000.00	0.00	22,314.95	0.00
50701	SUBCONTRATO CLIMATIZACION (TORRE2)	58,817.86	0.00	50,268.32		0.00	0.00	8,549.54	0.00
50201	SUBCONTRATO GAS LICUADO (TORRE2)	97,366.52	0.00	97,366.52		0.00	0.00	0.00	0.00
51001	SUBCONTRATO ASCENSORES(TORRE2)	197,221.93	0.00	200,880.97		0.00	0.00	-3,659.04	0.00

**REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE II**  
**DEL CONDOMINIO PASEO SAN MARTÍN**





