



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

**PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACIÓN DE ESPECIALIDADES EN PROYECTOS CON  
PLATAFORMA BIM**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**NICOLÁS DAVID HERNÁNDEZ SILVA**

**PROFESOR GUIA:  
WILLIAM GEORGE WRAGG LARCO**

**MIEMBROS DE LA COMISION:  
RICARDO ENRIQUE ROJAS PIZARRO  
CARLOS NOLASCO AGUILERA GUTIÉRREZ**

**SANTIAGO DE CHILE  
MAYO 2011**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, en especial a mis padres Leonardo y Patricia, por su incondicional apoyo en todo momento; a ellos les dedico todo mi esfuerzo y labor empleado para la realización de este trabajo de título. A mis amigos y a las personas especiales que me han acompañado a lo largo de mi desarrollo personal y académico.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de título, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte del autor, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré.

A mi profesor guía, Sr. William Wragg, quien siempre mostró gran disponibilidad para ayudarme a lo largo de la investigación. A Ricardo Rojas, quien fue un pilar fundamental de conocimiento sobre el tema investigado.

A la corporación de desarrollo tecnológico de la cámara chilena de la construcción, su colaboración ha ayudado en varios aspectos de esta investigación, en conocimiento, infraestructura, contactos, etc. Un especial agradecimiento a Roberto Rojas por aportar personalmente con sus ideas y conocimiento.

A la oficina de ingeniería René Lagos Engineers quienes aportaron con espacios de trabajo y conocimientos sobre el tema de la investigación.

Y a todas las personas y empresas quienes aportaron con su tiempo en entrevistas, consultas e información.

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
POR: NICOLAS HERNANDEZ S.  
FECHA: 27/05/2011

“PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACIÓN DE ESPECIALIDADES  
EN PROYECTOS CON PLATAFORMA BIM”

La presente investigación trata sobre mejorar la coordinación de las distintas especialidades que están presentes en un proyecto de construcción en donde se trabaja mediante las metodologías Building Information Modeling (BIM).

BIM, que su traducción al español vendría siendo modelamiento de la información para la edificación, es el conjunto de tecnologías y formas de trabajo que se emplean en el diseño y creación de proyectos de construcción. BIM consiste, en primer lugar, en diseñar los proyectos en plataformas 3D. Estos software, además de tener grandes opciones de visualización, cuentan con toda la información del proyecto en el modelo 3D, esto hace que BIM sea muy útil, ya que el traspaso de información es mucho más rápido que en los proyectos normales. En la actualidad BIM está comenzando a ser utilizado en varias empresas del rubro de la construcción en Chile; pese a esto, como se trata de una forma distinta de trabajar, no es fácil de implementar ya que, entre otras complicaciones, se requiere inversiones en tecnología, capacitación y personal.

De esta manera, el presente trabajo de título se enfoca fundamentalmente en el cómo implementar mejor BIM y, especialmente, en llevar a cabo un procedimiento para que las distintas especialidades de un proyecto puedan guiarse en esta metodología, lo cual mejorará la interacción entre ellas.

Para lograr este procedimiento se realizó, en primer lugar, un levantamiento del estado del arte actual de la coordinación de las especialidades en proyectos de construcción en Chile, y, de esta forma, ver donde se centran los problemas al momento de diseñar y construir. Dado esto, luego de entrevistas con distintas empresas del rubro se logró ejecutar el procedimiento, en el cual se explica paso a paso como se deben coordinar las especialidades. Principalmente se enfoca en arquitectura y estructura, pues, dichas especialidad tienen mayor influencia en la toma de decisiones en un proyecto.

Finalmente, se propone a modo de ensayo la aplicación del procedimiento de coordinación para un proyecto de construcción, en cual, se sugiere sea tratado en una futura investigación. También, se establecen los temas a tratar con los objetivos generales y específicos. Además, se muestran recomendaciones de metodologías a seguir, supuestos a asumir e información necesaria para que se tenga un punto de partida bastante claro sobre la investigación propuesta.

## TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	II
Agradecimientos .....	III
Indice de Figuras .....	VIII
Indice de Graficos .....	IX
Indice de Tablas .....	X
Introduccion .....	12
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	14
CAPITULO I.....	15
LEVANTAMIENTO ESTADO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA COORDINACION DE PROYECTOS EN CHILE .....	15
1.1 Análisis General.....	16
1.1.1 Tablas Resumen .....	17
1.2 Análisis Específico.....	20
1.3 Discusión y Análisis de Resultados .....	23
CAPITULO II .....	26
PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION DE ESPECIALIDADES EN PROYECTOS DE CONTRUCCION EN PLATAFORMA BIM .....	26
2.1 Metodología .....	31
2.1.1 Ingeniería Concurrente.....	33
2.2 Procedimiento General para todas las especialidades .....	37
2.2.1 Etapa de diseño esquemático .....	37
2.2.2 Etapa de Diseño .....	45
2.2.3 Etapa de Construcción .....	56
2.4 Recomendaciones Particulares.....	62

2.4.1 Proyecto de Ingeniería Estructural.....	62
2.4.2 Proyecto de Arquitectura .....	63
2.4.3 Mandante.....	63
2.4.4 Subcontratistas .....	63
CAPITULO III.....	64
PROPUESTA DE ENSAYO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION.....	64
3.1 Tema .....	64
3.1.1 Objetivo General.....	64
3.1.2 Objetivos Específicos.....	65
3.2 Requisitos.....	65
3.3 Metodología Recomendada.....	67
CAPITULO IV.....	70
CONCLUSIONES .....	70
4.1 Resultados Obtenidos.....	70
4.2 Comprobación de la Hipótesis .....	72
4.3 Conclusión General.....	73
4.4 Aporte al Campo .....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
ANEXOS.....	76
Anexo N°1: Lista de entrevistados para levantamiento del estado del arte. ....	76
Anexo N°2: Datos estadísticos levantamiento estado del arte. ....	77
Análisis técnico poblacional de los problemas que presentan las especialidades.....	77
Análisis técnico poblacional de los problemas que presentan los especialistas.....	79
Anexo N°3: Documentos Procedimiento de Coordinación. ....	82
Guía de diseño.....	82
Acta de reunión. ....	87

Guía de Detección.....	91
RDI.....	92
RDI (BIM). ....	94
Anexo N°4: Esquemas Resumen. ....	102

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Integrantes que interactúan mediante BIM .....	13
Figura 2.1: Interacción entre áreas de un proyecto con BIM .....	27
Figura 2.2: Interacción entre 2 productos Autodesk, Revit Structure y Robot Structural Análisis.....	28
Figura 2.3: Interacción Robot Structural Análisis con los planos 2D generados. ....	29
Figura 2.4: ejemplo esquemático interacción entre productos Autodesk.....	30
Figura 2.5: Flujo de Información en el ciclo de vida. ....	32
Figura 2.6: Concepto de Ingeniería Concurrente .....	34
Figura 3.1: Diseño en 2D (tradicional) vs Diseño 3D (BIM).....	68

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.1: Problemas entre especialidades.....	16
Gráfico 1.2: Problemas entre Especialistas .....	17
Gráfico 1.3: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según el mandante.....	20
Gráfico 1.4: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según las constructoras..	20
Gráfico 1.5: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según las coordinadoras	21
Gráfico 1.6: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según especialidades .....	21
Gráfico 1.7: Relaciones esfuerzo vs tiempo de un proyecto tradicional y con BIM.....	25

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Escala entre problemas que se presentan con media asociada. ....	17
Tabla 1.2: Calificaciones según los problemas que presenta cada especialista.....	18
Tabla 1.3: Calificaciones según los problemas que presenta cada especialidad. ....	19
Tabla 1.4: Proyectos de especialidades que requieren mayor cantidad de RDI.....	22
Tabla 1.5: Importancia de cada causa de problema en la coordinación de proyectos.....	22
Tabla 1.6: Relevancia de los problemas en obra ocasionados por la mala coordinación de proyectos..	23
Tabla 2.1: Costos Implementación "Edificio Gran Santiago" .....	43
Tabla 2.2: Costos Implementación "Mall Paseo Estación" .....	44
Tabla 2.3: Ejemplo de orden de resolución de interferencias en un proyecto.....	52
Tabla 4.1: Problemas que presenta cada especialidad.....	71
Tabla A1.1: Datos Muestra (nombre, Cargo, Empresa).....	76

## INTRODUCCION

El presente trabajo de título busca elaborar un procedimiento para la coordinación de las especialidades involucradas en un proyecto de construcción basado en la plataforma BIM<sup>1</sup>. Para entender esto, lo primero es entender, ¿Qué es BIM?

