



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

BENEFICIOS DE LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS BIM EN EDIFICIOS HABITACIONALES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

FERNANDA PAZ GONZÁLEZ GUZMÁN

PROFESOR GUÍA:
CHRISTIAN ALEJANDRO FUENTES MANRÍQUEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ROBERTO ANTONIO ROJAS GUZMÁN
DAVID ALBERTO CAMPUSANO BROWN

SANTIAGO DE CHILE
2014

Resumen

El presente trabajo busca cuantificar los beneficios del uso de la metodología BIM, acrónimo de Building Information Modeling, en la coordinación de edificios habitacionales.

Para conseguirlo, se realiza, en primer lugar un análisis de la situación en Chile, aplicando una encuesta a distintos profesionales del área de la construcción y se compara con una encuesta realizada por CDT el año 2011.

Para el cálculo de los beneficios monetarios se seleccionarán cinco proyectos: tres proyectos coordinados con BIM y dos no coordinados, buscando que tengan características similares con el objetivo de realizar una mejor comparación.

La información de estos proyectos la suministrarán la Unidad de Coordinación de Proyectos BIM de IDIEM, para el caso de los proyectos coordinados y el Área de Inspección Técnica de IDIEM en el caso de los proyectos no coordinados.

En los proyectos coordinados se tienen los Requisitos de Información (RDI) y en los no coordinados las Obras Extraordinarias (OO.EE.). Tanto RDI como OO.EE. se clasificarán de dos maneras, la primera clasificación corresponde a Interferencias e Inconsistencias y la segunda clasificación corresponde a 9 categorías según el problema presentado y su complejidad de resolución, definidas por IDIEM.

Con el objetivo de que la diferencia en cantidad de proyectos coordinados con los no coordinados no afecte a los resultados, el ahorro se analiza cada 1000 m² logrando que los resultados sean comparables. Luego se realiza un análisis de los resultados de los dos tipos de clasificación.

En la evaluación de los beneficios se utiliza el indicador Retorno sobre la Inversión. Para el cálculo de éste se toman dos escenarios de costo de BIM; costo de implementación en empresa y costo de coordinación por consultora.

Finalmente se realizarán las conclusiones correspondientes.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia, en especial a mis padres por el apoyo y cariño incondicional durante todo este proceso de estudios. Por entenderme y ayudarme en todo momento. Por ser un pilar fundamental en mi vida y ser el mejor ejemplo que pude haber tenido.

A mis profesores Christian Fuentes, Roberto Rojas y David Campusano, por el apoyo, guía y paciencia durante esta etapa, entregando todo su conocimiento para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigas de primero que me acompañan hasta el día de hoy, gracias a las cuales el periodo universitario fue inolvidable. A mis amigos de civil por los años de estudio que pasamos juntos.

Finalmente a mis amigas del colegio que me motivaron a seguir adelante en todo momento y que a pesar de los años siguen estando presentes siempre que las necesito.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Motivación.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo General.....	2
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	2
1.3.	Metodología.....	2
2.	TECNOLOGÍA BIM, SU USO EN CHILE Y OTROS PAÍSES.	3
2.1.	Evolución de la tecnología de diseño.....	3
2.2.	Tecnología BIM.....	5
2.2.1.	Ventajas de BIM.....	6
2.3.	Efecto en la coordinación de proyectos.....	10
2.4.	Uso de BIM en otros países.....	13
2.5.	Uso de BIM en Chile.....	18
3.	SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO.....	25
3.1.	Selección y descripción de proyectos coordinados.....	26
3.1.1.	Proyecto 1.....	26
3.1.2.	Proyecto 2.....	27
3.1.3.	Proyecto 3.....	28
3.2.	Selección y descripción de proyectos no coordinados.....	29
3.2.1.	Proyecto 1.....	29
3.2.2.	Proyecto 2.....	30
4.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	31
4.1.	Clasificación RDI y OO.EE.	31
4.1.1.	Clasificación de RDI proyectos coordinados.....	33
4.1.2.	Clasificación de OO.EE. proyectos no coordinados.....	43
4.2.	Costo BIM.....	50
4.2.1.	Implementación.....	50
4.2.2.	Consultora.....	51
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	52

5.1.	Interferencias e Inconsistencias	52
5.2.	Categorías RDI y OO.EE.	55
5.3.	Evaluación de beneficios	57
6.	CONCLUSIONES	60
	Bibliografía.....	62
	Anexo 1	65
	Anexo 2	67

Índice de Tablas

Tabla 4.1: Descripción de categorías y costos según complejidad.....	32
Tabla 4.2: Categorías Proyecto 1 coordinado	35
Tabla 4.3: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado.....	33
Tabla 4.4: Categorías Proyecto 2 coordinado	38
Tabla 4.5: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado.....	36
Tabla 4.6: Categorías Proyecto 3 coordinado	41
Tabla 4.7: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado.....	39
Tabla 4.8: Categorías Proyecto 1 no coordinado	45
Tabla 4.9: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado.....	43
Tabla 4.10: Categorías Proyecto 2 no coordinado.....	48
Tabla 4.11: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado	46
Tabla 4.12: Costo Profesionales Proyecto 1 no coordinado.....	50
Tabla 4.13: Costo Profesionales Proyecto 2 no coordinado.....	50
Tabla 4.14: Costo Hardware proyectos no coordinados	50
Tabla 4.15: Costo Software proyectos no coordinados.....	51
Tabla 4.16: Costo Implementación BIM proyectos no coordinados [UF]	51
Tabla 4.17: Costo consultora BIM proyectos coordinados	51
Tabla 5.1: Comparación valores tabla de categorías con valores reales de Obras Extraordinarias.....	55
Tabla 5.2: Ahorros cada 1000m ² proyectos coordinados y no coordinados.....	57
Tabla 5.3: Ahorros netos proyectos coordinados y no coordinados.	58
Tabla 5.4: ROI proyectos coordinados y no coordinados	58
Tabla 5.5: ROI proyectos en el extranjero (GIEL, 2008)	59
Tabla 0.1: Clasificación OO.EE. proyecto 1 no coordinado	67
Tabla 0.2: Clasificación OO.EE. proyecto 2 no coordinado	78

Índice de Figuras

Figura 2.1: Diseño de forma manual (POMIERSKI, s.f.).....	3
Figura 2.2: Inicio diseño digital	3
Figura 2.3: Modelado de superficies y sólidos, modelo Sketchup (TRACEY, 2014)	4
Figura 2.4: Herramientas Paramétricas de modelación (DERYSH, 2014).....	4
Figura 2.5: Comunicación interdisciplinaria (DISPENZA, 2010).....	6
Figura 2.6: Detección de Interferencias (TROJAOLA & LISTE, 2012).....	7
Figura 2.7: BIM 4D (Anon., MR AS BUILT)	8
Figura 2.8: Proceso actual de coordinación (CARDET, 2011)	10
Figura 2.9: Proceso de coordinación con BIM (CAMPOS, 2009)	11
Figura 2.10: Dalí Museum (HOK, 2011).....	14
Figura 2.11: Escalera Dalí Museum (HOK, 2011)	15
Figura 2.12: Crusell Bridge (WSP, 2010)	15
Figura 2.13: Modelo BIM Crusell Bridge (TEKLA, 2009)	16
Figura 2.14: Derby Business Park (KOJA, 2012)	17
Figura 2.15: Modelo BIM Derby Business Park (TEKLA, 2012)	17
Figura 2.16: Modelo 3D Hospital Maipú (COORDINA, 2012).....	22
Figura 2.17: Modelo estructural Hospital La Florida (COORDINA, 2012).....	22
Figura 2.18: Modelo 3D Mall Center Concepción (BETANCOURT, 2011).....	23
Figura 2.19: Modelo BIM Mall Center Concepción (E & S, 2011).....	23
Figura 2.20: Modelo 3D Edificio Hermanos Amunátegui (SINERGÍA, 2012).....	24
Figura 2.21: Modelo BIM Edificio Hermanos Amunátegui (KUBIC, 2012).....	24
Figura 3.1: Proyecto 1 coordinado.....	26
Figura 3.2: Proyecto 2 coordinado	27
Figura 3.3: Proyecto 3 coordinado.....	28
Figura 3.4: Proyecto 1 no coordinado.....	29
Figura 3.5: Proyecto 2 no coordinado.....	30

Índice de Gráficos

Gráfico 2.1: Conocimiento de la Tecnología BIM.....	18
Gráfico 2.2: Porcentaje de encuestados que ha trabajado con BIM	19
Gráfico 2.3: Dificultades de trabajar con BIM.....	19
Gráfico 4.1: Categorías y costos Proyecto 1 coordinado	35
Gráfico 4.2: Porcentaje categorías Proyecto 1 coordinado	36
Gráfico 4.3: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado.....	34
Gráfico 4.4: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado	34
Gráfico 4.5: Categorías y costos Proyecto 2 coordinado	38
Gráfico 4.6: Porcentaje categorías Proyecto 2 coordinado	39
Gráfico 4.7: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado.....	37
Gráfico 4.8: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado	37
Gráfico 4.9: Categorías y costos Proyecto 3 coordinado	41
Gráfico 4.10: Porcentaje categorías Proyecto 3 coordinado.....	42
Gráfico 4.11: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado	40
Gráfico 4.12: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado.....	40
Gráfico 4.13: Categorías y costos Proyecto 1 no coordinado.....	45
Gráfico 4.14: Porcentaje categorías Proyecto 1 no coordinado.....	46
Gráfico 4.15: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 no coordinado	44
Gráfico 4.16: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 no coordinado	44
Gráfico 4.17: Categorías y costos Proyecto 2 no coordinado.....	48
Gráfico 4.18: Porcentaje categorías Proyecto 2 no coordinado.....	49
Gráfico 4.19: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado	47
Gráfico 4.20: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado	47
Gráfico 5.1: Comparación valores tabla de categorías.....	56
Gráfico 5.2: Interferencias e Inconsistencias proyectos coordinados	52
Gráfico 5.3: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias proyectos coordinados.....	53
Gráfico 5.4: Interferencias e Inconsistencias proyectos no coordinados	53
Gráfico 5.5: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias proyectos no coordinados.....	54
Gráfico 5.6: Diferencia ROI ambos escenarios de costo.....	58

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

La coordinación en proyectos de construcción puede llegar a ser parte fundamental en el éxito o fracaso de éste, debido a la creciente complejidad de las nuevas edificaciones, mayor competencia en el área y la necesidad de agregar el máximo valor al producto final, conocido como Lean Construction (Construcción sin Pérdidas). Esto último, a través de la eliminación de pérdidas y mejoramiento continuo durante la ejecución del proyecto. Sin embargo, en proyectos de edificios habitacionales no existe mucha experiencia que demuestre los beneficios. Por eso que se hace necesario verificar cuantitativamente los beneficios directos de la Coordinación de Proyectos con BIM en este tipo de construcciones.

Dentro de las diversas metodologías de coordinación de proyectos se encuentra BIM, acrónimo de Building Information Modeling. BIM es una tecnología y un proceso innovador que, entre otros beneficios, facilita la comunicación entre todos los actores del proceso constructivo. Se basa en la modelación 3D de la edificación, incorporando toda la información necesaria en todo su ciclo de vida. Entrega las herramientas necesarias para la detección temprana de posibles problemas en la etapa de la construcción y evita las diferencias de información gracias a la centralización de esta.

Según la encuesta realizada por CDT en año 2011, "Building Information Modeling (BIM): Experiencias y Desafíos", sólo un 10% del sector de la construcción en Chile ha trabajado con la tecnología BIM. Este bajo índice se debe al desconocimiento sobre el tema, incluyendo sus beneficios, lo que implica no adoptar metodologías innovadoras como esta.

Si bien se conocen algunas ventajas del uso de BIM en todas las etapas del proyecto mencionadas anteriormente, también se sabe que su implementación requiere de una inversión para la compra de software y capacitación de personal entre otros. Es por esto que se requiere una cuantificación real de los beneficios monetarios de la utilización de BIM.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Analizar el uso de la tecnología BIM en la coordinación de obras habitacionales en Chile.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar los beneficios de la coordinación BIM en algunos proyectos seleccionados.
- Comprobar el real beneficio de la utilización de BIM.

1.3. Metodología

- Investigar sobre la tecnología BIM, su uso en Chile y en el extranjero.
- Seleccionar los casos de estudio de edificios no coordinados y coordinados con BIM, de manera que el análisis no se vea afectado por factores externos a la coordinación.
- Estudiar clasificación de RDI (Requisitos de Información) encontradas durante el proceso de coordinación, realizado por la Unidad de Coordinación de Proyectos BIM de IDIEM, de los proyectos coordinados.
- Clasificar las OOEE (Obras Extraordinarias) presentadas en obra de los proyectos no coordinados.
- Calcular el costo de BIM en dos escenarios: implementación en empresa y coordinadora externa.
- Evaluar los beneficios a través del indicador ROI (Retorno sobre la Inversión).
- Elaborar informe final y conclusiones.

2. TECNOLOGÍA BIM, SU USO EN CHILE Y OTROS PAÍSES.

2.1. Evolución de la tecnología de diseño

En un principio, el modelamiento de edificios y el diseño de sus planos se realizaba de forma manual. Es por esto que la aparición de las tecnologías CAD (“Computer Aided Design”, “Dibujo asistido por ordenador”) fue un gran avance para la industria. Se inició así la generación de planos de manera digital con grandes ventajas sobre el dibujo a mano; la creación y actualización de estos se realizaba de manera más rápida y de forma digital. Pero a medida que la complejidad de los proyectos de construcción fue creciendo, estas herramientas no resultaban del todo satisfactorias frente a las nuevas necesidades exigidas por el mercado.



Figura 2.1: Diseño de forma manual (POMIERSKI, s.f.)



Figura 2.2: Inicio diseño digital

Debido a esta necesidad se fueron actualizando estas herramientas. Inicialmente, se utilizaba una geometría basada en coordenadas explícitas, que implicaban mucho tiempo de trabajo y alta probabilidad de cometer errores, luego se añadieron representaciones de elementos de diseño y modeladores de superficie y sólidos, logrando modelos más completos y permitiendo diseñar formas más complejas. Aun con esto avances

continuaba existiendo la dificultad de editar, actualizar y extraer información de los modelos.

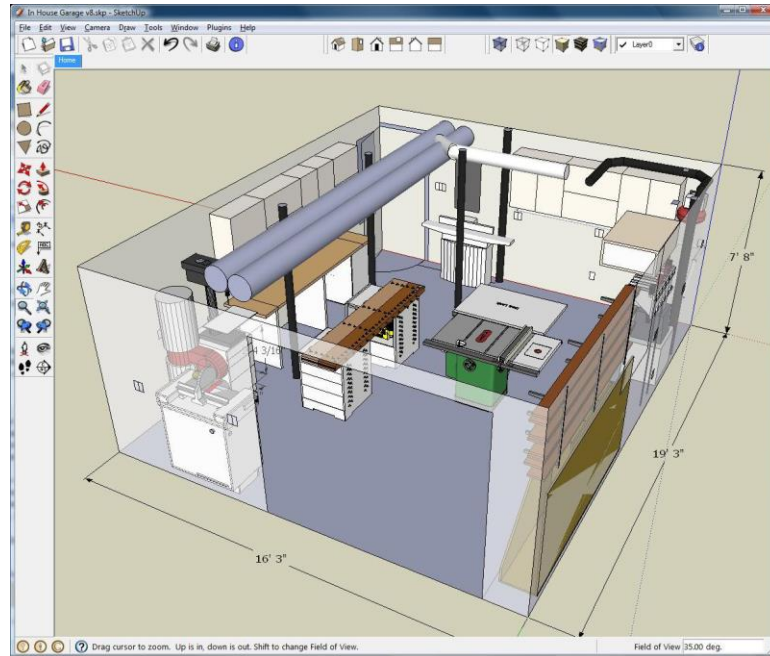


Figura 2.3: Modelado de superficies y sólidos, modelo Sketchup (TRACEY, 2014)

Finalmente, se crearon las herramientas paramétricas de modelación, las que tal como indica su nombre, determinaban a través de parámetros el comportamiento de los elementos y permitía crear una relación entre ellos. Esto posibilitó que el editar, actualizar y extraer vistas del modelo fuera un proceso más fácil y rápido.

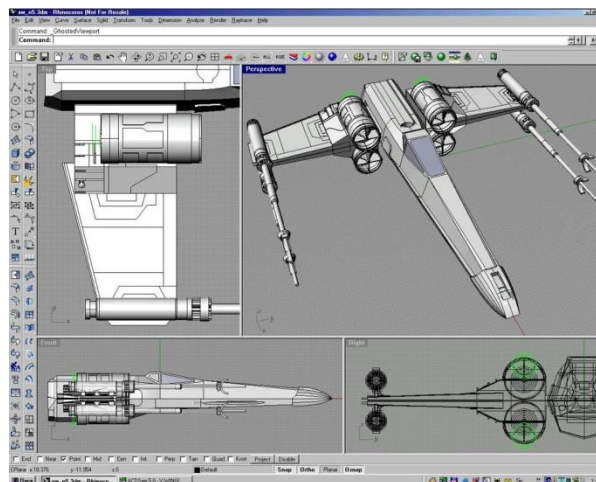


Figura 2.4: Herramientas Paramétricas de modelación (DERYSH, 2014)

2.2. Tecnología BIM

Como ya se señaló en la motivación, Building Information Modeling se basa en modelar la edificación incorporando toda la información requerida. Y aunque existen variadas definiciones y enfoques de BIM, todos apuntan a lo mismo: mejorar la gestión de proyectos utilizando un modelado virtual inteligente.

El concepto BIM ha existido desde los años 70, siendo utilizado por primera vez por el arquitecto Phil Bernstein. Tiempo después, Jerry Laiserin popularizó el concepto, adoptado por diferentes empresas con distintos nombres (VEILLETTE, 2012). La primera implementación de BIM fue realizada por Graphisoft a través de su software ArchiCAD el año 1987.

Actualmente, en la planificación y coordinación de proyectos se utilizan diferentes documentos (Carta Gantt, planos 2D, etc.) entregados por las variadas disciplinas participantes. Esta información es analizada separadamente de manera visual lo que no garantiza la detección de todas las posibles interferencias o conflictos.

Hasta el momento la tecnología CAD ha sido utilizada para la creación de modelos 2D y 3D, incluyendo sólo material gráfico. BIM incorpora información, no gráfica, de otras áreas de trabajo relevantes logrando que un sólo modelo sea capaz de contener toda la información necesaria del proyecto.

Además de la información no gráfica, otra de las características de esta tecnología es el grado de "inteligencia" que posee, dada por el Diseño Paramétrico, con el que elementos que antes eran representados por propiedades fijas (largo, ancho y alto) ahora se caracterizan por parámetros y reglas que determinan la geometría del edificio y algunas propiedades no geométricas. Junto al rasgo recién descrito, figura también la Bidireccionalidad Asociativa, la que permite la actualización de todas las vistas 2D al realizar un cambio en la etapa de diseño, eliminando todas las posibles inconsistencias entre planos.

2.2.1. Ventajas de BIM

A continuación se describen ventajas de BIM sobre otros modelos de diseño y construcción:

- **Comunicación:** Mejora la comunicación y coordinación interdisciplinaria del proyecto (Figura 2.5: Comunicación interdisciplinaria), incluyendo al cliente, a través de la visualización y acceso simultáneo a la información relevante de los participantes del proyecto. Esto permite la distribución de los proyectos de diferentes especialidades en distintas ciudades e incluso países. Otro aspecto importante de este punto es la comunicación con los trabajadores, ya que gracias al alto nivel de detalle al que se puede llegar con esta tecnología es posible dar a entender de manera fácil lo que se quiere lograr tanto a obreros, fabricantes como subcontratistas.

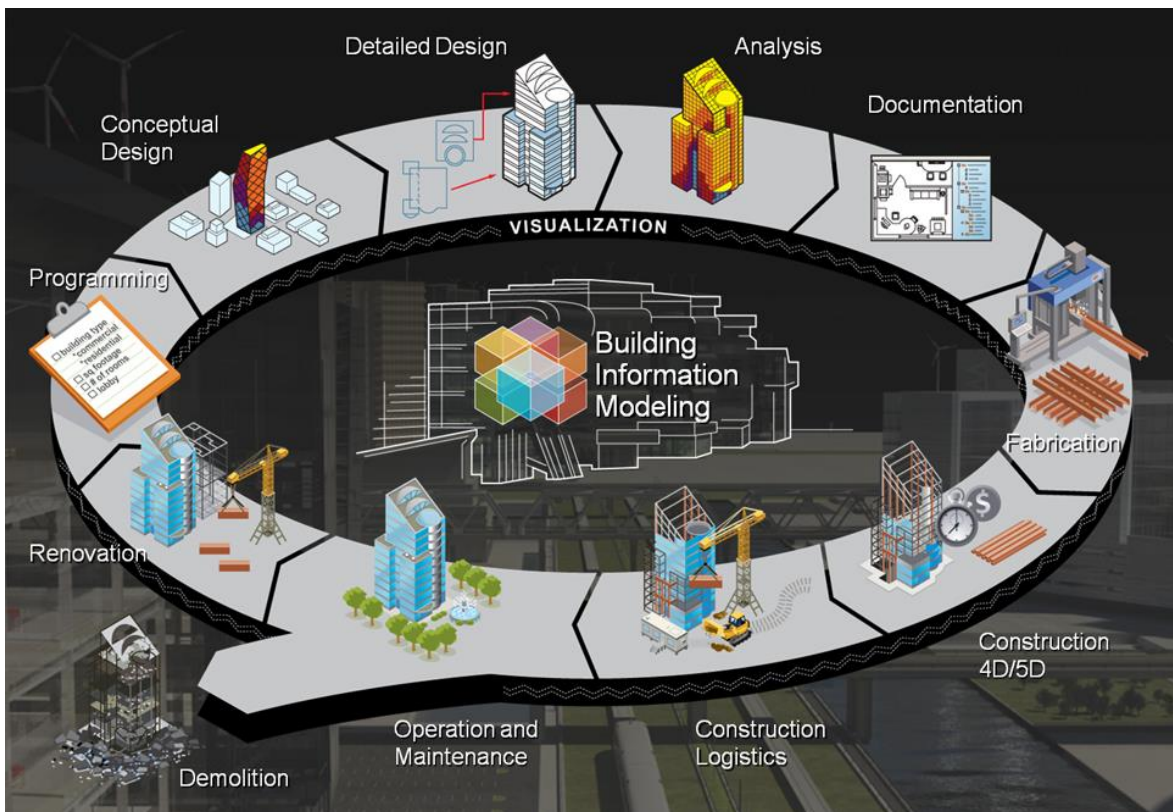


Figura 2.5: Comunicación interdisciplinaria (DISPENZA, 2010)

- **Detección de interferencias:** Es uno de los principales usos de la tecnología BIM. Detecta y soluciona interferencias en la etapa de diseño (Figura 2.6: Detección de Interferencias , evitando encontrarse con estas durante la etapa de construcción. Gracias a esta

característica se reduce el número de OOOE (Obras Extraordinarias), aumentando la productividad y disminuyendo los costos de construcción.

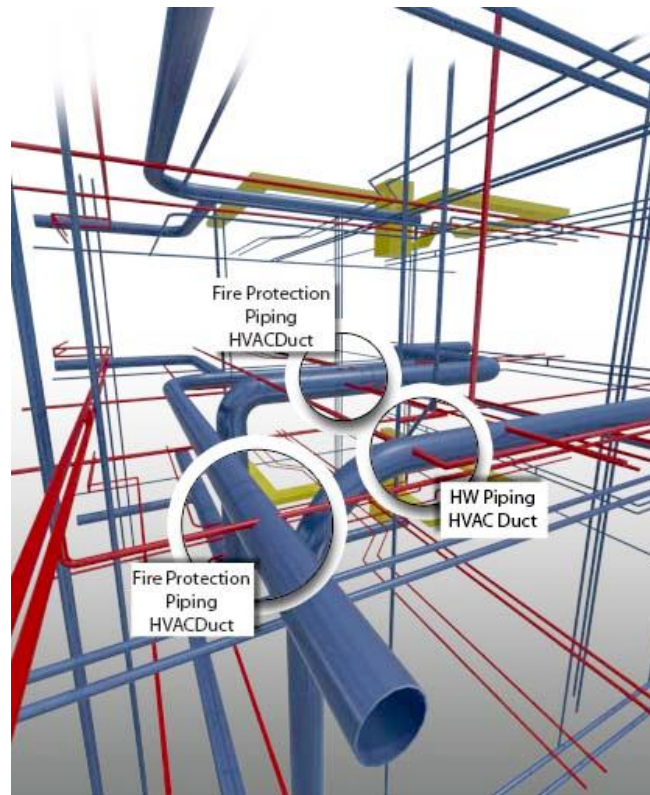


Figura 2.6: Detección de Interferencias (TROJAOLA & LISTE, 2012)

- **Programación 4D:** Permite visualizar la secuencia constructiva del proyecto digitalmente, analizando diversas alternativas y buscando la manera más eficiente de llevar a cabo la construcción. Esto se consigue implementando variables como el tiempo de construcción, logrando una programación 4D y costo llegando a una programación 5D. Este tipo de programación permite detectar errores en etapas previas a la construcción consiguiendo una disminución en el costo y tiempo, y permite la optimización de recursos como moldajes, grúas, etc. En la figura 2.3 se muestra un modelo 3D vinculado a la programación de la obra, consiguiendo un modelo 4D.



Figura 2.7: BIM 4D (Anon., MR AS BUILT)

- **Sustentabilidad:** BIM permite vincular el modelo a un software de análisis energético para evaluar el consumo de energía. De esta manera es posible ver las deficiencias del proyecto y permite realizar modificaciones sometidas a una simulación para calcular su impacto. Logrando una eficiencia energética, de uso de agua y luminosidad.
- **Cubicación:** El modelo permite la cubicación de materiales y la posibilidad de vinculación con herramientas de estimación de costos. Al realizar cualquier cambio en el modelo se podrá analizar los costos que involucra.
- **Prefabricación:** Permite la prefabricación de elementos de hormigón, elementos de muro cortina y marcos de acero entre otros, lo que lleva a una reducción de costos y tiempo. Además generalmente los componentes fabricados en ambientes controlados y utilizando maquinaria especial, son de mejor calidad que los construidos en el lugar que se necesitan.

- **Marketing:** Gracias a la fácil extracción de planos e imágenes o animaciones 3D del modelo BIM, estas pueden ser utilizadas para ser mostradas a los clientes o público objetivo del proyecto, los cuales no tienen conocimiento técnico por lo tanto las herramientas de diseño externo de BIM como iluminación, textura y otros detalles son de gran utilidad.
- **Información centralizada:** Debido a la existencia de un modelo único se evita la existencia de diferentes versiones de un mismo proyecto. Así el riesgo de errores provocados por este factor, disminuye.

2.3. Efecto en la coordinación de proyectos

Según la encuesta "Diagnóstico de la Situación actual de la coordinación de proyectos en Chile" realizada el año 2011 por la CDT, los resultados con respecto a la coordinación de proyectos son los siguientes:

- Un 36,4% califica con nota 7 la importancia de una entidad coordinadora de proyectos para el desarrollo de estos y un 38,6% con nota 6 (1 a 7).
- Más de un 90% de los encuestados califica la importancia de la coordinación de proyectos con nota sobre 6 (1 a 7).

Se puede apreciar que para todos los participantes de los proyectos es muy relevante la coordinación de estos y que exista una entidad encargada de ello. Es por esto que el uso de BIM como herramienta de coordinación entre especialidades puede generar variados beneficios a los proyectos.

Actualmente la coordinación de proyectos se realiza, por lo general, en las oficinas de arquitectura de manera visual; es decir, a través de la comparación de planos de diferentes especialidades, proceso en cual es difícil que se detecten todos los problemas en etapas previas a la construcción (Figura 2.8: Proceso actual de coordinación).

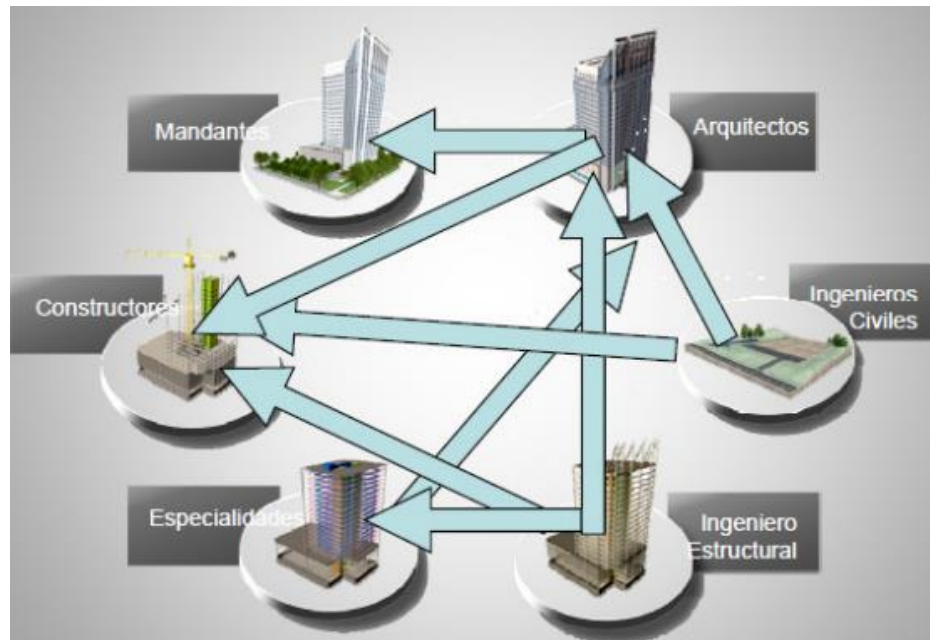


Figura 2.8: Proceso actual de coordinación (CARDET, 2011)

Es en este proceso de coordinación en el cual se ven los mayores beneficios del uso de BIM gracias a la base única de información de arquitectura y especialidades (cálculo, electricidad, etc.), generando un modelo único y así un lenguaje común de trabajo, logrando que todos los involucrados puedan interactuar entre sí y reflejando en el modelo cualquier cambio que se realice en las diferentes áreas de trabajo (Figura 2.9: Proceso de coordinación con BIM).



Figura 2.9: Proceso de coordinación con BIM (CAMPOS, 2009)

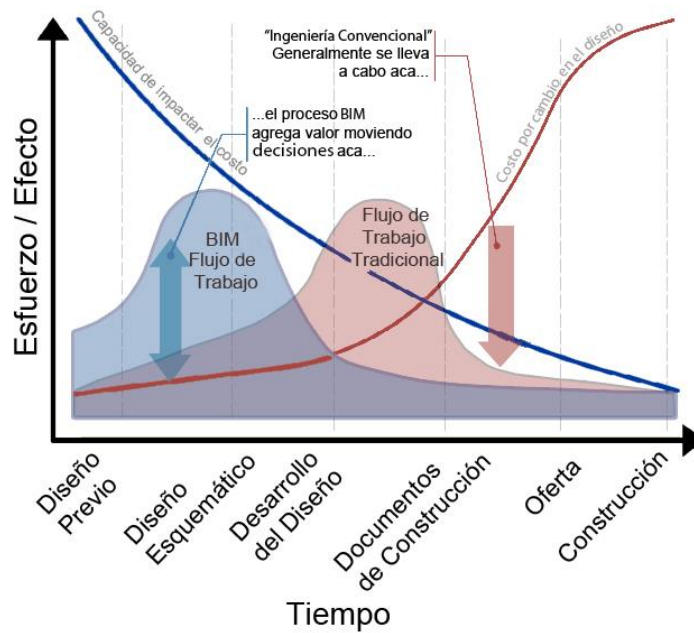
Es importante que esta coordinación se realice en etapas tempranas del proyecto, idealmente al inicio de este. En la actualidad, se ejecuta una vez que todas las especialidades estén terminadas logrando detección de problemas solo antes de la construcción.

Como se observa en el siguiente gráfico (Gráfico 2.1: Curva MacLeamy) la habilidad de impactar en el costo del proyecto disminuye a medida que éste avanza (curva azul), a su vez al realizar algún cambio en la etapa de diseño el costo aumenta a medida que se acerca a la etapa de construcción (curva roja). En la ingeniería convencional (área roja) la coordinación se realiza

generalmente en la etapa de documentación, y con BIM (área azul) en la etapa de diseño.

Es decir, con BIM se puede impactar en mayor cantidad de manera positiva en el costo del proyecto y evitar costos altos por cambios en el diseño en etapas cercanas a la construcción.

Gráfico 2.1: Curva MacLeamy (ANDERSON, s.f.)



2.4. Uso de BIM en otros países

El conocimiento de la tecnología BIM en otros países es mayor al de Chile y por lo mismo se usa en mayor cantidad. Dentro de los países líderes de la tecnología BIM están Finlandia, Noruega, Singapur y Estados Unidos, gracias al soporte e iniciativas privadas y gubernamentales asociadas al desarrollo de la industria de la construcción.

En Finlandia, estas acciones se ven reflejadas en la fuerte inversión pública para la investigación de nuevas tecnologías desde los años 70. Además desde el año 2001 se han llevado a cabo una serie de proyectos pilotos para el desarrollo y estudio de BIM en la construcción (JUHOLA, 2011).

En Noruega, Statsbygg, entidad del gobierno encargada de la construcción pública, exige el uso de BIM en todos los proyectos públicos desde el año 2011. Gracias a esta iniciativa el conocimiento de BIM en la industria de la construcción noruega se ha expandido al punto de que actualmente la mayoría de los proyectos razonablemente complejos usan esta tecnología (JUHOLA, 2011).

En Singapur, el objetivo de la Autoridad de Construcción y Edificación, BCA, es tener BIM implementado en la mayoría de las construcciones públicas para el 2015, además el gobierno en conjunto con la BCA tiene diferentes tipos de motivación del uso y conocimiento de BIM tanto a empresas como profesionales y estudiantes. Ejemplo de esto es la facilitación de apoyo financiero a compañías por la implementación de BIM y competencias de uso BIM (JUHOLA, 2011) (PYNN, 2012).

En Dinamarca, todos los proyectos públicos sobre 5 millones DKK (~1 millón US\$), deben realizar modelos BIM desde el año 2007 (WONG, et al., 2010).

Actualmente, en Reino Unido todos los proyectos de construcción financiados por el gobierno con un costo mayor a £50 millones (~80 millones US\$) tienen que tener implementación de modelo 3D, pero para el año 2015 se espera bajar este valor a £5 millones (~8 millones US\$) con recomendación de que este modelamiento sea realizado con BIM, a excepción de proyectos en los cuales el costo de BIM sea mayor a los beneficios. Con esto se quiere conseguir un ahorro del 20% de los costos de construcción, funcionamiento y uso de carbón. Gracias a esta iniciativa el uso de BIM se ha expandido a proyectos no gubernamentales (Manager, 2011).

En Estados Unidos, la modelación BIM es requerida en proyectos del Gobierno Federal desde el año 2007. Iniciativa por la que han optado también algunos estados como Ohio y Texas, entre otros (GSA, 2007).

Finalmente, cabe señalar que el uso de BIM por parte de profesionales ligados al área de la construcción (arquitectos, ingenieros, entre otros.) aumentó de un 28% en 2007 a un 71% en 2012 (McGRAW-HILL, 2012).

A continuación se describen tres proyectos realizados fuera de Chile con la tecnología BIM:

1. Dalí Museum, St. Petersburg, Estados Unidos

Este museo es una estructura de 6317 m², con una cubierta de 1062 paneles vidrios triangulares únicos. Cuenta con una escalera espiral de 23 metros de alto hecha de hormigón.

La utilización de BIM por parte de la empresa HOK el año 2010 permitió, a pesar de la compleja geometría, que este proyecto fuera viable y que su diseño cumpliera con las normas requeridas para el cuidado de las obras de arte. Además la obra fue completada dentro del plazo con una diferencia de US\$700.000 bajo el presupuesto (HOK, 2011).



Figura 2.10: Dalí Museum (HOK, 2011)

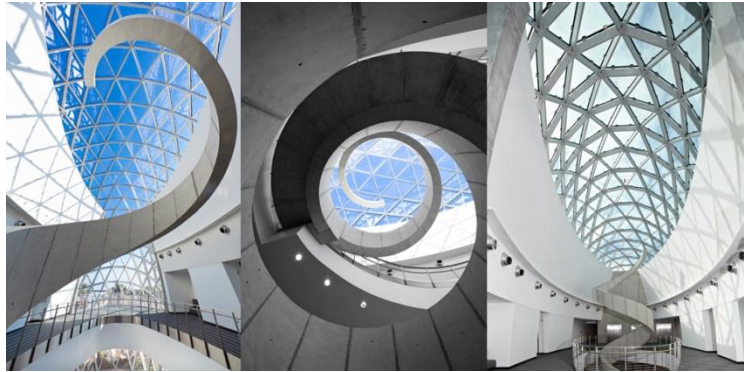


Figura 2.11: Escalera Dalí Museum (HOK, 2011)

2. Crusell Bridge, Helsinki, Finlandia

Puente colgante de 175 [m] de largo y 25 [m] de ancho, hecho de acero y hormigón. Diseñado por WSP de Finlandia, es el primer puente construido que utiliza la tecnología BIM y a través de la inclusión del tiempo logra un modelo 4D. El cliente, diseñadores, constructora y la mayoría de los subcontratistas usó la misma plataforma BIM. Esta tecnología fue utilizada para la fabricación de vigas de acero y refuerzo de hormigón, para monitorear y gestionar de la cadena de suministros de componentes prefabricados, para el diseño de la estructura de soporte temporal, para el control de calidad mediante escaneo láser y para la planificación de la construcción con animación 4D.

El año 2009 el Puente Crusell ganó un “Reconocimiento Especial” por Tekla en los Premios Mundiales de BIM 2009 por su modelamiento preciso. También es mencionado en la segunda edición del Manual BIM publicado por Rafael Sacos & Co. como una solución constructiva destacada (WSP, 2010).



Figura 2.12: Crusell Bridge (WSP, 2010)

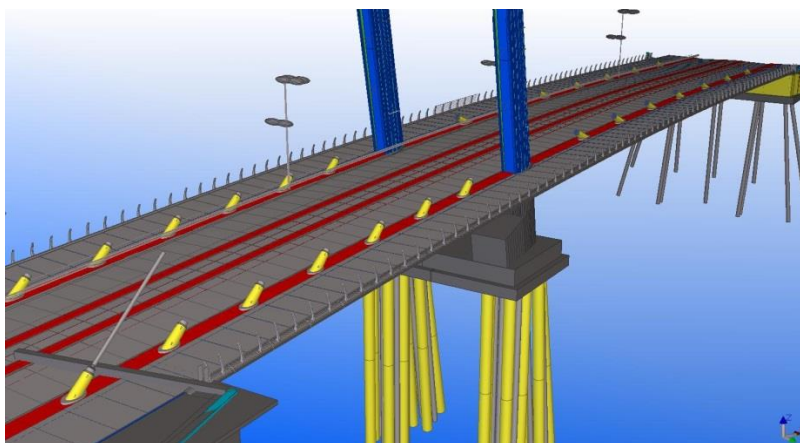


Figura 2.13: Modelo BIM Crusell Bridge (TEKLA, 2009)

3. Derby Business Park, Espoo, Finlandia

Este proyecto consiste en tres edificios de oficinas de ocho pisos y un edificio de estacionamientos de ocho pisos.

Modelado por Consultora de Ingeniería Mäkeläinen Ltda., el modelo BIM incluye fundaciones, detalle de elementos de hormigón reforzado y estructuras de acero.

El poco margen de error en la programación durante la etapa de diseño era un gran desafío de este proyecto, pero gracias a BIM se pudo trabajar, en su mejor momento, con hasta ocho ingenieros para el diseño estructural utilizando el modelo al mismo tiempo, permitiendo un proceso de diseño y monitoreo en tiempo real, logrando el objetivo dentro del plazo estipulado.

BIM también ayudo al monitoreo de interferencias y a la fabricación de elementos de acero con especificaciones obtenidas del modelo. Una vez a la semana se enviaba a la construcción el modelo actualizado, donde era utilizado para visualización, fabricación de elementos y monitoreo de instalaciones.

El año 2012 ganó como "Mejor Proyecto BIM" en los Premios Mundiales de BIM de Tekla (TEKLA, 2012).