Building Information Modeling se define como el proceso de generación y gestión de datos en un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida. Su forma de trabajo es construir modelos en plataformas tridimensionales en distintos software de modelamiento dinámico del proyecto que aumentan la productividad en el diseño y construcción.

En el ámbito de la construcción en el mercado nacional, la plataforma BIM está cobrando fuerza, frente a esto, empresas que se aventuran a innovar con dicha tecnología, se van topando con nuevos desafíos para su efectiva implementación. Este modelamiento de la información para la edificación consiste en realizar, mediante un proceso de generación y administración de una base de datos centralizada de elementos paramétricos, una modelación completa de la obra que comprende: geometría de la construcción en 3D, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de cada elemento de la construcción, y una serie de información, que en definitiva, facilitan y optimizan el ciclo de vida de la obra, desde la etapa preliminar del diseño hasta cuando se explota el proyecto. Toda esta información que se maneja y administra con BIM debe ser coordinada, así también la información de diseño digital, y la documentación que se utiliza desde la concepción, construcción y operación de un proyecto.

El uso de BIM en un proyecto de construcción permite un fácil acceso a la información del proyecto, con lo cual se reduce considerablemente el número de requerimientos de información y el tiempo de resolución de estos.

La interacción con otros programas computacionales permiten ir más allá que sólo tener el proyecto modelado con toda la información detallada, se logra también una programación 4D (3D + tiempo, inclusión del tiempo como una variable más que interactúa con el modelo BIM), esta programación es más rápida y fácil de realizar que las actuales formas de programar y registrar avances. También, se cuenta con una serie de ventajas para una mejor visualización, con lo cual, para

---

<sup>1</sup> Building Information Modeling ( Modelamiento de la Información de la Edificación)

los distintos involucrados en la construcción del proyecto, se les facilita la comprensión de los problemas que se deben analizar. En definitiva, mientras más se vaya adaptando BIM a la industria de la construcción más ventajas se lograrán con respecto a la forma actual de llevar a cabo un proyecto.

En palabras más simples, cuando se trabaja un proyecto con BIM la interacción entre las partes involucradas se realiza de forma más rápida y directa gracias al modelo central. Arquitectos, ingenieros, especialidades y constructores interactúan de manera más óptima.



**Figura 1: Integrantes que interactúan mediante BIM**

Esta nueva plataforma de trabajo (BIM) está cobrando más fuerza a nivel mundial y así está ocurriendo en el mercado nacional. Cada vez se está tratando de implementar de una mejor manera, e incluso, actualmente hay varios estudios que pretenden ayudar a que BIM sea implementado correctamente. Variados autores han reconocido y documentado el potencial impacto positivo del diseño y construcción virtual (VDC), y de BIM (Suermann and Issa, 2007; Mihindu and Arayici, 2008; Kunz and Fischer, 2009; Li et al. 2008; Gao and Fischer 2008, etc.).

## **Objetivo General**

- Generar un procedimiento para el correcto desarrollo de la coordinación entre las distintas especialidades involucradas en un proyecto de construcción basado en plataformas BIM.

## **Objetivos Específicos**

- Estudio y análisis del manejo de interferencias durante el desarrollo de proyectos, mediante la forma tradicional y con plataformas BIM.
- Proponer un formato de RDI que mejore el método de gestión de estas. (Requerimientos de Información).
- Propuesta para la implementación, a modo de ensayo, del procedimiento en un proyecto real.