Figura 2.14: Derby Business Park (KOJA, 2012)

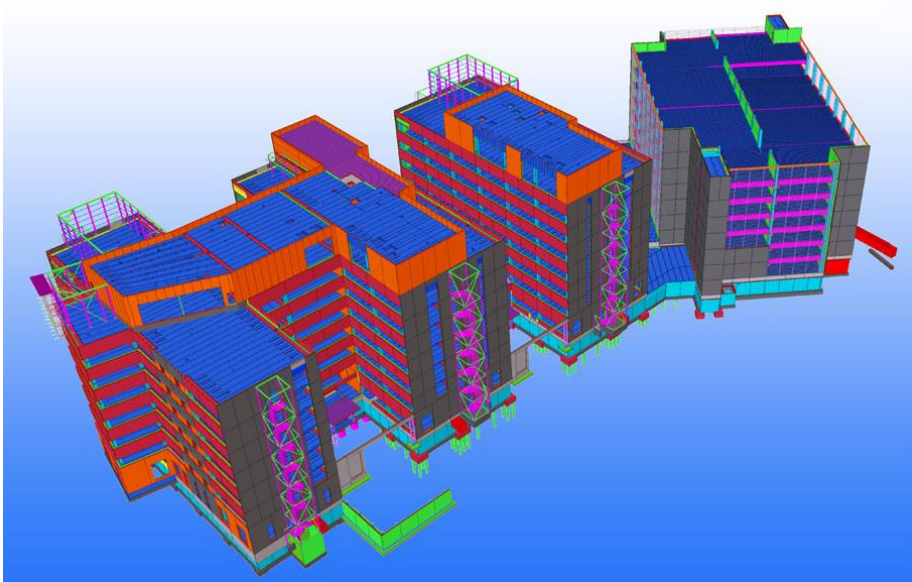


Figura 2.15: Modelo BIM Derby Business Park (TEKLA, 2012)

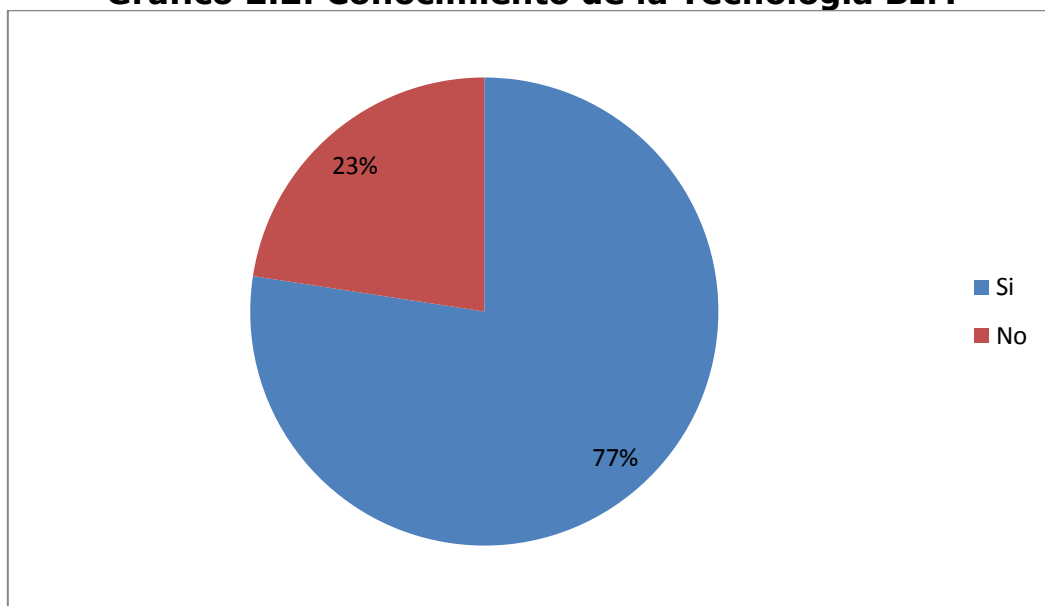
2.5. Uso de BIM en Chile

Con el objetivo de rescatar experiencias y percepciones de la tecnología BIM en el sector de la construcción de Chile se realizó una encuesta online entre Agosto y Noviembre del año 2013, detallada en el anexo 1. Fue contestada por 34 personas dentro de las cuales el 57% son Arquitectos, 33% Ingenieros Civiles, 3% Constructores Civiles, 3% Técnicos en Construcción y 3% profesionales de diversas especialidades.

A continuación se presentan los resultados de la encuesta.

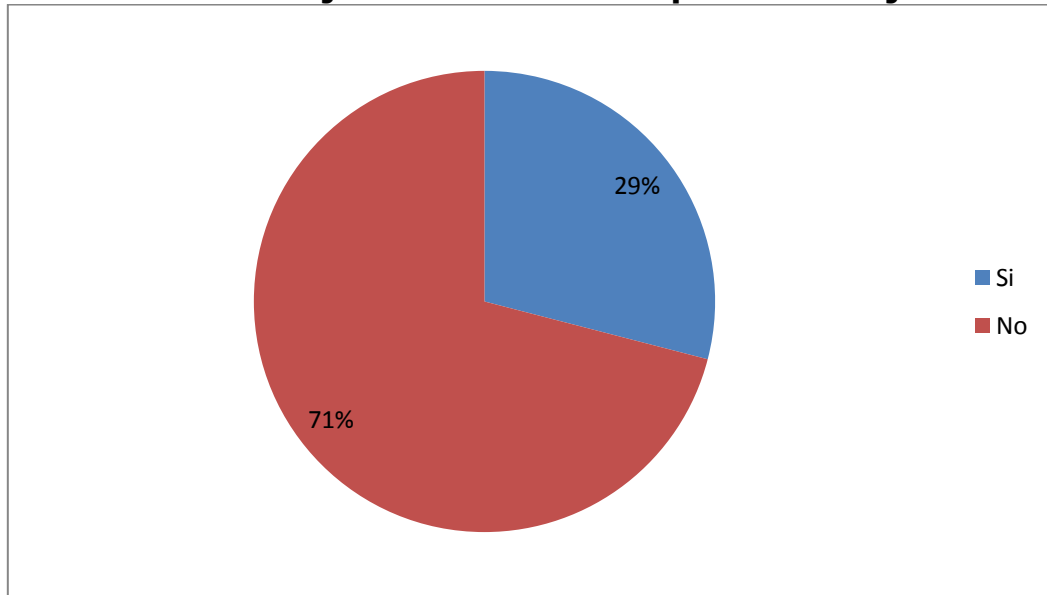
Para la pregunta ¿Conoce la Tecnología BIM?, el resultado es el siguiente:

Gráfico 2.2: Conocimiento de la Tecnología BIM



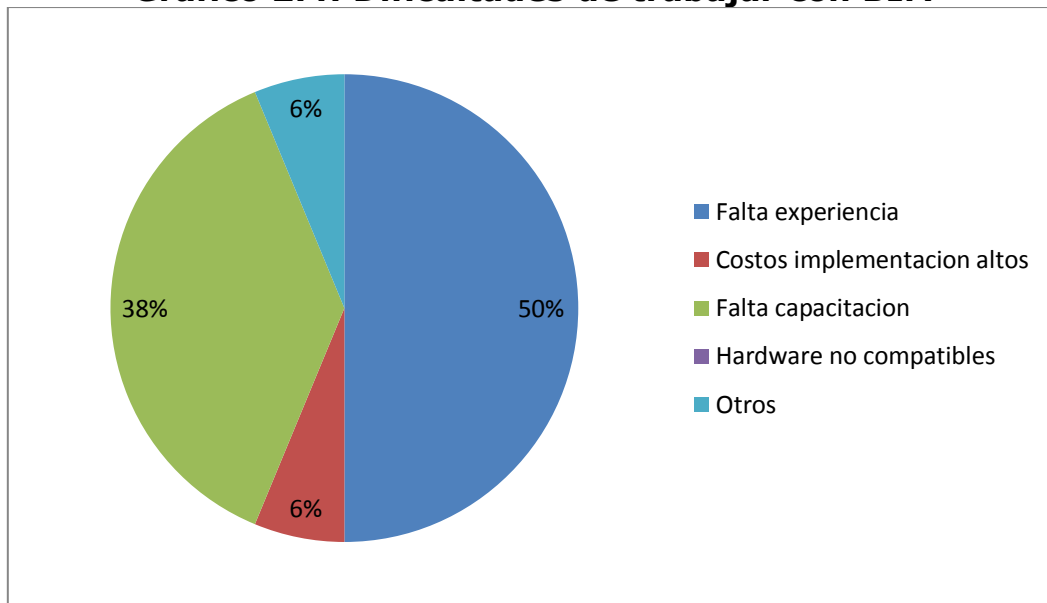
Cuando se preguntó si se había trabajado con BIM los resultados fueron los siguientes:

Gráfico 2.3: Porcentaje de encuestados que ha trabajado con BIM



Finalmente se preguntó cuál era la mayor dificultad de trabajar con BIM, siendo el resultado lo siguiente:

Gráfico 2.4: Dificultades de trabajar con BIM



El año 2011 CDT realizó un estudio de mercado sobre la tecnología BIM "Diagnóstico de la Situación Actual de la Coordinación de Proyectos y Uso de BIM en Chile".

Gracias a las dos encuestas mencionadas se logra apreciar el avance de la tecnología BIM en Chile.

Gráfico 2.5: Comparación conocimiento BIM por parte del Sector Construcción en Chile 2011-2013

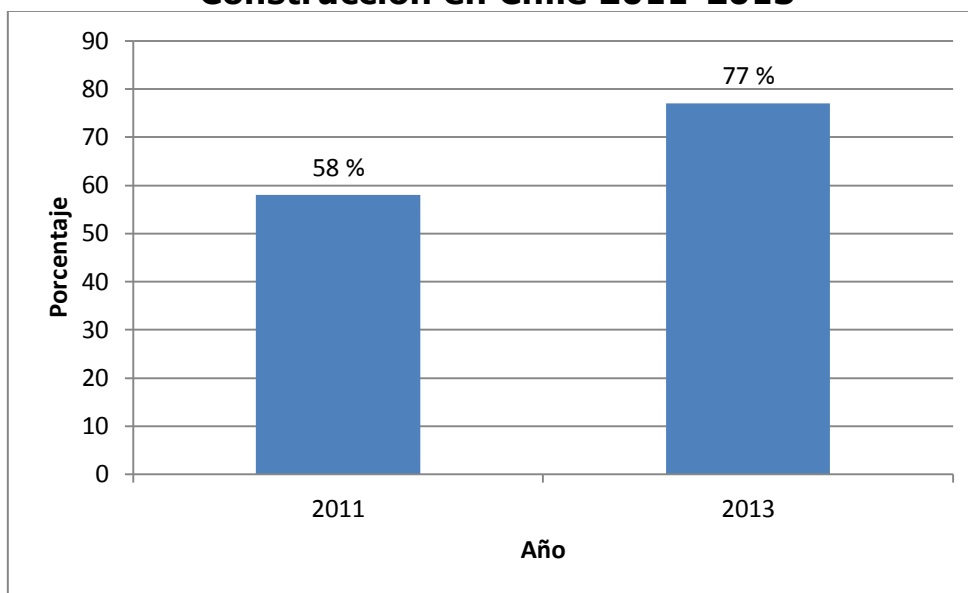
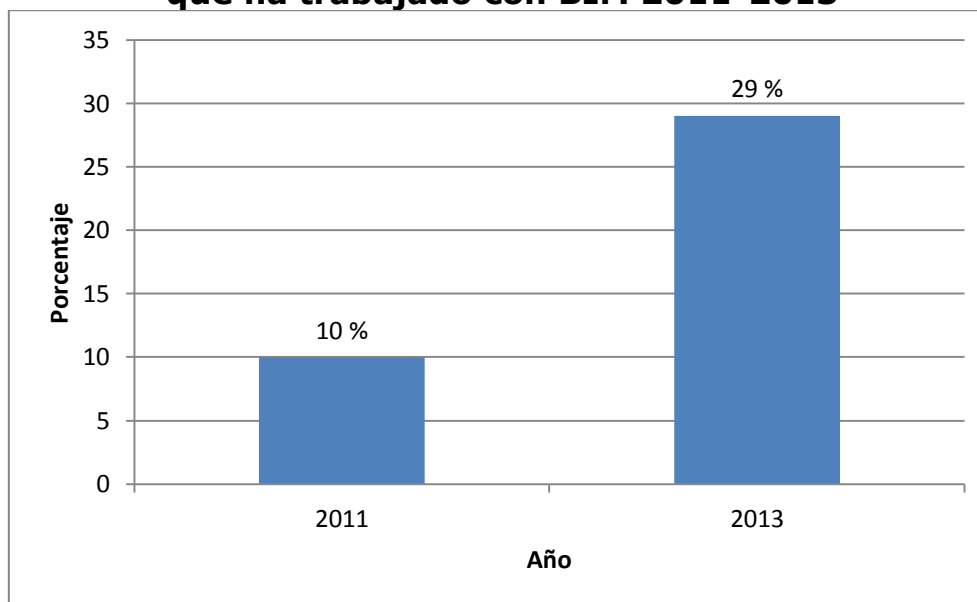


Gráfico 2.6: Comparación porcentaje Sector Construcción en Chile que ha trabajado con BIM 2011-2013



- El año 2011 un 58% conocía BIM, el año 2013 aumentó al 77%.
- La cantidad de personas del área de la construcción que han trabajado con BIM aumentó de un 10% a un 29%, casi al triple en tan solo dos años.
- El 100% de los encuestados el 2013 que ha trabajado con BIM lo volvería a hacer, asignando en promedio una nota de 5,8 (escala de 1 a 7) a la experiencia de trabajo con dicha tecnología según la encuesta realizada el 2013.
- Desde el año 2011 al 2013 las dificultades de trabajar con BIM no han cambiado, siendo la falta de capacitación y falta de experiencia las más importantes.

A partir de las comparaciones se aprecia que existe la motivación por esta tecnología observado en el aumento del conocimiento y uso de BIM. Esto también se ve reflejado en una cantidad importante de ciclos de charlas sobre este tema en los últimos años, siendo los más recientes durante los meses de mayo, junio y julio de 2013 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

En Chile existen diversas empresas y consultoras que están aplicando la metodología BIM en sus proyectos, entre las cuales están René Lagos Ingenieros, E&S Ingeniería y Construcción, Coordina BIM Consulting, IDIEM.

Actualmente el Ministerio de Obras Públicas no trabaja con BIM, pero sí se está exigiendo el uso de éste o algún sistema similar para el diseño de algunas obras como el "Hospital de Antofagasta" (MOP, 2011) y "Nuevo Complejo Fronterizo Los Libertadores".

A continuación se describen tres proyectos realizados con la tecnología BIM en Chile, estos muestran que se está aplicando BIM en proyectos de diversas áreas:

1. Hospital Concesionado de Maipú y Hospital Concesionado de La Florida.

Ambos son proyectos de 80.000 m², coordinados con BIM por Coordina BIM Consulting.

En ambos casos se trabajó en dos etapas. La primera fue la fase de diseño en la cual se construyeron y coordinaron los modelos 3D de las distintas especialidades. Luego en la etapa de construcción a través de un especialista en obra, se realizaban actualizaciones del modelo según fuera necesario y se guían y coordinan las instalaciones de manera de procurar el estatus "Cero Conflicto" (COORDINA, 2012).



Figura 2.16: Modelo 3D Hospital Maipú (COORDINA, 2012)

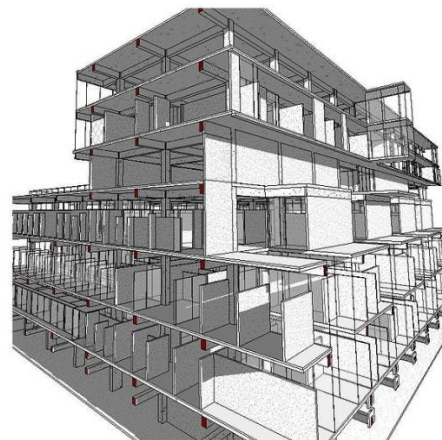


Figura 2.17: Modelo estructural Hospital La Florida (COORDINA, 2012)

2. Mall Center Concepción

Proyecto de 90.000 km², en el cual E&S Ingeniería y Construcción realizó el levantamiento 3D con BIM. Con esta tecnología se logró la detección de interferencias entre distintas especialidades, evitando incongruencias en terreno. Gracias a esto se consiguió una reducción en los costos de construcción del proyecto considerables (E & S, 2011).



Figura 2.18: Modelo 3D Mall Center Concepción (BETANCOURT, 2011)

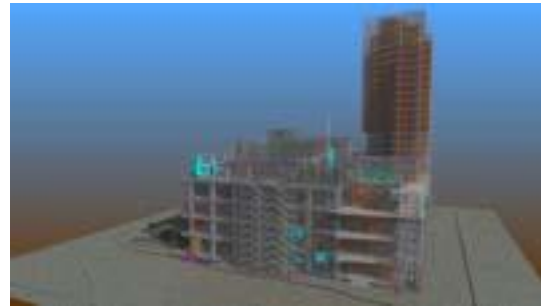


Figura 2.19: Modelo BIM Mall Center Concepción (E & S, 2011)

3. Edificio Hermanos Amunátegui

Edificio de Oficinas de 37.856 m² coordinado por Kubic. Se realizó la modelación BIM de todas las especialidades, lo que permitió adelantar la visualización y corrección de errores del proyecto e identificar interferencias entre las especialidades (KUBIC, 2012).



Figura 2.20: Modelo 3D Edificio Hermanos Amunátegui (SINERGÍA, 2012)

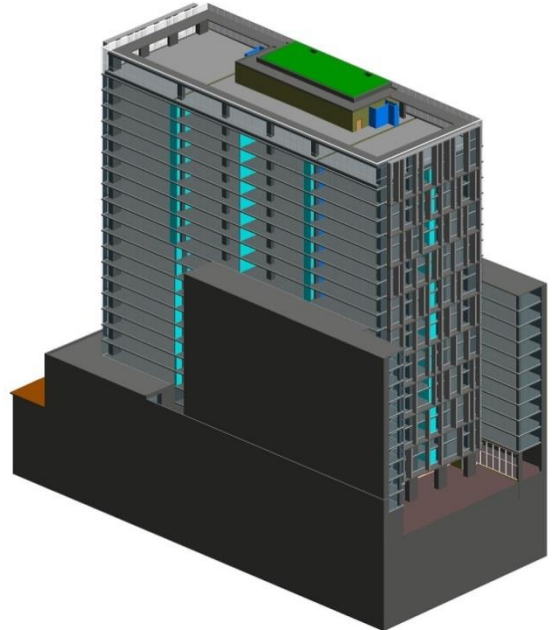


Figura 2.21: Modelo BIM Edificio Hermanos Amunátegui (KUBIC, 2012)

Finalmente comparando los resultados obtenidos en Chile con el extranjero se puede decir que:

- En el extranjero existen diversas maneras de fomentar el uso de BIM, entre estas la inversión pública y apoyo financiero a empresas que utilicen esta tecnología. En Chile esta motivación se da a través de ciclos de charlas, sin embargo no existe ningún apoyo monetario como en el extranjero.
- En gran parte de los países del extranjero mencionados se exige el uso de BIM en proyectos público. En Chile solo se exige a algunos proyectos, no existe ninguna regularización que abarque todos los proyectos públicos.

- Finalmente el uso de BIM en Chile (29%) es bajo comparado con Estados Unidos (71%), a pesar de esto el aumento del uso en Chile es muy alto, aumentando casi al triple en tan solo dos años.

3. SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO

Para la selección de los proyectos por analizar se utilizó la base de datos de IDIEM. Para los coordinados se obtuvieron tres proyectos completos de la Unidad de Coordinación de Proyectos BIM. En el caso de los no coordinados se analizarán dos proyectos del Área de Inspección Técnica.

Los cinco proyectos seleccionados son edificios habitacionales ubicados en diferentes comunas de la Región Metropolitana, con el objetivo de que los costos de materiales y mano de obra fueran similares, considerando que en regiones estos aumentan. Las comunas correspondientes a cada proyecto se clasifican en Zona II con Suelo tipo B, característica que también afecta al costo. Gracias a esto la comparación y análisis de los resultados no se ve afectada por factores externos a la coordinación.

El análisis de los beneficios se realiza cada 1000 m², con el fin de que la cantidad de proyectos de cada caso no afecte a los resultados.

3.1. Selección y descripción de proyectos coordinados

3.1.1. Proyecto 1



Figura 3.1: Proyecto 1 coordinado

- Comuna: Las Condes
- 13 pisos más 1 subterráneo.
- Área Construida:
 - Departamentos: 4.129 [m²]
 - Estacionamientos: 1.009 [m²]
 - Áreas Comunes: 2.145 [m²]
 - Total: 7.284 [m²]
- Incluye red seca y húmeda.
- Especialidades involucradas: Arquitectura, Cálculo, Clima, Alcantarillado, Agua Potable, Aguas Lluvia, Electricidad y Gas.

3.1.2. Proyecto 2



Figura 3.2: Proyecto 2 coordinado

- Comuna: Ñuñoa
- Cada edificio 5 pisos más 2 subterráneos.
- Área Construida:
 - Departamentos: 13.113 [m²]
 - Estacionamientos: 3.529 [m²]
 - Áreas Comunes: 8.050 [m²]
 - Total: 24.693 [m²]
- Incluye red seca y húmeda.
- Especialidades involucradas: Arquitectura, Cálculo, Clima, Alcantarillado, Agua Potable, Aguas Lluvia, Electricidad y Gas.

3.1.3. Proyecto 3



Figura 3.3: Proyecto 3 coordinado

- Comuna: Santiago Centro
- 24 pisos más 3 subterráneos.
- Área Construida:
 - Departamentos: 6.606 [m²]
 - Estacionamientos: 1.384 [m²]
 - Áreas Comunes: 4.429 [m²]
 - Total: 12.420 [m²]
- Incluye red seca y húmeda.
- Especialidades involucradas: Arquitectura, Cálculo, Clima, Alcantarillado, Agua Potable, Aguas Lluvia, Electricidad y Gas.

3.2. Selección y descripción de proyectos no coordinados

3.2.1. Proyecto 1



Figura 3.4: Proyecto 1 no coordinado

- Comuna: Santiago
- 24 pisos más 3 subterráneos.
- Área Construida:
 - Departamentos: 12.846 [m²]
 - Estacionamientos: 1.143 [m²]
 - Áreas Comunes: 5.262 [m²]
 - Total: 19.253 [m²]
- Incluye red seca y húmeda.
- Especialidades involucradas: Arquitectura, Cálculo, Clima, Alcantarillado, Agua Potable, Aguas Lluvia, Electricidad y Gas.

3.2.2. Proyecto 2



Figura 3.5: Proyecto 2 no coordinado

- Comuna: San Miguel
- 16 pisos más 2 subterráneos.
- Área Construida:
 - Departamentos: 7.148 [m²]
 - Estacionamientos: 1.122 [m²]
 - Áreas Comunes: 2.964 [m²]
 - Total: 11.235 [m²]
- Incluye red seca y húmeda.
- Especialidades involucradas: Arquitectura, Cálculo, Clima, Alcantarillado, Agua Potable, Aguas Lluvia, Electricidad y Gas.

4. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1. Clasificación RDI y OO.EE.

En el caso de los tres proyectos coordinados la clasificación de los Requisitos de Información (RDI) fue realizada por la Unidad de Coordinación de Proyectos BIM. Los RDI corresponden a incongruencias de información de igual o diferentes especialidades y falta de información por parte de alguna especialidad.

Para los dos proyectos no coordinados, primero se separan las OO.EE. encontradas en la etapa de construcción asociadas a problemas de coordinación, es decir que se podrían haber solucionado con BIM, de las que no se vinculan con problemas de coordinación. Son las primeras las que se clasifican.

Para los cinco proyectos seleccionados, tanto coordinados como no coordinados existen dos tipos de clasificación:

a) La primera clasificación corresponde a Interferencias e Inconsistencias:

- **Interferencias:** Interferencias físicas entre los distintos elementos del proyecto de las diferentes especialidades detectadas por el Software Naviswork© 2012 de Autodesk©, con una tolerancia de 5 cm, es decir, no se consideran interferencias de dimensión menor a dicha medida. Las ocho especialidades coordinadas son las siguientes: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas. Para este caso se utilizaran las siglas entre paréntesis recientemente descritas para cada especialidad.
- **Inconsistencias:** falta de información relevante o discrepancias en la información entregada.

b) La segunda clasificación corresponde a nueve categorías según el problema presentado y su complejidad de resolución. Estas categorías y sus valores fueron definidas por IDIEM. A continuación se muestra la tabla de categorías.

Tabla 4.1: Descripción de categorías y costos según complejidad

Categoría	Valor UF	Observación	Descripción	Solución
1	4	Posible interferencia leve de elementos o falta de información.	Posible interferencia a ser verificada y solucionada en obra. O a través de RDI (reporte de interferencias).	En obra, en RDI o por aclaración del especialista.
2	8	Diferencia de medidas en mismos elementos.	Diferencia de medidas de mismos elementos u ejes en distintas especialidades, principalmente entre arquitectura y cálculo. Hasta 30cm. Implicancia de posibles modificaciones a otras especialidades.	Aclaración de especialistas.
3	10	Incongruencia entre mismos elementos.	Desplazamientos, desfases o diferencias de más de 30cm entre especialidades. Implicancia de posibles demoliciones o discordancias, afectando a otras especialidades.	Aclaración de especialistas.
4	16	Falta indicar pasadas o recorridos en losa.	La especialidad no indica pasadas en losa en proyectos. Especialmente en cálculo para ductos de Aguas Lluvias, Alcantarillado, Clima, etc.	Aclaración de especialistas.
5	28	Incongruencia de diseño.	Especialidad incorpora elementos no considerados en proyecto de Arquitectura, afectando aspectos funcionales e implicando retrasos en la construcción.	Requiere aprobación de Arquitectura.
6	36	Omisión de especialidad.	La especialidad no indica u omite elementos correspondientes a otro proyecto.	Requiere aprobación de Arquitectura.
7	28	Colisión de baja complejidad.	Interferencia entre especialidades y elementos de arquitectura.	Consulta a especialistas, posible actualización de proyecto.
8	36	Colisión entre elementos de mediana complejidad	Interferencia entre elementos Estructurales y de otras especialidades. Requerimiento de nuevo recorrido o pasadas para ductos de Clima y otros. Implicancia en retraso de obras, demoliciones y cambios en otras	Reunión de Coordinación posible modificación de proyecto.

			especialidades.	
9	60	Colisión entre elementos estructurales y otras especialidades de alta complejidad.	Interferencia entre elementos estructurales y otras especialidades especialmente fundaciones, pilas, cámaras, estanques, muros, ductos, etc. Implicancia en retraso de obras, demoliciones y cambios en otras especialidades.	Reunión de Coordinación posible modificación de proyecto.

Para la coordinación de proyectos por IDIEM, si se encuentra una repetición de interferencia se le asigna un costo menor debido a que se asume que en obra esta repetición también es detectada. Así al primer error se le asigna un 100% del valor y a las siguientes solo un 10%.

4.1.1. Clasificación de RDI proyectos coordinados

Como fue mencionado anteriormente la clasificación de los proyectos coordinados fue realizada por la Unidad de Coordinación de Proyectos BIM de IDIEM. Los siguientes datos (tanto tablas como gráficos) se obtuvieron de los informes de coordinación de los tres proyectos coordinados seleccionados.

4.1.1.1. Proyecto 1

a. Clasificación por Interferencias e Inconsistencias

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Tabla 4.2: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado

Clasificación	Cantidad	Porcentaje	UF
A.C.CLI	25	14%	400
A.C.ALC	66	36%	1062
A.C.AP	0	0%	0
A.C.ALL	0	0%	0
A.C.ELEC	6	3%	96
A.C.GAS	3	2%	48
A.C	1	1%	28
INCONSISTENCIAS	82	45%	620

Gráfico 4.1: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado

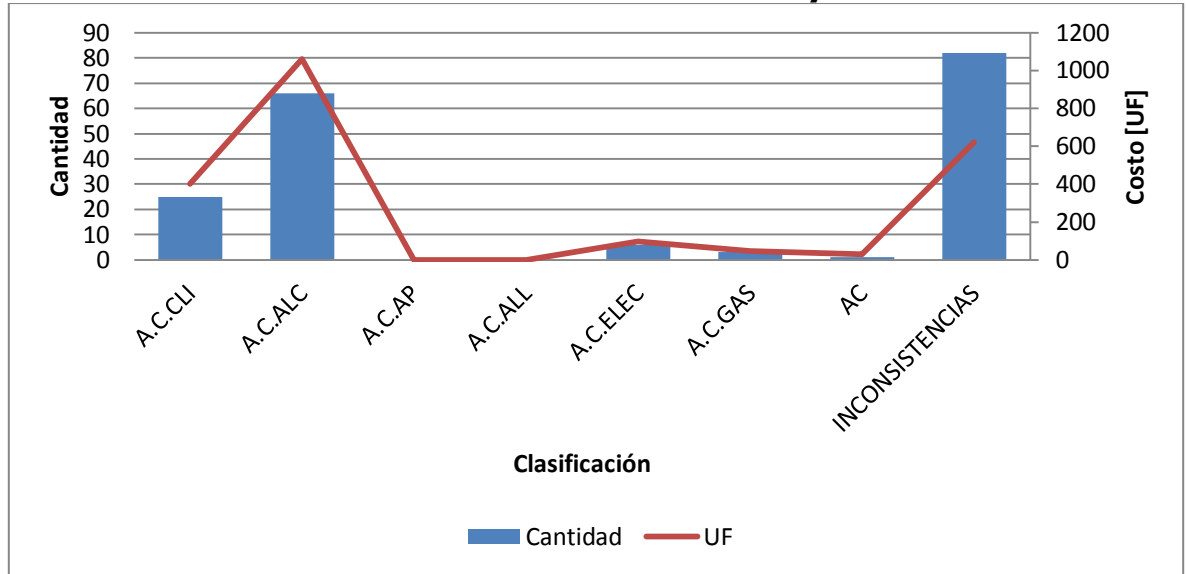
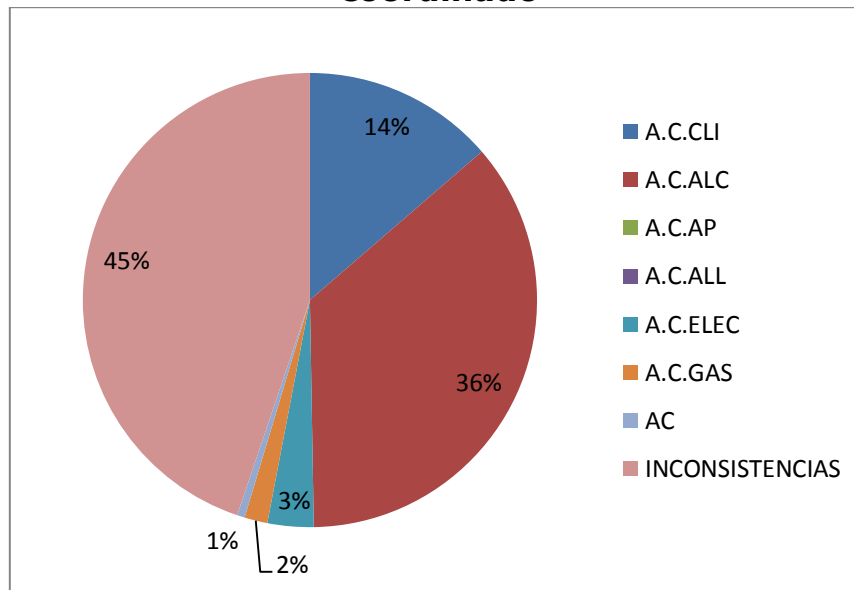


Gráfico 4.2: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado



En el primer proyecto coordinado con BIM las inconsistencias son las más frecuentes (45%), y en segundo lugar las interferencias entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado (36%), siendo esta última la con mayor costo asociado.

Gracias a la coordinación BIM se ahorran 2254 UF, es decir 309,4 UF cada 1000 m².

b. Clasificación por categorías

Tabla 4.3: Categorías Proyecto 1 coordinado

Categoría	UF	Cantidad	Porcentaje	UF TOTAL
1	4	42	23%	168
2	8	21	11%	168
3	10	9	5%	90
4	16	108	59%	1728
5	28	0	0%	0
6	36	0	0%	0
7	28	1	1%	28
8	36	2	1%	72
9	60	0	0	0
			TOTAL	2254

Gráfico 4.3: Categorías y costos Proyecto 1 coordinado

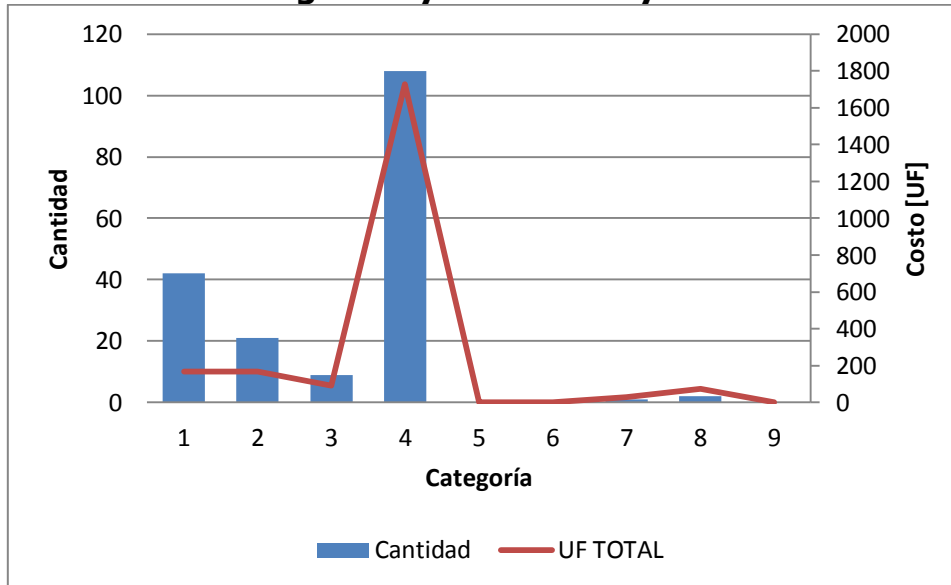
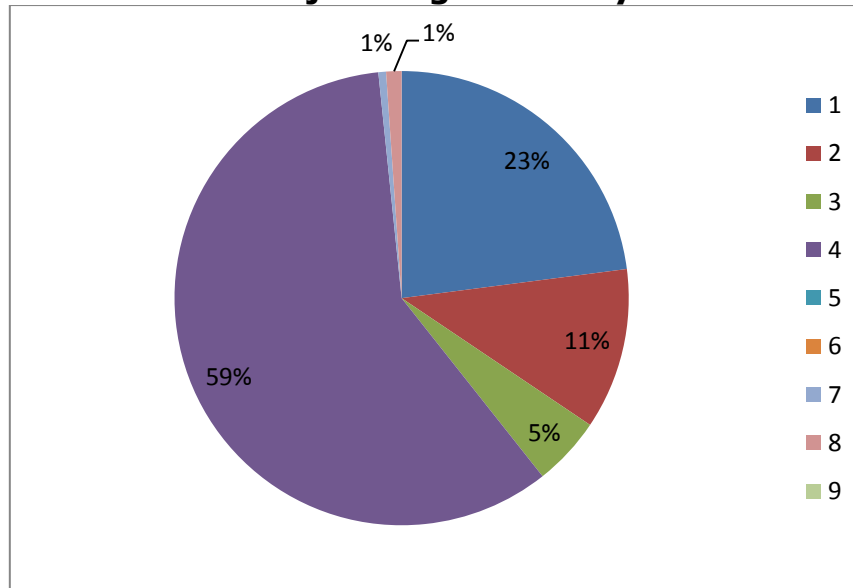


Gráfico 4.4: Porcentaje categorías Proyecto 1 coordinado



En el Proyecto 1 coordinado la mayor cantidad de RDI son de categoría 4, alcanzando un 59% (La especialidad no indica pasadas en losa en proyectos. Especialmente en cálculo para ductos de Aguas Lluvias, Alcantarillado, Clima, etc.), asociada a un mayor costo total.

4.1.1.2. Proyecto 2

a. Clasificación por Interferencias e Inconsistencias

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Tabla 4.4: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado

Clasificación	Cantidad	%	UF
A.C.CLI	90	18%	1398
A.C.ALC	249	50%	4224
A.C.AP	0	0%	0
A.C.ALL	0	0%	0
A.C.ELEC	25	5%	358
A.C.GAS	21	4%	336
INCONSISTENCIAS	111	22%	444

Gráfico 4.5: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado

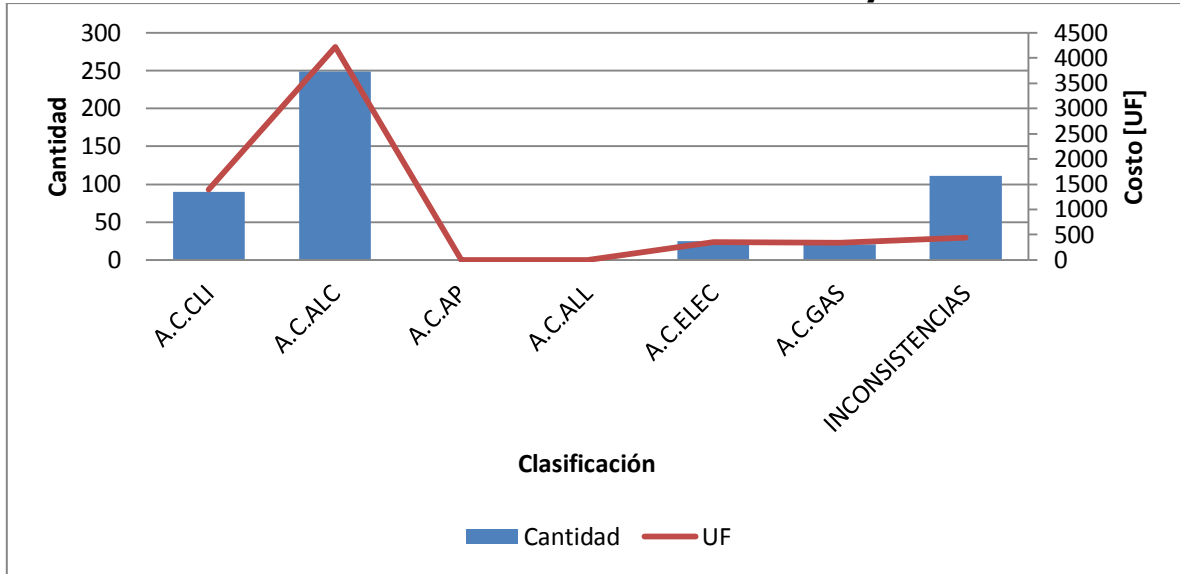
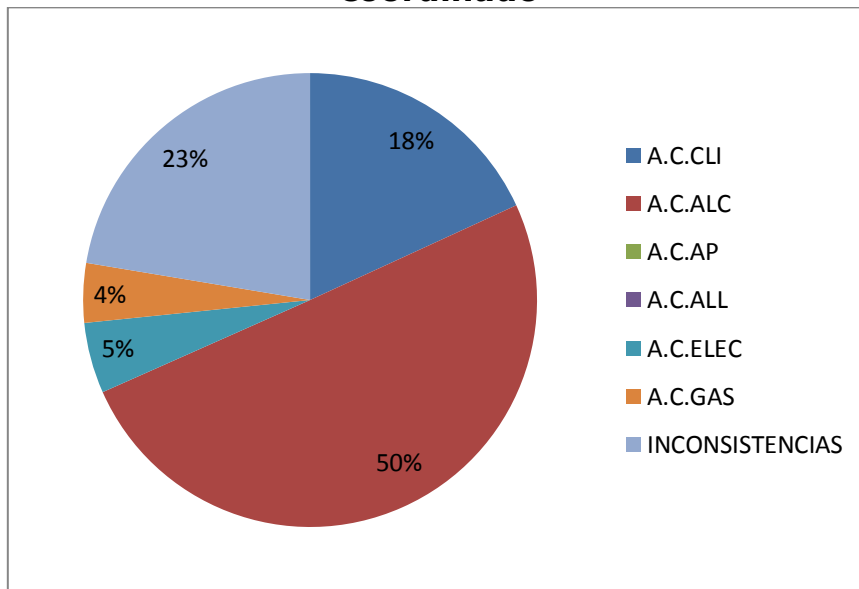


Gráfico 4.6: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 coordinado



En el segundo proyecto coordinado con BIM las interferencias entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado son las más frecuentes (50%) y con mayor costo asociado.