## **CAPITULO I**

### **LEVANTAMIENTO ESTADO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA COORDINACION DE PROYECTOS EN CHILE**

Se hace necesario, para tener un punto de partida y de comparación, realizar el presente levantamiento de la situación actual en los proyectos en Chile, y específicamente a la coordinación de las especialidades, que es el principal objetivo que busca mejorar el trabajo de título en cuestión. Para esto, se consultó a variados profesionales de la construcción mediante un cuestionario vía web, para averiguar a qué interacciones entre especialidades habría que poner énfasis para mejorar su interacción y funcionamiento. Por otra parte, la Corporación de Desarrollo Tecnológico facilitó un estudio de mercado realizado por Antel durante el año 2010 llamado "Diagnóstico de la Situación actual de la coordinación de proyectos en Chile", lo cual es un aporte para realizar una base de datos más amplia sobre la coordinación de especialidades.

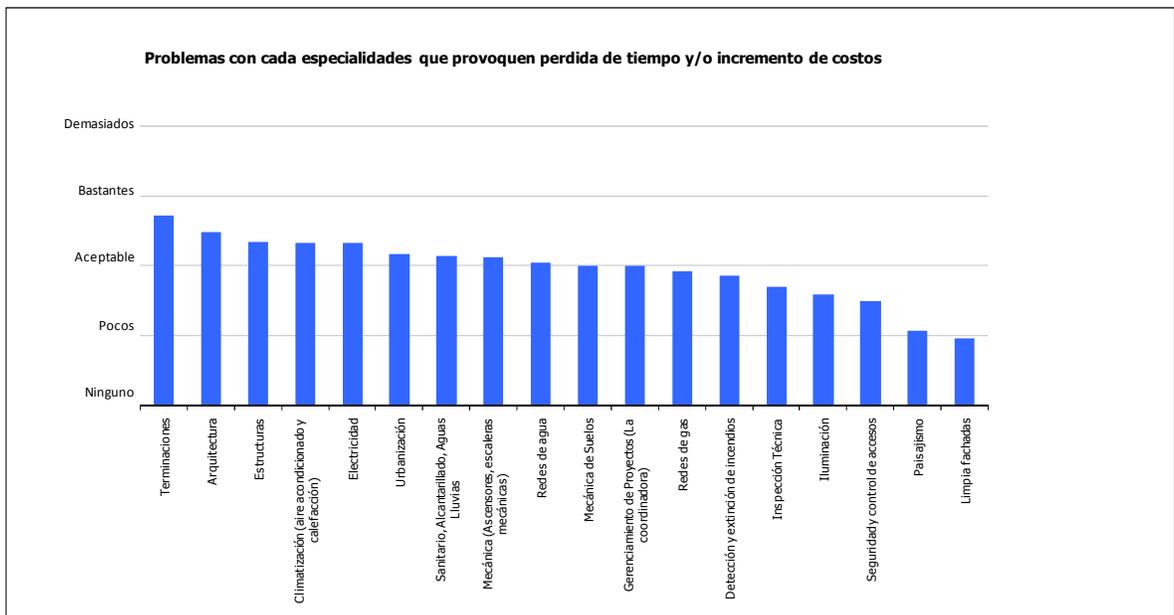
Como se nombró anteriormente, se busca conocer las especialidades que son más conflictivas en una obra de construcción y se espera una gran variedad en las respuestas, ya que cada obra y/o empresa funciona de forma particular. Para lograr esto, la metodología a seguir constará de dos partes. La primera, "Análisis General", es un cuestionario realizado a 30 profesionales de la construcción, donde se preguntaron dos enfoques: uno dirigido a la especialidad y otro al especialista -las respuestas de ambos cuestionarios deberían coincidir-, se hizo así para buscar mayor precisión en los resultados al juntar ambos enfoques. Esta primera parte mostrará los problemas en especialidades en forma general, sin diferenciar que especialidad evalúa a cual. En la segunda parte, "Análisis Especifico", se espera diferenciar la opinión de cada especialidad con respecto a la otra; de esta forma, con ambas partes, se logrará tener resultados generales y específicos de los problemas en la coordinación de especialidades.

Es importante aclarar que durante todo el desarrollo del trabajo, por un tema de simplicidad, los actores de un proyecto de construcción serán mencionados como especialista y especialidad, por ejemplo, pese a que el mandante no es propiamente un especialista se nombrara como uno.

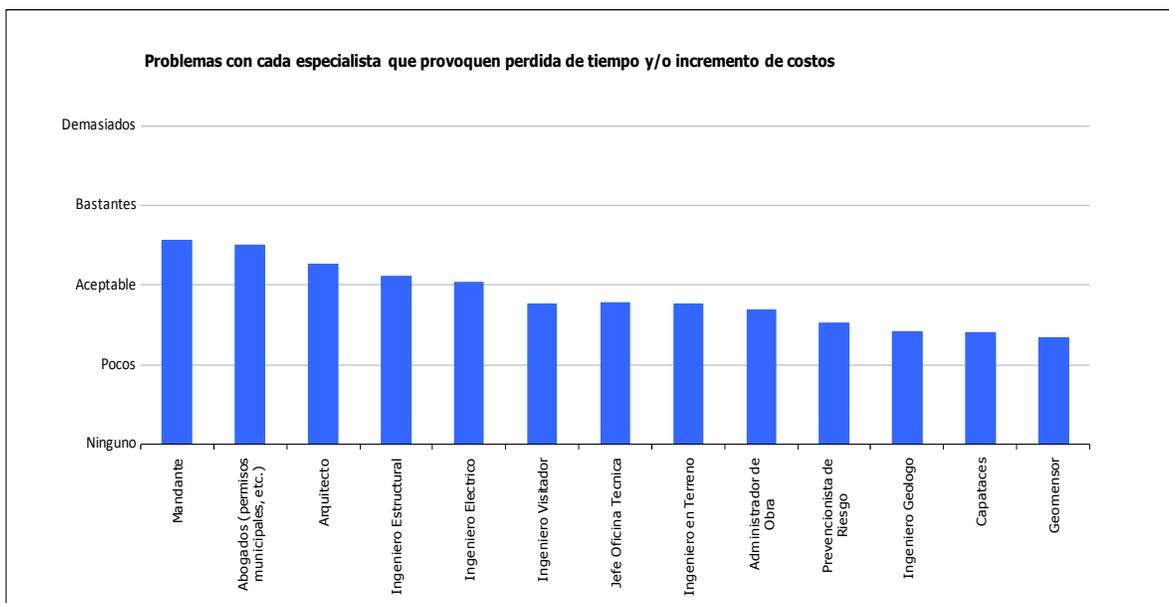
## 1.1 Análisis General

Se buscaron los contactos a través de AOA (Asociación de oficinas de arquitectos de Chile), AIC (Asociación de empresas consultoras de ingeniería de Chile) y con contactos facilitados por los profesores guías de este trabajo de título. En el anexo N°1 se muestra la lista de los cargos, empresas y nombres de los encuestados; y, el signo “-” significa que no se obtuvo respuesta.

En el gráfico N°1 y el N°2 se presentan los resultados del cuestionario sobre los problemas de cada especialidad y especialista respectivamente. Se muestran ambos gráficos para verificar datos, por ejemplo, en un especialista que muestra problemas se espera también se vean reflejados en su especialidad.



**Gráfico 1.1: Problemas entre especialidades**



**Gráfico 1.2: Problemas entre Especialistas**

Y en el anexo N°2 se puede ver con mayor detalle el análisis estadístico de los datos para cada especialista y especialidad.

### 1.1.1 Tablas Resumen

Para un mejor análisis a cada calificación se le asoció una escala de medición como se muestra en la tabla 1.1.

Media	Calificación
1	Ninguno
2	Pocos
3	Aceptable
4	Bastantes
5	Demasiados

**Tabla 1.1: Escala entre problemas que se presentan con media asociada.**

Con la escala previamente expuesta se logra un mejor análisis de cada especialidad y especialista con una nota respectiva. Se entiende que mientras mayor es la nota, mayor es la cantidad de problemas que presenta dicha especialidad.