Gracias a la coordinación BIM se ahorran 6760 UF, es decir 273,8 UF cada 1000 m².

b. Clasificación por categorías

Tabla 4.5: Categorías Proyecto 2 coordinado

Categoría	UF	Cantidad	Porcentaje	UF TOTAL
1	4	111	22%	444
2	8	0	0%	0
3	10	22	4%	220
4	16	339	68%	5424
5	28	24	5%	672
6	36	0	0%	0
7	28	0	0%	0
8	36	0	0%	0
9	60	0	0%	0
			TOTAL	6760

Gráfico 4.7: Categorías y costos Proyecto 2 coordinado

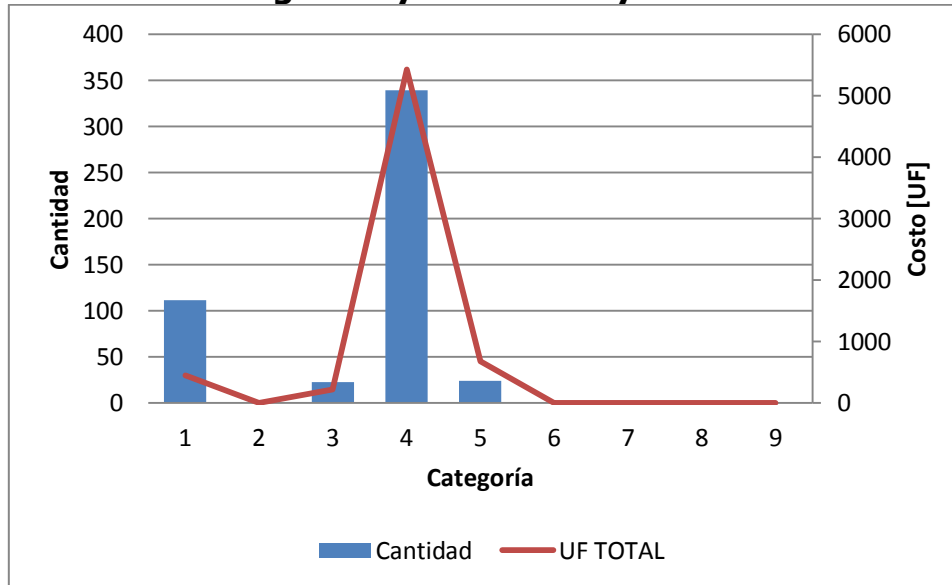
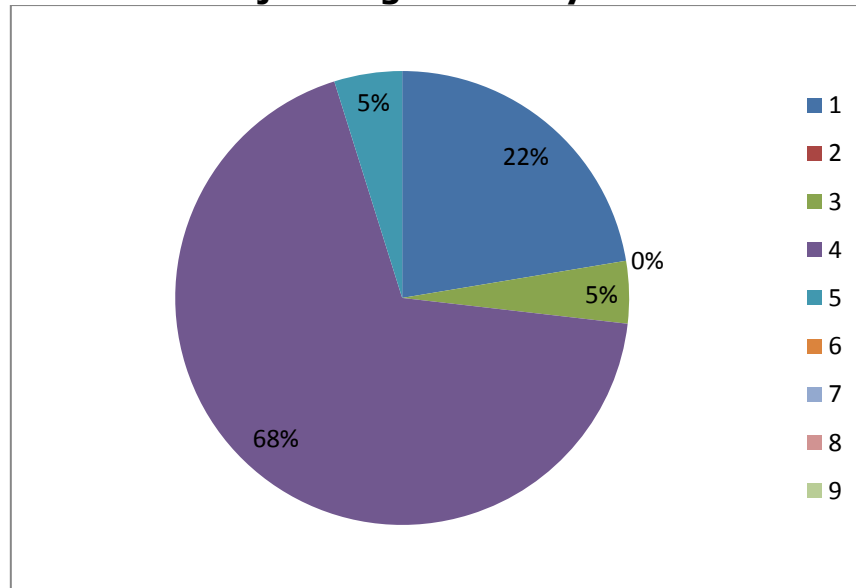


Gráfico 4.8: Porcentaje categorías Proyecto 2 coordinado



En el Proyecto 2 coordinado la mayor cantidad de RDI son de categoría 4, asociada al costo más alto.

4.1.1.3. Proyecto 3

a. Clasificación por Interferencias e Inconsistencias

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Tabla 4.6: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado

Clasificación	Cantidad	Porcentaje	UF
A.C.CLI	27	14%	532
A.C.ALC	61	32%	1016
A.C.AP	31	16%	596
A.C.ALL	31	16%	536
A.C.ELEC	1	1%	16
A.C.GAS	0	0%	0
INCONSISTENCIAS	40	21%	1036

Gráfico 4.9: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado

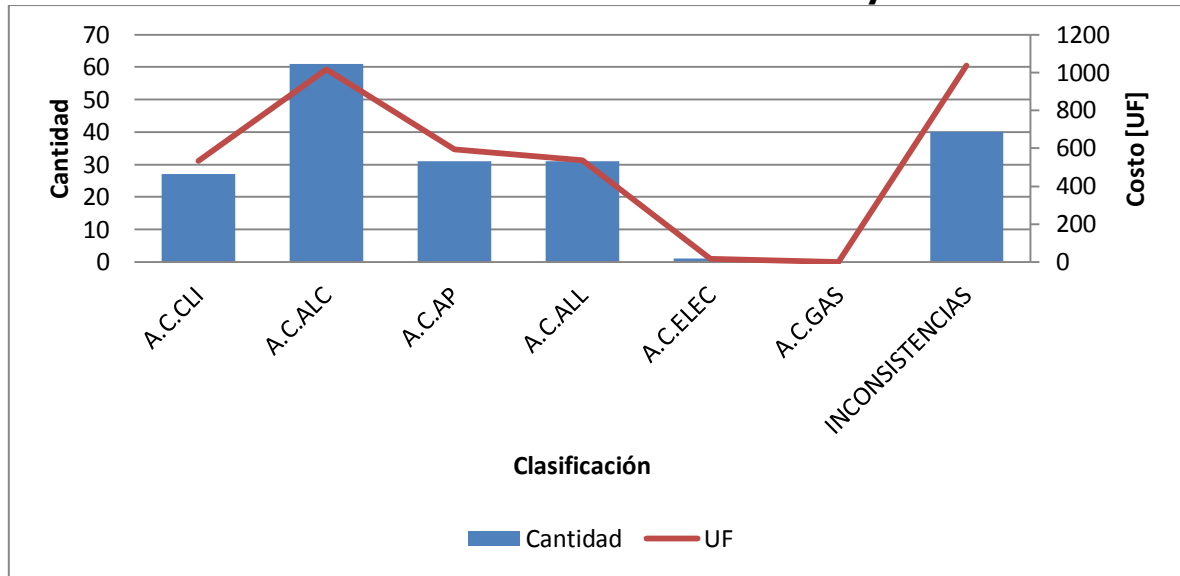
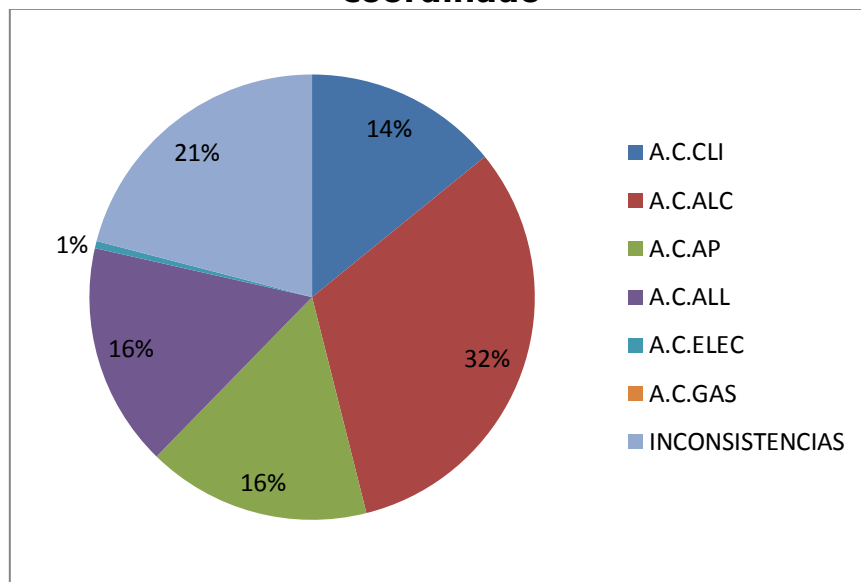


Gráfico 4.10: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 3 coordinado



En el tercer proyecto coordinado con BIM las interferencias entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado son las más frecuentes (32%) y con mayor costo asociado.

Gracias a la coordinación BIM se ahorran 3732 UF, es decir 301,9 UF cada 1000 m².

b. Clasificación por categorías

Tabla 4.7: Categorías Proyecto 3 coordinado

Categoría	UF	Cantidad	Porcentaje	UF TOTAL
1	4	3	2%	12
2	8	3	2%	24
3	10	0	0%	0
4	16	137	72%	2192
5	28	10	5%	280
6	36	6	3%	216
7	28	18	9%	504
8	36	14	7%	504
9	60	0	0%	0
			TOTAL	3732

Gráfico 4.11: Categorías y costos Proyecto 3 coordinado

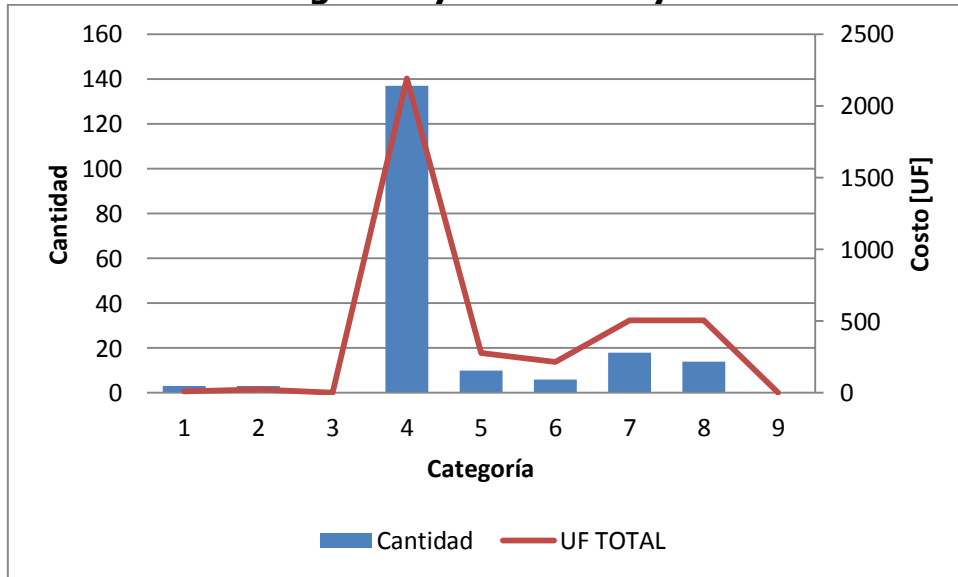
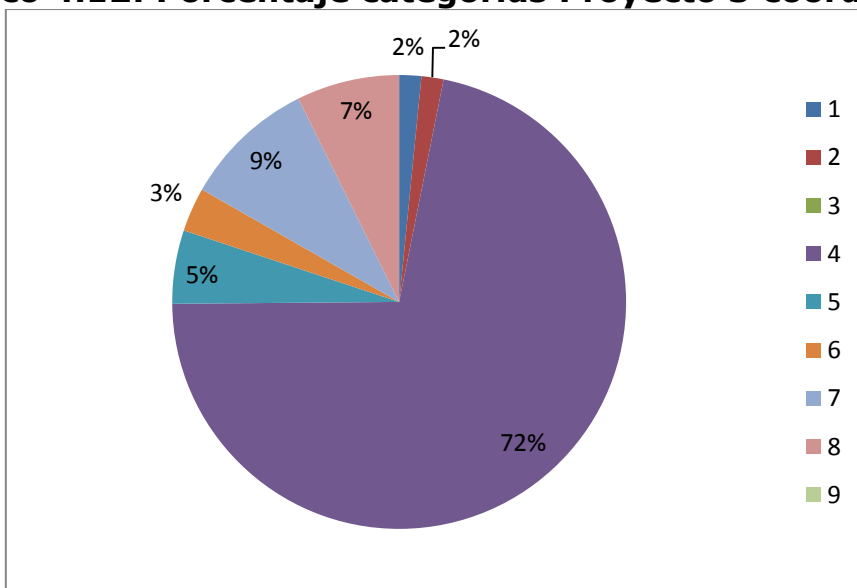


Gráfico 4.12: Porcentaje categorías Proyecto 3 coordinado



En el Proyecto 3 coordinado la mayor cantidad de RDI son de categoría 4, alcanzando un 72%, asociada a un mayor costo total.

4.1.2. Clasificación de OO.EE. proyectos no coordinados

Para los proyectos coordinados se clasificaron las OO.EE. relacionadas a problemas de coordinación. Para esta clasificación se obtienen los valores reales de las Obras Extraordinarias y al mismo tiempo se clasifican con los valores de la tabla de categorías de IDIEM.

4.1.2.1. Proyecto 1

a. Clasificación por Interferencias e Inconsistencias

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Tabla 4.8: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 1 coordinado

Clasificación	Cantidad	%	Total UF
A.C.CLI	0	0%	0
A.C.ALC	6	26%	462,5
A.C.AP	2	9%	71,2
A.C.ALL	2	9%	448,5
A.C.ELEC	7	30%	227,7
A.C.GAS	1	4%	17,8
AC	1	4%	14,4
INCONSISTENCIAS	4	17%	355,3

b. Clasificación por categorías

Tabla 4.9: Categorías Proyecto 1 no coordinado

Categoría	UF tabla	Cantidad	Porcentaje	UF TOTAL	Total UF tabla
1	4	1	4%	9	4
2	8	0	0%	0	0
3	10	4	17%	91,1	40
4	16	0	0%	0	0
5	28	0	0%	0	0
6	36	7	30%	741,9	252
7	28	4	17%	91,9	112
8	36	5	22%	336,1	180
9	60	2	9%	327,4	120
	TOTAL	23	1	1597,3	708

Gráfico 4.15: Categorías y costos Proyecto 1 no coordinado

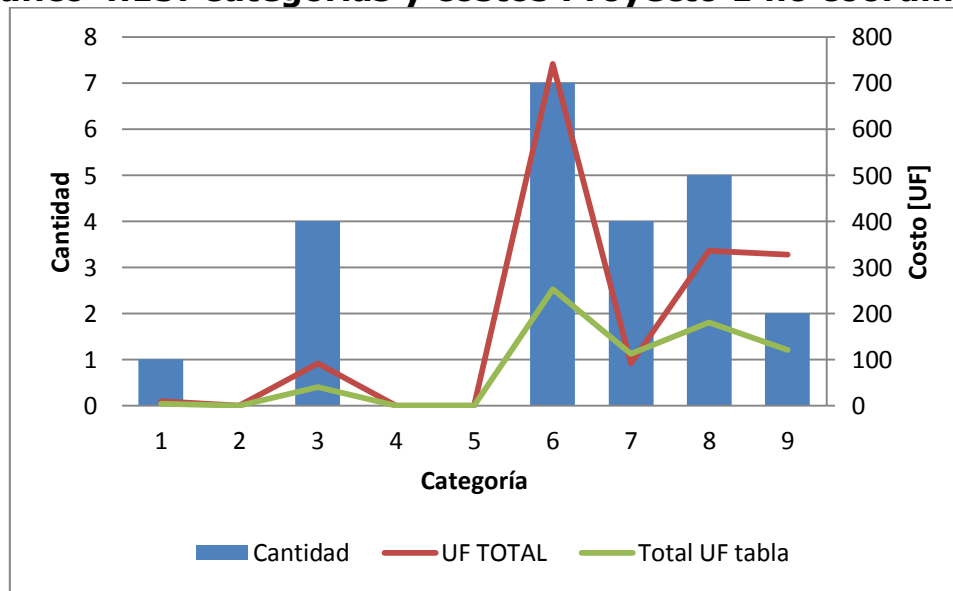
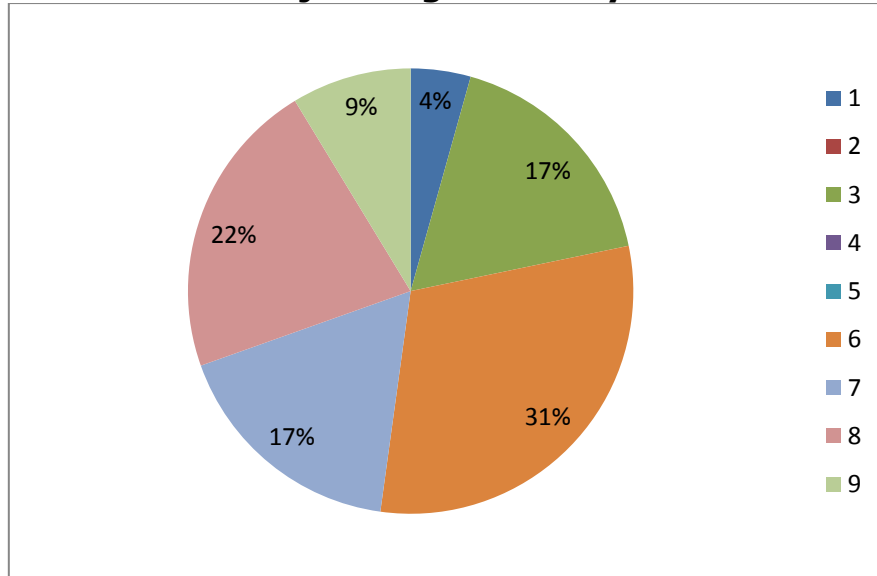


Gráfico 4.16: Porcentaje categorías Proyecto 1 no coordinado



En el Proyecto 1 no coordinado existen 182 Obras Extraordinarias, dentro de estas 23 (13%) son solucionables con BIM, asociadas a un 13% del costo total.

La mayor cantidad de OO.EE. son de categoría 6, alcanzando un 30%, con un mayor costo asociado.