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

**Tabla 1.2: Calificaciones según los problemas que presenta cada especialista.**

Primeramente, se puede ver que los cargos que son de la etapa de construcción no varían mayormente en distintas obras, es decir, capataces, geomensor, prevencionista de riesgo, entre otros, muestran un bajo índice de problemas presentados. Mientras que los especialistas que más influencia tienen en la toma de decisiones son los que obtuvieron medias más altas (como es el caso del mandante, ingeniero estructural, arquitecto, entre otros.)

A continuación se presentan los resultados con respecto a los problemas que se producen en cada especialidad. Se espera ver una tendencia similar a los resultados de la tabla N°1 así, al dar el diagnóstico final, obtener un resultado más confiable.

<b>Especialidad</b>	<b>Media</b>
Terminaciones	2,7
Arquitectura	2,5
Estructuras	2,3
Climatización (aire acondicionado y calefacción)	2,3
Electricidad	2,3
Urbanización	2,2
Sanitario, Alcantarillado, Aguas Lluvias	2,1
Mecánica (Ascensores, escaleras mecánicas)	2,1
Redes de agua	2,0
Mecánica de Suelos	2,0
Gerenciamiento de Proyectos (La coordinadora)	2,0
Redes de gas	1,9
Detección y extinción de incendios	1,9
Inspección Técnica	1,7
Iluminación	1,6
Seguridad y control de accesos	1,5
Paisajismo	1,1
Limpia fachadas	1,0

**Tabla 1.3: Calificaciones según los problemas que presenta cada especialidad.**

En esta tabla 1.3 se advierte que “terminaciones” tiene la calificación más alta, lo cual no va a ser relevante, ya que esto se debe a que gran parte de los errores que fueron producidos antes, deben ser, en general, “reparados” en esta etapa. Por lo cual, era de esperar que en esta fase se produjera una cantidad importante de problemas; pero, que en definitiva son errores que una especialidad en la etapa de diseño o construcción pudiera haber evitado.

## 1.2 Análisis Específico

En el estudio realizado por Antel, se encuestó a mandantes, empresas constructoras, empresas coordinadoras y empresas de especialidades sobre los proyectos de especialidad que, a juicio de cada uno, generan mayor cantidad de requerimientos de información. Los resultados se muestran a continuación.

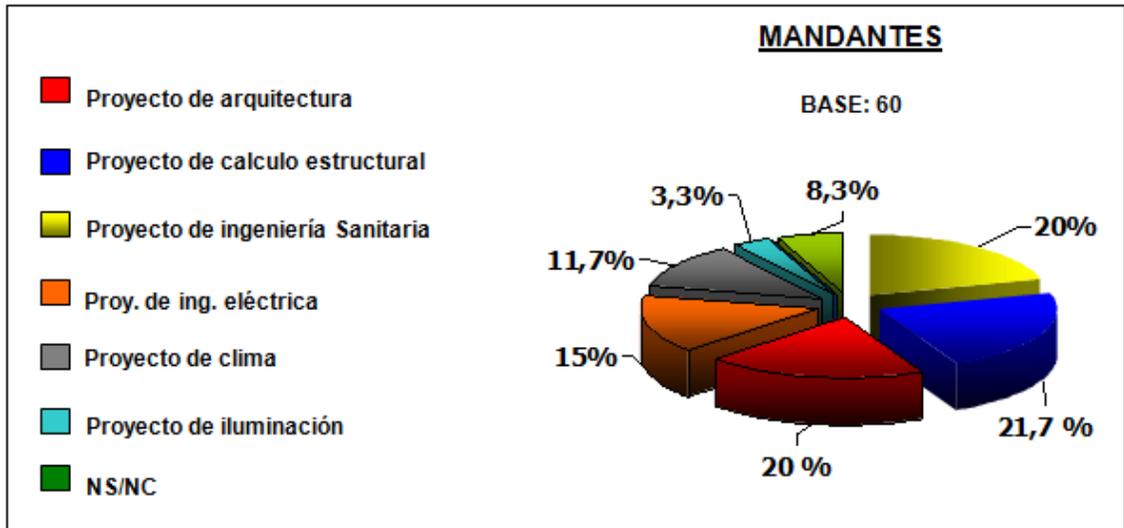


Gráfico 1.3: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según el mandante