4.1.2.2. Proyecto 2

a. Clasificación por Interferencias e Inconsistencias

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Tabla 4.10: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado

Clasificación	Cantidad	%	UF
A.C.CLI	3	19%	131,4
A.C.ALC	5	31%	600,2
A.C.AP	0	0%	0
A.C.ALL	0	0%	0
A.C.ELEC	1	6%	150,0
A.C.GAS	0	0%	0
AC	7	44%	556,4
INCONSISTENCIAS	0	0%	0

Gráfico 4.17: Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado

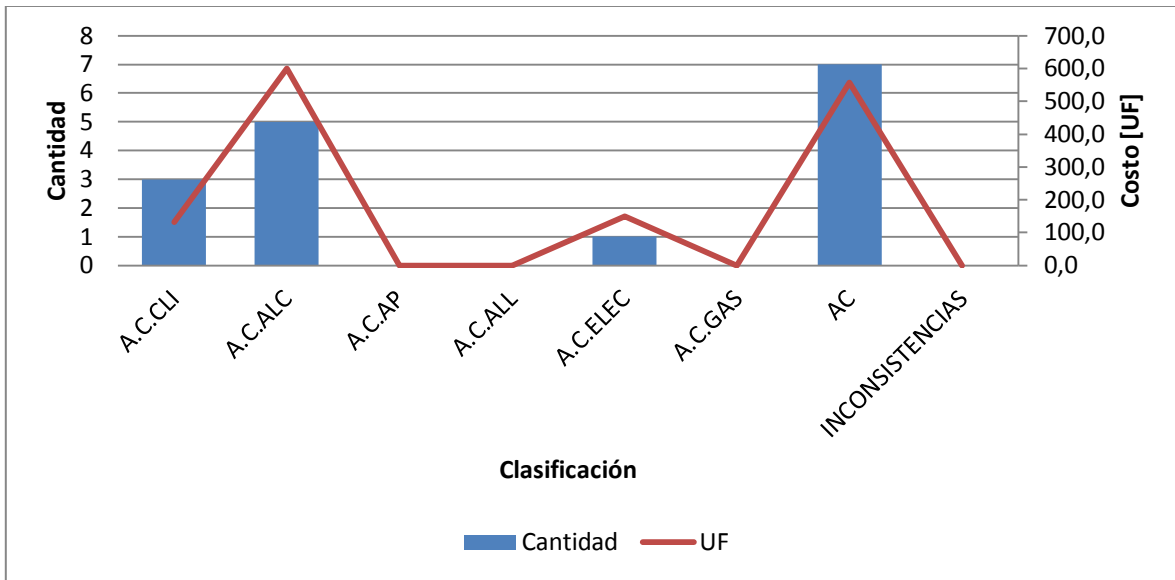
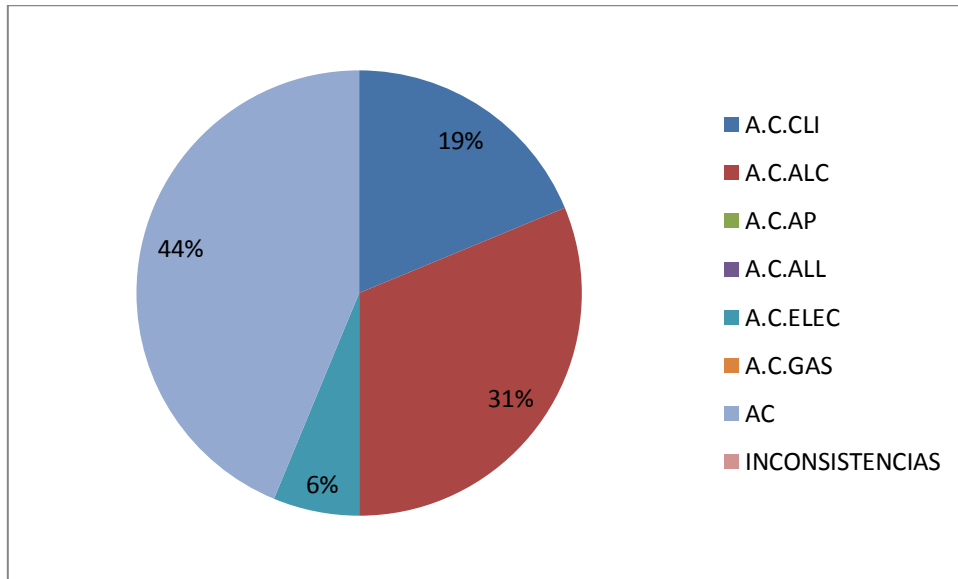


Gráfico 4.18: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias Proyecto 2 no coordinado



En el segundo proyecto no coordinado las interferencias entre Arquitectura y Cálculo son las más frecuentes (44%), sin embargo, las interferencias entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado son las con mayor costo asociado.

Con BIM se podría haber ahorrado 1438,1 UF, es decir 127,9 UF cada 1000 m².

b. Clasificación por categorías

Tabla 4.11: Categorías Proyecto 2 no coordinado

Categoría	UF tabla	Cantidad	Porcentaje	UF Total	Total UF tabla
1	4	1	6%	6,49	4
2	8	0	0%	0	0
3	10	0	0%	0	0
4	16	0	0%	0	0
5	28	0	0%	0	0
6	36	3	19%	672,9	108
7	28	8	50%	190,7	224
8	36	3	19%	310,0	108
9	60	1	6%	258,0	60
	TOTAL	16	1	1438,1	504

Gráfico 4.19: Categorías y costos Proyecto 2 no coordinado

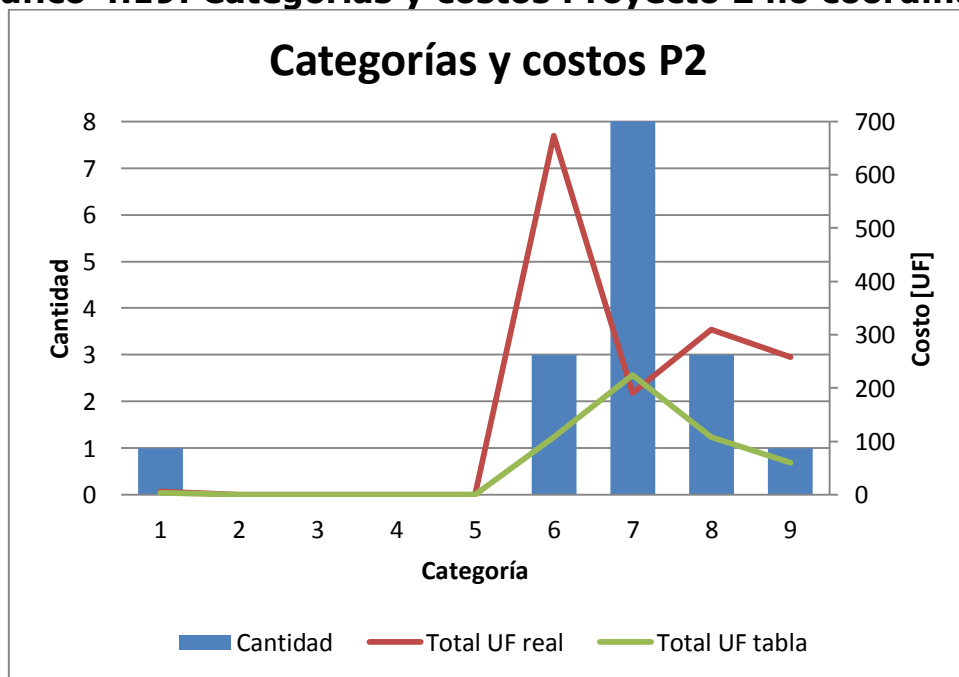
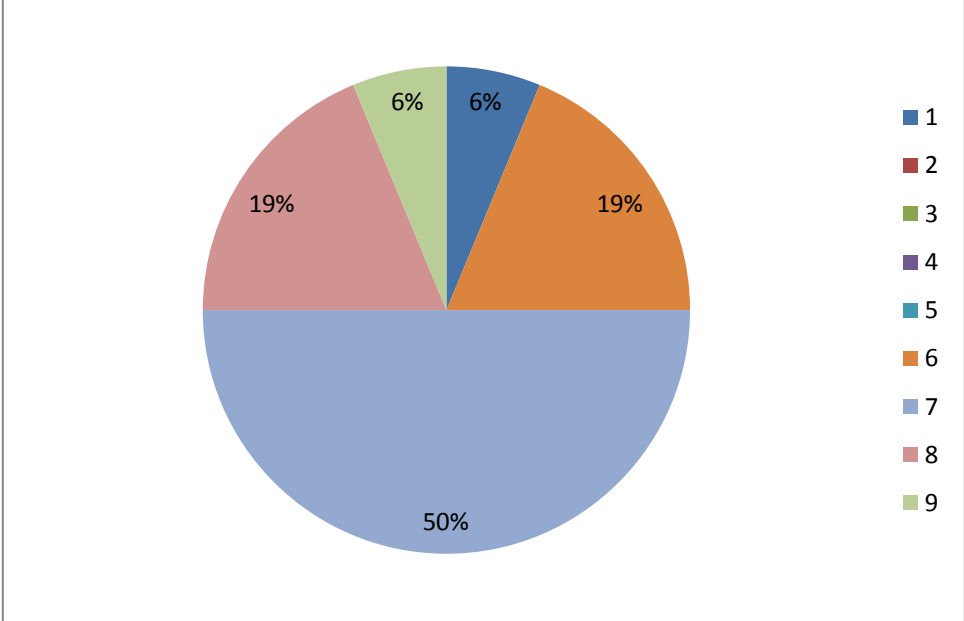


Gráfico 4.20: Porcentaje categorías Proyecto 2 no coordinado



En el Proyecto 2 no coordinado existen 39 Obras Extraordinarias, dentro de estas 16 (41%) son solucionables con BIM, asociadas a un 28% del costo total.

La mayor cantidad de OO.EE. son de categoría 7, alcanzando un 50%, sin embargo las categoría 6 es la con mayor costo asociado.

4.2. Costo BIM

Para calcular el costo de BIM se consideran dos escenarios. El primero es la implementación completa considerando software, hardware y profesionales, para los proyectos no coordinados. El segundo escenario es la contratación de una consultora para realizar la coordinación, en este caso se utilizan los costos de los proyectos coordinados por IDIEM.

Los valores de sueldos, software, hardware y tiempo de coordinación fueron consultados a Roberto Rojas (Jefe Unidad de Coordinación de Proyectos BIM en IDIEM)

Valores de referencia: UF=\$23.264,58 y US\$=\$529,5.

4.2.1. Implementación

a. Profesionales

Tabla 4.12: Costo Profesionales Proyecto 1 no coordinado

Profesional	Cantidad	Sueldo [\$]	Meses	Total [\$]	
Coordinador	1	\$ 1.200.000	3	\$ 3.600.000	
Dibujantes	2	\$ 800.000	3	\$ 4.800.000	Total [UF]
			Total	\$ 8.400.000	361,1

Tabla 4.13: Costo Profesionales Proyecto 2 no coordinado

Profesional	Cantidad	Sueldo [\$]	Meses	Total [\$]	
Coordinador	1	\$ 1.200.000	2	\$ 2.400.000	
Dibujantes	2	\$ 800.000	2	\$ 3.200.000	Total [UF]
			Total	\$ 5.600.000	240,7

b. Hardware

El valor de los Hardware es igual para los dos proyectos no coordinados.

Tabla 4.14: Costo Hardware proyectos no coordinados

Hardware [US\$]	Cantidad	Total [US\$]	Total [UF]
\$ 2.210	3	\$ 6.630	150,9

c. Software

El valor de los Hardware es igual para los dos proyectos no coordinados.

Tabla 4.15: Costo Software proyectos no coordinados

Software [US\$]	Cantidad	Total [US\$]	Total [UF]
\$ 5.302	3	\$ 15.906	362,0

Con estos valores el costo de implementación de los proyectos coordinados es el siguiente:

Tabla 4.16: Costo Implementación BIM proyectos no coordinados [UF]

	Proyecto 1	Proyecto 2
Profesionales	361,1	240,7
Hardware	150,9	150,9
Software	362,0	362,0
Total	874,0	753,6

El valor promedio de implementación de BIM cada 1000 m² es de 56,2 UF.

4.2.2. Consultora

Tabla 4.17: Costo consultora BIM proyectos coordinados

	UF	UF cada 1000 m ²
Proyecto 1	365	50,1
Proyecto 2	350	14,2
Proyecto 3	165	13,3
	Promedio	25,9

El valor promedio de consultora BIM cada 1000 m² es de 25,9 UF.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Interferencias e Inconsistencias

Con el objetivo de conocer entre qué especialidades se producen la mayor cantidad de interferencias se realiza un promedio de estas para los proyectos coordinados y no coordinados.

Para esto se utilizarán las mismas siglas usadas en el capítulo anterior.

Siglas de especialidades: (A) Arquitectura, (C) Cálculo, (CLI) Climatización, (ALC) Alcantarillado, (AP) Agua Potable, (ALL) Aguas Lluvia, (ELEC) Electricidad y (GAS) Gas.

Gráfico 5.1: Interferencias e Inconsistencias proyectos coordinados

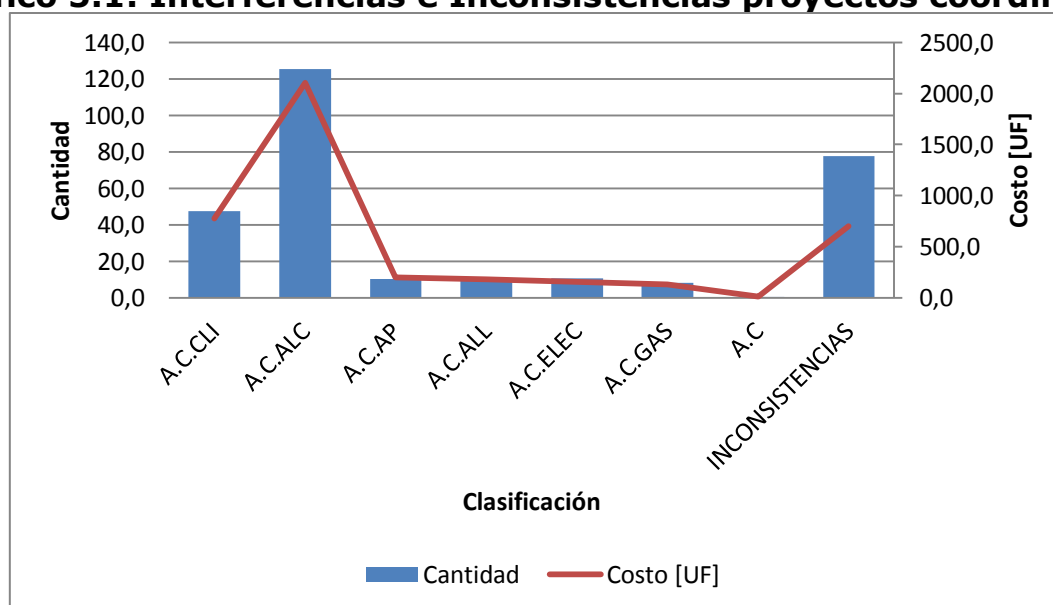


Gráfico 5.2: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias proyectos coordinados

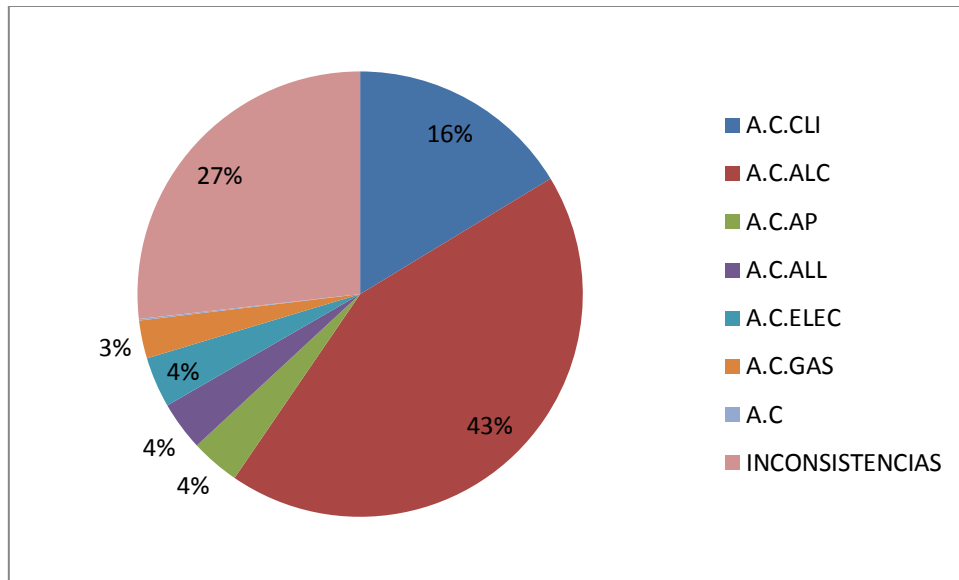


Gráfico 5.3: Interferencias e Inconsistencias proyectos no coordinados

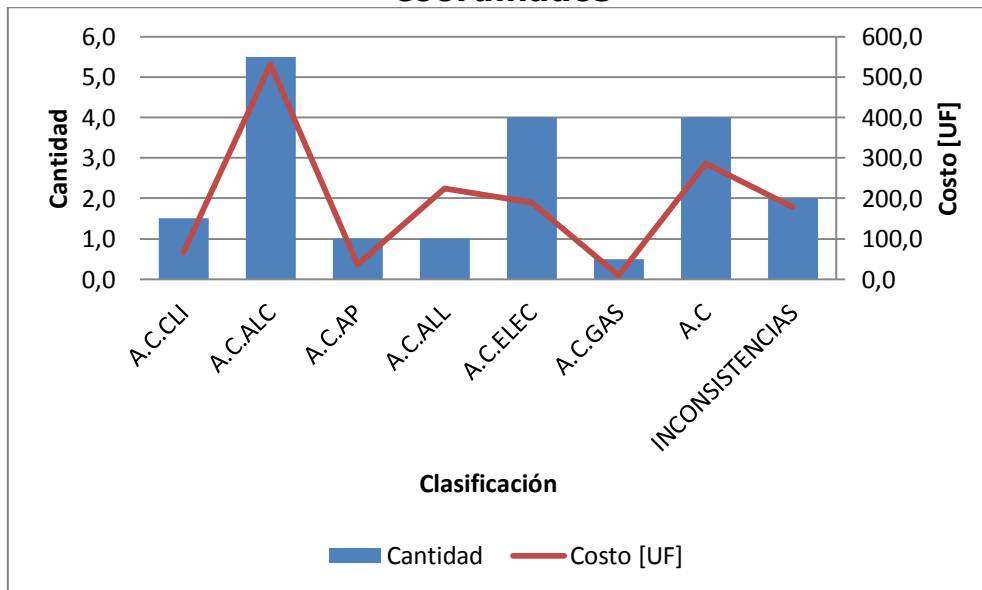
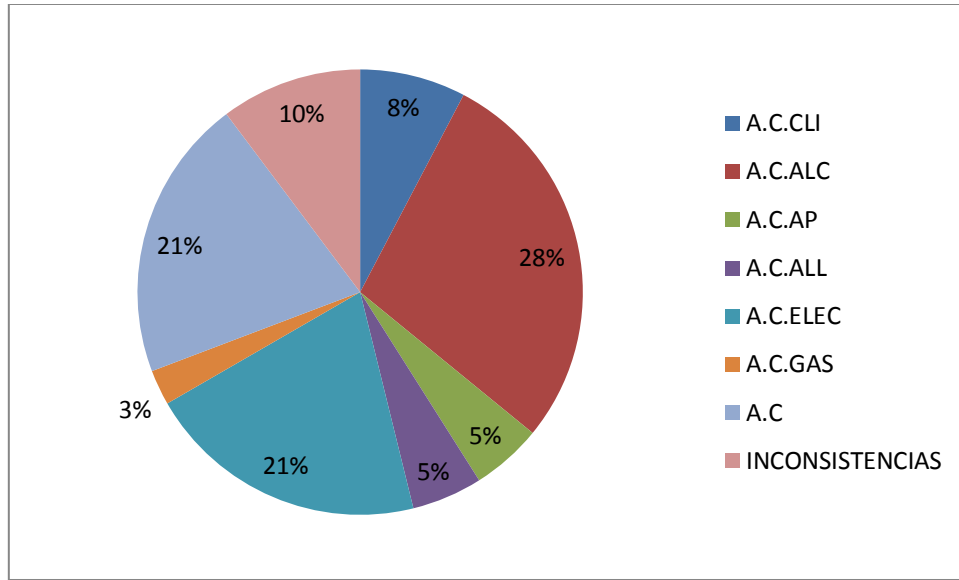


Gráfico 5.4: Porcentaje Interferencias e Inconsistencias proyectos no coordinados



Se puede observar que tanto para los proyectos coordinados como no coordinados la mayor cantidad de interferencias se produce entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado, además es la con mayor costo asociado.

5.2. Categorías RDI y OO.EE.

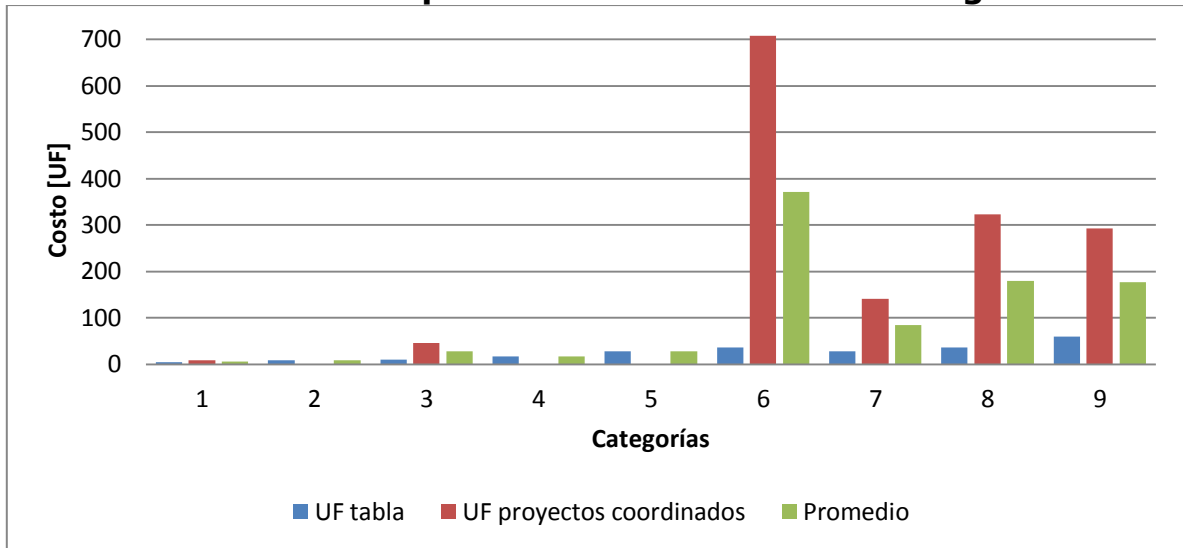
Después de clasificar todas las RDI y OO.EE. se modifica la categoría 4 de la tabla de clasificación definida como: "La especialidad no indica pasadas en losas en proyectos. Especialmente en cálculo para ductos de Aguas Lluvias, Alcantarillado, Clima, etc.", se agrega a esta categoría pasadas en muros y vigas.