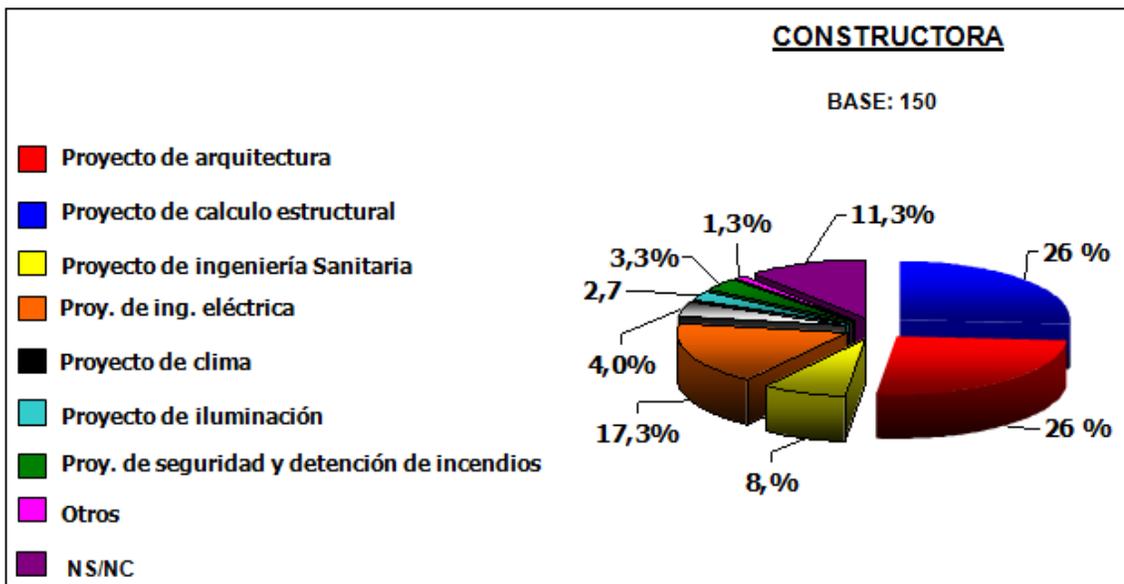


Gráfico 1.4: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según las constructoras

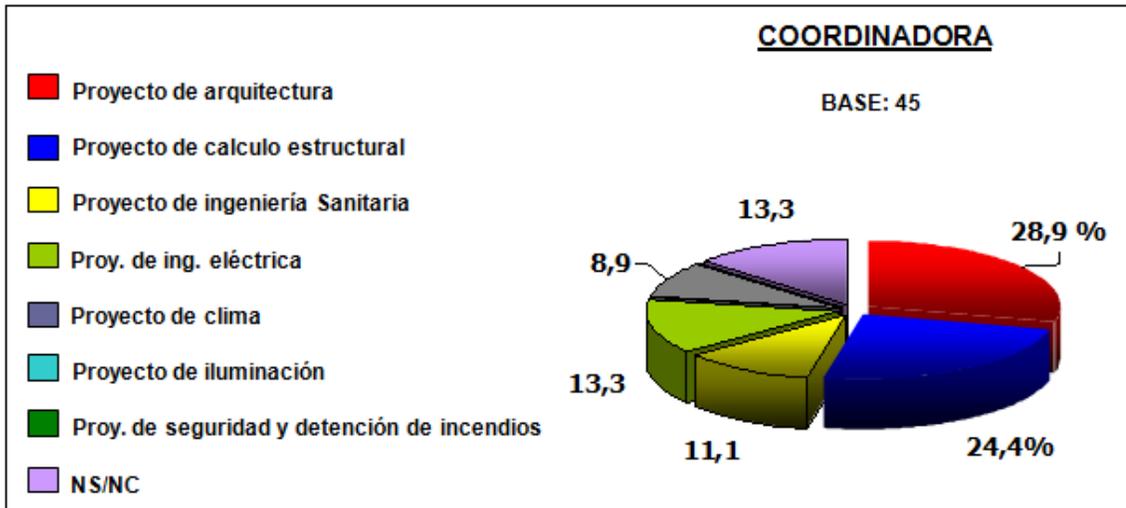


Gráfico 1.5: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según las coordinadoras