Debido a que en la clasificación por categorías de los proyectos no coordinados se consideran los valores reales de las Obras Extraordinarias estos son diferentes a los definidos en la tabla de categorías. Es por esto que en primer lugar se calcula un promedio de cada categoría de los proyectos no coordinados y luego se calcula el promedio entre estos últimos y los valores de la tabla de categorías. Para los puntos 2,4 y 5 no se tiene información de OO.EE. en los proyectos no coordinados por esto el valor promedio se mantiene igual al de la tabla.

Tabla 5.1: Comparación valores tabla de categorías con valores reales de Obras Extraordinarias

Categorías	UF tabla	UF proyectos coordinados	Promedio
1	4	7,7	5,9
2	8	0,0	8,0
3	10	45,5	27,8
4	16	0,0	16,0
5	28	0,0	28,0
6	36	707,4	371,7
7	28	141,3	84,6
8	36	323,0	179,5
9	60	292,7	176,4

Gráfico 5.5: Comparación valores tabla de categorías



Se puede observar que para todas las categorías de las que se tiene información el valor asociado a cada una en los proyectos coordinados es mayor al definido en la tabla de categorías, debido a esto el valor promedio también es mayor.

Si se utilizaran los valores promedios para los proyectos coordinados el beneficio del uso de BIM sería mayor.

5.3. Evaluación de beneficios

Con el fin de poder comparar los beneficios de los proyectos coordinados y no coordinados se calculan los ahorros en UF cada 1000 m² de cada proyecto.

Tabla 5.2: Ahorros en UF cada 1000m² proyectos coordinados y no coordinados

Coordinados	
Proyecto 1	309,4
Proyecto 2	273,8
Proyecto 3	301,9
Promedio	295,0
No Coordinados	
Proyecto 1	83,0
Proyecto 2	128,0
Promedio	105,5

El ahorro promedio de los proyectos coordinados es mayor al de los no coordinados, esto se debe a que en estos últimos se pueden encontrar repeticiones de interferencia o inconsistencias, logrando su detección temprana. Además existen Obras Extraordinarias que no se realizan debido al alto costo que implicaría su ejecución.

Con la información obtenida para los proyectos no coordinados se puede decir que con el uso de BIM se podrían evitar un 27% de las Obras Extraordinarias, vinculadas a un 20,5% de los costos.

Para evaluar el beneficio se utilizara el indicador ROI, calculado como:

$$ROI = \frac{Ahorro_{neto_{proyecto\ x}}}{Costo_{proyecto\ x}}, \text{ con } Ahorro_{neto_{proyecto\ x}} = Ahorro_{proyecto\ x} - Costo_{proyecto\ x}.$$

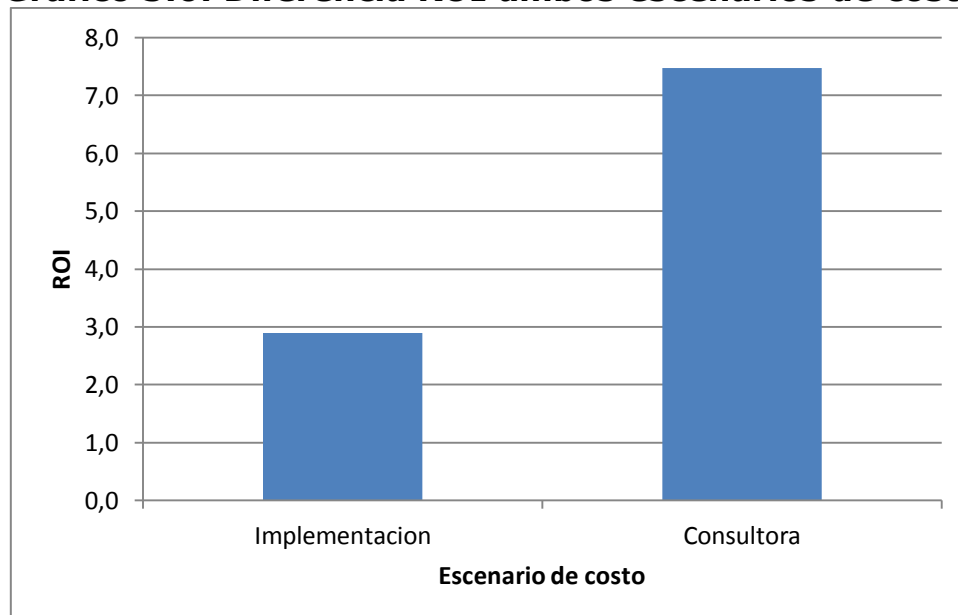
Tabla 5.3: Ahorros netos en UF proyectos coordinados y no coordinados.

Coordinados		
	Implementación	Consultora
Proyecto 1	1844,4	2065,5
Proyecto 2	5371,4	6121,0
Proyecto 3	3036,9	3412,2
No Coordinados		
	Implementación	Consultora
Proyecto 1	514,6	1099,1
Proyecto 2	806,2	1147,3

Tabla 5.4: ROI proyectos coordinados y no coordinados

Coordinados		
	Implementación	Consultora
Proyecto 1	4,5	11,0
Proyecto 2	3,9	9,6
Proyecto 3	4,4	10,7
No Coordinados		
	Implementación	Consultora
Proyecto 1	0,5	2,2
Proyecto 2	1,3	3,9
PROMEDIO	2,9	7,5

Gráfico 5.6: Diferencia ROI ambos escenarios de costo



Para los cinco proyectos estudiados el Ahorro Neto es mayor a cero, por lo tanto el Retorno sobre la Inversión también lo es. Es decir, en todos los proyectos el uso de BIM es rentable, siendo más rentable en el caso de realizar la coordinación a través de una consultora.

Es importante mencionar que el costo de implementación está considerado como primera vez, contemplando los valores de hardware y software. Estos gastos se realizarían solo una vez, bajando el costo de implementación.

Hay que tomar en cuenta que los beneficios obtenidos corresponden a los evitados con coordinación BIM, sin considerar otras aplicaciones antes mencionadas como prefabricación, modelos 4D, cubicación, etc., que se reflejarían en otros beneficios en términos de reducción de costos, aumento de productividad y mejora de calidad del producto.

Se compararán los Retornos sobre la Inversión de los proyectos estudiados con proyectos en el extranjero. Independiente del tipo de aplicación de BIM utilizada (prefabricación, coordinación, detección de interferencias, etc.) es importante comparar los ROI. Estos fueron calculados como

$$ROI = \frac{\text{Ahorro neto BIM}}{\text{Costo BIM}}$$

Tabla 5.5: ROI proyectos en el extranjero (GIEL, 2008)

Proyecto	ROI
Biblioteca GSU	6,4
Acuario Hilton	7,8
Centro de Datos HP	2,4
Raleigh Marriot	115,6
Laboratorio de Ciencias NAU	329

Se puede observar que todos los ROI son atractivos, siendo los ahorros generados por el uso de BIM más de 2 veces lo invertido en todos los proyectos. Por otro lado, los valores obtenidos para los proyectos analizados coordinados y no coordinados son cercanos a los de los proyectos en el extranjero, considerando que los estudiados son todos edificios habitacionales y los extranjeros de distintos tipos.

6. CONCLUSIONES

Queda claro que la coordinación de proyectos es una parte fundamental en el éxito de un proyecto de construcción, pues mientras esta sea realizada de mejor manera son mayores los beneficios y menores los costos. Con el transcurso de los años los proyectos son cada vez más complejos, involucrando mayor cantidad de recursos y actores. Es por esto que se debe buscar herramientas que mejoren la gestión en los procesos de diseño, construcción, control, operación y mantenimientos de un proyecto. Una de las herramientas que ofrece estas características es BIM.

Con una coordinación BIM es posible detectar interferencias en etapas previas a la construcción, evitando costos de Obras Extraordinarias. Además de esto, con el uso BIM, gracias a su modelo único que contiene información de todas las especialidades involucradas en el proyecto, es posible mejorar la toma de decisiones, reduciendo potenciales pérdidas y tiempo de construcción.

En Chile aún no se llega a niveles de conocimiento y uso de BIM como en el extranjero, pero se está avanzando rápidamente. Esto se ve reflejado en el aumento en el conocimiento (del 19% en 3 años) y utilización (aumento al triple) de la tecnología BIM. Por lo mismo es importante aumentar las capacitaciones sobre el tema, ya que siguen siendo las mayores dificultades de trabajar con BIM la falta de experiencia y capacitación. Además de esto debería existir una preocupación por parte del Estado, a través de incentivos y creación de normas que al menos recomienden el uso de BIM.

Al realizar la clasificación de interferencias e inconsistencias de RDI y OO.EE. se obtuvo que lo más frecuente son las interferencias entre Arquitectura, Cálculo y Alcantarillado, razón por la cual se debe dar una mayor preocupación en estas especialidades con el objetivo de reducir las interferencias.

Del análisis por categorías se puede decir que los valores definidos por IDIEM están bajo los calculados en los proyectos no coordinados.

Dado que el objetivo principal de este trabajo fue calcular el real beneficio de la coordinación BIM en proyectos habitacionales, es importante mencionar que los beneficios calculados son sólo de coordinación de especialidades. Al detectar conflictos entre estas y aquellos, los beneficios monetarios podrían aumentar si se utilizan otras características que BIM ofrece, tales como la

prefabricación, programación, cubicación, etc., gracias a la reducción en el tiempo que estas implican.

En todos los proyectos tanto coordinados como no coordinados se producen ahorros. Para los proyectos coordinados existe un ahorro promedio de 295 [UF] cada 1000 m² y en los no coordinados de 105,5 [UF] cada 1000 m². El menor ahorro en proyectos no coordinados se puede deber a que en obra no todas los problemas encontrados se toman como Obras Extraordinarias, disminuyendo también la cantidad pero no así el tiempo de ejecución.

Para saber si realmente es rentable la coordinación BIM se utiliza el Retorno sobre la Inversión como indicador considerando dos escenarios de costo. Con el primer escenario calculado como una implementación de BIM el ROI es de 2,9; es decir, por cada UF que se invierte en la implementación se ahorran 2,9 [UF] y en el segundo coordinado por una consultora es de 7,5, o sea por cada UF que se invierte en la coordinación se ahorran 7,5 [UF]. En ambos casos, mayor a cero.

Por ende, es rentable la utilización de la tecnología BIM para la coordinación de edificios habitacionales.

Bibliografía

ANDERSON, R., n.d. *An Introduction to the IPD Workflow*, Estados Unidos: s.n.

Anon., MR AS BUILT. *MR AS BUILT*. [Online]

Available at: http://mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html

BETANCOURT, J., 2011. *Ciudades amnésicas: Construcción del Mall del centro en Concepción, ¿Qué patrimonio nos hereda el retail?*. [Online]

Available at: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2011/01/19/ciudades-amnesicas-construccion-del-mall-del-centro-en-concepcion-%C2%BFque-patrimonio-nos-hereda-el-retail/>

CAMPOS, E., 2009. *Sobre la B, la I y la M en BIM: Modelado de información para la edificación*. [Online]

Available at: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/30/sobre-la-b-la-i-y-la-m-en-bim-modelado-de-informacion-para-la-edificacion/>

CARDET, V., 2011. *BIM Nociones Generales*. Santiago, Chile, Seminario Building Information Modeling (BIM).

CARDET, V., 2011. *Building Information Modeling (BIM), Experiencias y Desafíos*. Santiago, Chile, Seminario Building Information Modeling (BIM).

COORDINA, 2012. *Coordina BIM Consulting, Salud*. [Online]

Available at: <http://www.bimconsulting.cl/#!Salud|ctzx>

DERYSH, I., 2014. *3D Printer*. [Online]

Available at: <http://www.3dprinter.net/rhino-3d-review>

DISPENZA, K., 2010. *The Daily Life of Building Information Modeling (BIM)*. [Online]

Available at: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>

[Accessed 2013].

E & S, 2011. *Levantamiento en 3D y detección de interferencias Mall Center Concepción*. [Online]

Available at: <http://www.eyingenieria.cl/experiencia/17-2011/24-levantamiento-en-3d-y-deteccion-de-interferencias-mall-center-cocepcion.html>

GIEL, B., 2008. *Return on investment analysis of vuilding information modeling in construction*, Florida: Universidad de Florida.

GSA, 2007. *3D-4D Building Information Modeling*. [Online]

Available at: http://www.gsa.gov/portal/content/105075?utm_source=PBS&utm_medium=print-radio&utm_term=bim&utm_campaign=shortcuts

HERNÁNDEZ Silva, N. D., 2011. *Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM*, Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

HOK, 2011. *New Dali Museum Opens in St. Petersburg, Fla.*. [Online]

Available at: <http://www.hok.com/about/news/2011/01/10/new-dali-museum-opens-in-st-petersburg-fla/>

JUHOLA, V., 2011. *Finland, Norway, Singapore, USA lead progress in construction*. [Online]

Available at: <http://www.bimsightblog.com/finland-norway-singapore-usa-lead-progress-in-construction-industry/>

KOJA, 2012. *Derby Bussines Park*. [Online]

Available at: http://www.koja.fi/en/air_handling/air-handling-2/reference-projects/derby-business-park-4

KUBIC, 2012. *Echeverría Izquierdo: Edificio Hermanos Amunategui*. [Online]

Available at: <http://www.kubic.cl/newsite/2012/04/echeverria-izquierdo-edificio-hermanos-amunategui/>

Manager, C., 2011. *BIM to be compulsory on all government projects*. [Online]

Available at: <http://www.construction-manager.co.uk/news/bim-be-compulsory-all-projects/>

McGRAW-HILL, C., 2012. *The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012)*, s.l.: s.n.

MCGRAW-HILL, C., 2013. *BIM Adoption Expands from 17% in 2007 to over 70% in 2012, According to New McGraw-Hill Construction Report*. [Online]

Available at: <http://www.construction.com/about-us/press/bim-adoption-expands-from-17-percent-in-2007-to-over-70-percent-in-2012.asp>

MOP, 2011. *Bases de Licitación para "Concesiones de Establecimientos de Salud"*. Santiago, Chile: s.n.

POMIERSKI, D. M., n.d. *Building an understanding of the revolutionizing our industry*, Tampa: s.n.

PYNN, C., 2012. *BIM in Singapore*. [Online]

Available at: <http://fieldsofactivity.com/portfolio/bim-in-singapore/>

ROJAS Pizarro, R., 2010. *BIM (Building Information Modeling) Un cambio de Paradigmas*, Santiago: s.n.

ROJAS, R., 2011. *BIM: Chile y el mundo*. Santiago, Chile, Seminario Building Information Modeling (BIM).

SALDÍAS Silva, R. O., 2010. *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*, Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

SINERGÍA, 2012. *Oficinas Hermanos Amunategui*. [Online]

Available at: http://www.nuevalascondes.cl/galeria_hermanos_amunategui.html

TEKLA, 2009. *Global BIM Awards 2009*. [Online]

Available at: <http://www.tekla.com/international/Tekla-global-BIM-awards-2009/Pages/view-entries-1-bim.aspx>

TEKLA, 2012. *Derby Business Park*. [Online]

Available at: <http://www.tekla.com/international/solutions/building-construction/Documents/Tekla-global-BIM-awards-2012/bim-derby-business-park.html>

TRACEY, P., 2014. *Paul The CAD*. [Online]

Available at: <http://paulthecad.co.uk/blog/>

TROJAOLA & LISTE, 2012. *Detección de Interferencias y Conflictos Constructivos*. [Online]

Available at: <http://www.trojaolayliste.es/secciones/serviciosbim/08.php>

VEILLETTE, C., 2012. *BIM chapter 1 (Part 2) - Origins of BIM*. [Online]

Available at: <http://bimerworld.blogspot.com/2012/03/chapter-1-part-2-origins-of-bim.html>

WONG, A., WONG, Francis & NADEEM, Abid, 2010. *COMPARATIVE ROLES OF MAJOR STAKEHOLDERS FOR THE*, Hong Kong: s.n.

WSP, 2010. *Crusell Bridge, Helsinki*. [Online]

Available at: <http://www.wspgroup.com/en/Sectors/All/Crusell-Bridge-Helsinki/>

Anexo 1

A continuación se incorpora la encuesta realizada para conocer el uso de BIM en Chile.

ENCUESTA Proyecto de Título “Beneficios de la coordinación de proyectos BIM en edificios habitacionales”

El mencionado Proyecto de Título consiste en cuantificar los beneficios de la coordinación de proyectos coordinados con la tecnología BIM. A través de la cuantificación y comparación de Requisitos de Información y Obras extraordinarias en proyectos tanto coordinados como no coordinados.

El objetivo de la siguiente encuesta es rescatar experiencias y percepciones de la tecnología BIM (Building Information Modeling)

NOMBRE:

CARGO:

PROFESIÓN:

USO DE BIM

1. *¿Conoce la tecnología BIM?*

- Si
- No

2. *¿Ha trabajado con BIM en proyectos de edificios habitacionales?*

- Si
- No

3. *Si no lo ha hecho ¿Por qué?*

- Desconocimientos
- Costos muy altos
- No he tenido la oportunidad
- Otro: _____

4. Si lo ha hecho ¿Qué nota le podría a la experiencia y volvería a hacerlo? (Entre 1 y 7 siendo 7 la más alta)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

5. ¿Cuáles fueron las principales dificultades al trabajar con BIM?

- Falta de experiencia
- Costos de implementación muy altos
- Falta de capacitación
- Hardware no compatibles
- Otro_____

Anexo 2

A continuación se incorpora el listado de OO.EE. de los proyectos no coordinados y su clasificación.

Tabla 0.1: Clasificación OO.EE. proyecto 1 no coordinado

N°	Descripción	Problema de coordinación		UF	Categoría	Clasificación
		Si	No			
1	Demolición de costrón		x			
2	Acta de diligencia y fotografías ante notario		x			
3	Modificación de estanque de agua (3º Subt.)	x		298,08	9	INCON
4	Modificación de eje L entre 2 y 8.	x		29,35	9	INCON
5	Modificación proyecto de cálculo por cambio de versión.		x			
6	Corte de machón EURO.		x			
7	Empalme eléctrico de obra. No se considera en la suma.		x			
8	Apuntalamiento de muro de adobe vecino.		x			
9	Modificación de un arranque de agua potable para locales comerciales		x			
10	Reparaciones y arreglos sala de venta		x			
11	Canaletas de aguas lluvias		x			
12	Modificación de vanos (local comercial Lord Cochrane)		x			
13	Demolición de pilas eje 20.		x			
14	Demolición de pilas eje 21.		x			
15	Desbaste de pilas eje A.		x			
16	Gastos generales aumento de plazo.		x			
17	Cambio de ripio por estabilizado natural, en radier.		x			
18	Pilar adicional en encuentro de muro de eje 20 con G.	x		18,89	7	INCON
19	Piloto tramoya en sala de ventas (rehacer piloto tramoya)		x			
20	Apuntalamiento de muro de adobe.		x			
21	Demolición de muro de adobe y cierro con Obs.		x			
22	Cambio de ubicación cámaras sentinas.	x		35	7	A.C.ALC
23	Mejoramiento de terreno a cubos ajustables.		x			
24	Paradas adicionales de ascensores de acuerdo a planos.	x		13,13	7	A.C.ELEC

25	Modificación en sala basuras para aprobación SESMA.	x		41,5	8	A.C.ALC
26	Cambio de tabique Hebel por Volcometal.		x			
27	Alarmas departamentos.		x			
28	Cambio de cerámica y porcelanato.		x			
28 a	Cambio de cerámica y porcelanato.		x			
29	Ajuste de precio por cambio de WC Caburga por Malibu.		x			
30	Cambio de jardinera a bicicletero.		x			
31	Paradas adicionales de ascensores pisos (piso 23)		x			
32	cambio de cornisa en deptos		x			
33	cambio de cubierta de cocina (postformada a granito)		x			
35	Arreglos en sala de venta		x			
36	Focos embutidos sala de ventas		x			
37	Revisión de proyecto de gas (ECOGAS)	x		9	1	INCON
38	Fosa séptica sala de ventas con limpieza		x			
39	Cambio de piso flotante por porcelanato en hall de 1er piso.		x			
40	devolución crédito 65% del IVA por artefactos. Horno, encimera, campana, frigobar		x			
41	Sello F-120 escala		x			
42	cambio de manilla por perillon en puerta de acceso		x			
43	cambio de plafon sobrepuesto por foco embutido en pasillos		x			
44	vigones adicionales	x		128,75	6	A.C.ALC
45	espejos más grandes en baños		x			
46	fierro adicional por aumento de trabas		x			
47	fierro adicional por eliminación de dúplex		x			
48	fierro adicional por modificación eje 17		x			
49	muros no estructurales		x			
50	elevación de muros en sala caldera	x		45,78	8	A.C.AP
51	ensanchamiento de tabique por ancho de tablero eléctrico	x		22,28	3	A.C.ELEC
52	sello F-120 Escala		x			
53	Focos tortugas en baños		x			
54	Copia de planos no entregados		x			
55	Ensanchamiento de shaft	x		37,05	3	A.C.ELEC

56	Cambio de línea de aluminio columbia por xelentia		x			
57	Pago costos de estudio CHILECTRA		x			
58	Canalización de balizas e instalación de 8 solicitadas	x		82,9	6	A.C.ELEC
59	Filtro en pileta de acceso edificio		x			
60	Cableado TV abierta desde shaft hacia deptos.		x			
61	Gastos generales por demolición de pilas y feridos		x			
62	Muro acústico volcometa piso 23		x			
63	Mueble adicional local 1		x			
64	Plataforma apoyo grupo electrógeno		x			
65	Plan emergencia bomberos		x			
66	Poliuretano Sikaflex1-A en dilatación fachada		x			
67	Modificación piso 23 y 24		x			
68	Cambio de melamina en muebles de cocinas		x			
69	Baranda entre -2 y -3		x			
70	Losa con pendiente en jardín 1º piso		x			
71	DESCUENTO DE PINTURA CIELO SUBT Y BODEGAS		x			
72	Gradas de barco en terrazas		x			
73	Modificación ductos de basura piso 23	x		15	3	A.C.ALC
74	Relleno hormigón pobre piscina		x			
75	Cambio de tabique acústico dormitorio 1 por descharchado pulido y maquillaje de yeso.		x			
76	Gastos generales por detención de obra gruesa.		x			
77	Picados y retapes por cambio de ubicación de mueble de cocinas		x			
78	Estructura central tabiques escalas		x			
79	Centros de luz e instalaciones en cielo	x		24,83	7	A.C.ELEC
80	Cambio de deck a baldosa granallada		x			
81	Afianzamiento de boiler		x			
82	Ampliación cielo falso piso 23		x			
83	Aumento de plazo nº 3		x			
84	Instalaciones eléctricas por eliminación de dúplex		x			
85	Calculista indica que se debe rellenar foso de ascensor se debe llenar con hormigón.	x		30,72	8	A.C.ELEC
86	Al instalar gradas de buque se debió retornar guardapolvo por interior y hacer terminación exterior de zócalo.		x			

87	Al aumentar altura de sala de máquina de caldera. (Se cobró obra gruesa en oo.ee. N° 50) se aumentó también las terminaciones interiores y exteriores de dichos recintos, estos últimos se cobran en este adicional.		x			
88	Se aumenta altura de puertas acceso a los departamentos, estas puertas eran de menor altura conforme a lo indicado en planos de propuesta de detalles y de cielos de halles.		x			
89	Certificado de bomberos		x			
90	Constructora propone cambiar materialidad de piso salas de basura, pasa de cerámica a baldosa ya que esta última tiene mayor vida útil del piso.		x			
91	Modificación de piso 22(al cambiar los dúplex hay 4 departamentos que cambiaron su forma y superficie).		x			
92	Mandante solicita evaluar el costo por cambiar los pavimentos de las salas de usos múltiples del piso 23 de cerámico a flexit.		x			
93	Mandante hace modificaciones en departamentos de piso 23, se entrega presupuesto por dichas modificaciones ⁸ todas las cubicaciones son la diferencia entre lo antiguo y lo nuevo).		x			
96	Arquitecto solicita modificar extractores de aire en piso 24 y para ello se debió cambiar su especificación y cantidades, además se debió hacer estructura metálica para poder sostenerlos y despejarlos a la altura que se solicitó.		x			
97	Se modificaron 3 puertas de usos comunes en salida a terraza piso 16 (desde interior caja escala) se eliminaron puertas vidriadas y se colocaron maderas F-30 y en pasillo piso 23 se colocó una puerta vidriada similar a la retirada en caja escala piso 16		x			
98	En proyecto eléctrico no figura alimentación eléctrica de ventiladores de extracción de piso 16 y 24.		x			
99	Modificación cenefa en 1º piso		x			

100	Nuevos escritorios en departamentos 12 y 10 desde piso 4 hasta 15		x			
101	Nueva repisa en shaft de basura (arquitecto solicito instalar más bandejas que las que indican planos)		x			
102	Se presupuesta alternativa de eliminar pavimento de caja escala original y pasar a pintura con cuarzo, se incluye el guardapolvo en pintura antes no estaba considerado.		x			
103	Cambios sala caldera, se instala pileta que no estaba contemplada en los planos y por lo mismo se ejecuta impermeabilización y sobrelosa ya que deben generarse las pendientes necesarias que dirian el agua a la pileta.	x		25,42	6	A.C.AP
104	En aclaraciones a la oferta se indica que no se ha considerado escala que va del 3er subterráneo, se adjunta presupuesto por la ejecución de la misma.	x		14,38	6	A.C
105	Arquitecto entrega ficha 511 en donde muestra nuevo detalle para salida a 1er piso de escaleras oriente torre B.		x			
106	Se modifica ducto de basura en piso 23 de torre A (se agrega 1 tolva) y en torre B se deben unir a nivel de piso 23 las dos verticales para poder pasar por interior de sala caldera y por lo mismo se debe instalar un ventilador en salida a los 4 vientos.	x		42	6	A.C.ALC
107	Arquitecto a raíz de cambios pisos 22 y 23(deptos. duplex) modifica fachada lado oriente y poniente.		x			
108	Mecánico de suelo define profundidad de sello de fundación mayor a lo considerado en planos originales, por lo mismo se debe realizar excavación adicional y posterior relleno con hormigón pobre.		x			
109	En informe entregado por la empresa de que entrega certificado de bomberos indica que la red inerte debe cambiar de ubicación siendo que a la fecha estaba casi completamente instalada en lugar		x			

110	Arquitecto solicita evaluar cambio de terminación de muros de 1º piso e instalar enchape de madera en vez de muro pintado Se adjunta plano indicando muros que desea cambiar.		x			
111	Inspección técnica solicita evaluar costo de hacer bodega en descanso de escalera que va desde 1er piso a 1er subte.		x			
112	Durante la obra se han requerido servicios adicionales y modificaciones para resolver problemas en terreno en lo que corresponde a calefacción, extracción y ventilación (SALA DE VENTA)		x			
113	Se modificaron centros de lavaplatos en 17 departamentos lo que provoco la siguiente modificación sanitaria.		x			
114	Se modifica cocina departamento 10 y 12 desde piso 5 a 15 por lo cual se debió modificar descargas de ccians de piso 2,3 y 4 además del avance en cielo piso 1(rampa vehicular)		x			
115	Se entrega adicional por modificaciones locales comerciales y por nuevas llaves de agua para jardín piso 1 y para sector acopio container de basura.		x			
116	Se modificó en dos oportunidades recorrido de colector en subterráneos.	x		200,28	8	A.C.ALC
117	Por efecto de ubicación de vertical de gas se debe retirar tabique, reubicar descarga de alcantarillado e instalar puerta vidriada entre sala de reuniones y terrazas cubierta en lado poniente piso 23.	x		17,77	8	A.C.GAS
118	En sala de caldera se especificó puerta de acceso de madera pero debe ser inifuga y por lo mismo se presupuesto metálica.		x			
119	En piso 24 se modifica Pérgola proyectada en planos de presupuesto, pasa de ser con vigas de madera a estructura metálica completa.		x			
120	Mandante solicita cotizar instalaciones de piso flotante en todo el departamento a solicitud del propietario, se destaca que dicho departamento ya tiene todos los pavimentos instalados.		x			

121	Se define qué frente de ascensores debe quedar tragado respecto de cabeza de muro existente, lo anterior genera un "plinto" (remate en ml) que no estaba considerado originalmente.	x		16,74	3	A.C.ELEC
122	En reunión de obra se plantea la posibilidad de pintar las tuberías de red húmeda y seca, se adjunta presupuesto de carácter informativo del costo de dicha acción.		x			
123	Se solicita presupuestar el colocar en terrazas piso 16 y 24 una impermeabilización tipo MIEL y retirar la membrana asfáltica que estaba pedida en la oferta.		x			
123 a	Se define doble impermeabilización en terrazas piso 16 y 24, para ello se colocará la membrana especificada y sobre ella pegar una membrana autoprotegida (lo anterior se conoce como impermeabilización Bicapa).		x			
124	En RDI 41 se indica que estanques deben llevar válvulas solenoides que no están consideradas		x			
125	En acta 41 punto 1,6 se decide pintar de gris todas las tuberías que pasan por los cielos de los subterráneos dado que se eliminó la pintura del cielo de esos sectores, el siguientes es el presupuesto por dichos cambios.		x			
126	Durante el transcurso de la obra se modificaron los departamentos tipo 10 y tipo 12 entre pisos 4 y 15, se adjunta presupuesto por dicha modificación		x			
127	En departamento tipo 09 se agregó tabique con lo cual aumentaron los m2 de papel y cerámica		x			
128	Se ejecuta nueva bodega en 3º subterráneo conforme a RDI 168		x			
129	Se entrega adicional por instalación de dilataciones y válvulas de retención que fueron solicitadas por proyectistas durante MARZO del 2011		x			
130	Se entrega adicional por colocar 2 nuevos puntos de red seca y húmeda en pisos 24 y 3 subterráneos		x			

131	Se nos solicita instalación de dos nuevos puntos de red húmeda que están ubicados en interior de local 2 y en muro oriente de local 5		x			
132	Se solicita colocar un sello antigraffiti sobre el mármol de las fachadas		x			
133	Se entrega presupuesto por modificación de proyecto de subterráneos en donde alambrado ya estaba ejecutado conforme a planos antiguo.		x			
134	Se entrega presupuesto por modificación en corrientes débiles en departamentos de piso 23 y salidas a terrazas de piso 16		x			
135	Arquitecto informa que puertas de caja escala que salen a estacionamientos 1º piso lado sur deben ser F-30 y no las puertas de celosía especificadas inicialmente.		x			
136	Se adjunta presupuesto por empalme Agua Potable y Alcantarillado.		x			
137	Durante la ejecución de la obra se han debido hacer modificaciones en terreno al proyecto de clima, se adjunta presupuesto en dichos cambios.(EDIFICIO)		x			
138	Se nos solicitó cotizar la instalación de planchas de polietileno expandido de 30mm en densidad de 30Kg/m3 a fin de pegar en terrazas de pisos 16 y 24 a fin de cumplir con norma térmica		x			
138 a	Se solicita cotizar la instalación de planchas de polietileno expandido de 50 mm en densidad de 30 kg/ m3 a fin de pegar terrazas de pisos 16 y 24 ha de cumplir con norma térmica.		x			
139	Se nos solicitó cotizar dos barandas de acero inoxidable. Una en reemplazo del pasamano proyectado inicialmente y otra a las salidas de la escalera de emergencia en 1º piso.		x			
140	Se nos solicita cotizar bicicletero conforme a detalle enviado, además se entrega presupuesto por terminación por dicho sector.		x			
141	Se entrega presupuesto por rejilla galvanizada piso 16 y 24	x		435,97	6	A.C.ALL
142	Reparaciones en departamento 215 ocupado por inmobiliaria como piloto		x			

143	proyecto de chilectra difiere de proyecto eléctrico cotizado por lo mismo se deben cambiar en verticales algunas cajas, tuberías, fijaciones, etc.		x			
144	Arquitecto entrega detalle de techo en terraza piso 16 el cual debe tener un vidrio blindado se adjunta presupuesto para proceder a su ejecución en caso de ser aprobado.		x			
145	Se entrega presupuesto por instalación de celosía en escalera pisos 2 al 15 y por colocar cristal laminado en ventanales piso a cielo (espacios comunes) de piso 23.		x			
146	En cambio materialidad de piscina se estimó la impermeabilización especificada, se adjunta el descuento.		x			
147	Modificación de vano local comercial 2 lord Cochrane (ídem extra nº 12 que corresponde a local comercial nº 1)		x			
148	Se adjunta presupuesto por repintar muros lado sur que están pintados en blanco y que deben ser pintados en tono café.		x			
149	En visita de obra se definió instalar piso tarket en salas de uso múltiple nº 2 en piso 23 y cerámica en terrazas cubierta, para dicho cambio se debe reparar en terrazas cubiertas el piso se deja constancia que en los piso que anteriormente tenían tarkett		x			
150	Se entrega presupuesto por provisión e instalación de estas gateras para acceder a equipos de ventilación instalados en techo de cajas de ascensores de ambas torres.		x			
151	Arquitecto re entrega detalle de baranda a instalar en salida de ascensores torre B debido a la diferencia de alturas que existe entre el hall y los estacionamientos.		x			
152	Arquitecto entrega detalle con nueva estructuración de portón vehicular, se entrega presupuesto.		x			
153	Modificación de revestimiento en fachada Lord Cochrane y Eluterio Ramírez , mármol por porcelanato		x			
154	Se agrega ventana V77 que no estaba considerada en planos de `propuesta		x			

155	Se cobra retiro de empalme existente en el terreno y UD Y agua en locales comerciales todo lo anterior ya fue cancelado por la constructora.		x			
156	Se descuenta lo cobrado en adicional correspondiente a fosa alcantarillado en local comercial ya que en contacto se indica que gasto debe ser asumido por la constructora.		x			
157	Se entrega presupuesto por modificación en estacionamientos y rampa lado sur de 1º piso conforme a nuevos planos entregados por arquitecto.		x			
158	Se entrega presupuesto por ejecución de cielo más bajo al interior de baños, cocinas y bodega de locales comerciales 3 a 5, lo anterior solicitud de arquitecto.		x			
159	Se entrega presupuesto por revisión de ascensores		x			
160	Estructura metálica en cubierta acceso vehicular, planos muestran terminación que debe llevar pero no estaba diseñada la estructura necesaria para sujetarla.		x			
161	Ganchos para barra de closet, en reunión de obra se solicita instalar.		x			
162	se entrega presupuesto por cambio en vigas cielo piso 23		x			
163	Se modifica pavimentos de locales comerciales 3, 4,5.		x			
164	Se debe aplicar pilas por constructora anterior de la altura de llenado es mayor que la altura de piso terminado tras locales comerciales terminados de eluterio Ramírez.		x			
165	Se pide ejecutar cielos y vigones falsos para tapar tuberías al interior en escaleras de emergencia en piso, se hace notar que todas las soluciones son F-120 y precio se debe componer.		x			
166	Se entregó nuevo detalle de mueble recepción y cartero, se entrega presupuesto por diferencia a de valor y por muro que se debió enchapar dado que se cambió cartero de ubicación.		x			

167	Se nos solicita instalar forros de hojalatería entre los muros de la obra y los muros de las edificaciones vecinas		x			
168	Se debe hacer rellenos en losas para poder evacuar aguas o para dar accesos Hall de asesores de subterráneos.	x		12,48	6	A.C.ALL
169	En reunión de obra se decidió eliminar jaboneras en baños.		x			
170	Se presupuesta ejecución veredas conforme a planos entregados por arquitectos y aprobado por municipalidad.		x			
171	Se nos pide reparar y pintar muros de propiedades vecinas que tienen vista desde el edificio.		x			
172	En sector estacionamientos tras locales comerciales el mecánico de suelo entrega detalle pidiendo 20 cm de estabilizados bajo pavimentos, por otra parte se cambia asfalto considerado bajo techo en acceso vehicular por hormigón.		x			
173	En cambios de departamentos dúplex se eliminan escalas gateras, se entrega disminución por dicho efecto.		x			
174	Aguas lluvias locales comerciales		x			
175	Modificación local comercial 5		x			
176	Pintar franja amarilla en todos los muros de estacionamientos.		x			
177	Estructura metálica equipo aire acondicionado sala de venta		x			
178	Modificaciones en subterráneos por revisión de arquitectura.		x			
179	Pintar cantería entre enchape de madera		x			
180	barandas en sala de ascensores		x			
181	techo vidriado en tronera de ventilación		x			
182	Ventana quiebra vista sala de máquinas.		x			

Tabla 0.2: Clasificación OO.EE. proyecto 2 no coordinado

N°	Descripción	Problema de coordinación		UF	Categoría	Clasificación
		Si	No			
1	pago a chilectra por proyecto		x			
2	modificación departamento n° 908		x			
3	modificación departamento n° 804		x			
4	modificación muebles de cocinas		x			
5	escala 1º subterráneo	x		40,9	7	A.C
6	se agrega un radiador (7 unidades)		x			
7	codos horizontales (evitar pasadas)	x		51,76	7	A.C
8	pasadas varias en subterráneos	x		28,02	7	A.C
9	instalaciones para segunda etapa	x		258	9	A.C
10	pasadas red seca horizontal	x		4,04	7	A.C.ALC
11	lavandería	x		6,49	1	A.C.ALC
12	lavapies, ducha, alimentación piscina	x		44,41	8	A.C.ALC
13	losa filtro de piscina	x		5,29	6	A.C.ALC
14	ventilaciones inferiores de sala de caldera	x		5,93	7	A.C.CLI
15	ventilacion superior dptos 3 y 6	x		9,9	7	A.C.CLI
16	subcontrato de ud aguas andinas		x			
17	contrato proyecto serviu		x			
18	riego jardín y rellenos	x		540	6	A.C.ALC
19	tarimas ni terrazas en zonas de piscinas		x			
20	adicionales de electricidad	x		150	8	A.C.ELEC
21	extención obra (65,97 m2)		x			
22	ventilación loggia	x		115,57	8	A.C.CLI
23	cocinas y baños, incorporación departamento del 9º al 14º		x			
24	gargolas hasta el piso 12	x		43,61	7	A.C

25	pintura color ladrillo en fachada		x			
26	revestimientos canterías costados hall primer piso		x			
27	ceramica cocina dptos tipo d		x			
28	mueble de cocina dptos nº 8		x			
29	gradas sector de quincho		x			
30	receptaculo en lugar de tina dptos 1005 y 1105		x			
31	mueble de recepción primer piso y cubierta de granito		x			
32	cerámica shaft edificio		x			
33	puerta escape pvc		x			
34	soquetes exigidos por sec		x			
35	piso laminado depto 504		x			
36	home office grande		x			
37	radiadores adicionales		x			
38	chilectra (jorge rivera)		x			
39	tabique y cubierta sala de ventas		x			
40	demoliciones radieres	x		6,55	7	A.C
41	enchape acceso		x			
42	cubre manifold	x		127,6	6	A.C
43	patas muebles de cocina		x			
44	pilar pérgola		x			
45	luminarias exteriores		x			
46	shaft levantado en quincho		x			
47	tabique jacuzzi		x			
48	cielos bodega		x			
49	tabique ducto presurización		x			
50	proyección ventilación exterior		x			
51	portón nº 2		x			
52	radiador jacuzzi		x			
53	puerta piso 1 sector oriente		x			
54	tabique bajo escala		x			
55	tabique bodega modificada		x			

56	barras antipánico puertas escala piso 1		x			
57	murete de contención valcast		x			
58	modificacion bodegas		x			