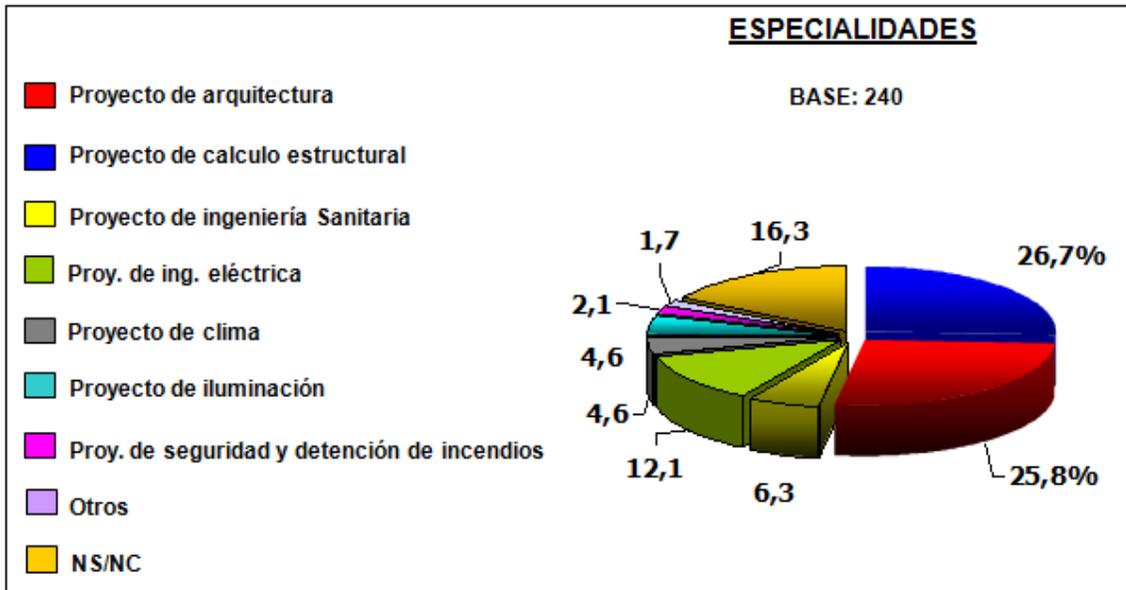


Gráfico 1.6: Proyectos de especialidad que generan mayor cantidad de RDI según especialidades

Juntando los datos anteriores se ve que los proyectos de especialidad que requieren de mayor cantidad de requerimientos de información, a juicio de cada entrevistado, fueron a nivel total (tabla 1.4). Los resultados que se señalan en esta tabla indican que proyecto de arquitectura y proyectos de cálculo estructural son las que más generan RDI:

Proyectos de Especialidad	Menciones
Proyectos de Cálculo Estructural	30%
Proyectos de Arquitectura	29%
Proyectos de Ingeniería Sanitaria	10%
Proyectos de Ingeniería Eléctrica	16%
Proyectos de Clima	7%
Proyectos de Iluminación	4%
Proyectos Seguridad y Detección Incendios	2%
Otros	2%

**Tabla 1.4: Proyectos de especialidades que requieren mayor cantidad de RDI**

Adicional a esto, se realizaron estudios sobre las posibles causas de los problemas en la coordinación de proyectos y los problemas que se presentan en la obra. El estudio consistió en una evaluación con notas de 1 a 7 de la importancia de las causas y la relevancia de los problemas, y se obtuvieron los siguientes resultados.

Causas de problemas en la coordinación de proyectos	Importancia Promedio
Falta de comunicación entre las partes	6.4
Tiempo de desarrollo de los proyectos en etapa de diseño	6.0
Cambios de proyecto por parte del mandante	5.9
Complejidad de los proyectos	5.5
No se utilizan herramienta tecnológicas adecuadas para coordinar	5.5
Problemas contractuales entre las partes.	5.5
Ausencia de una entidad coordinadora	5.4

**Tabla 1.5: Importancia de cada causa de problema en la coordinación de proyectos**

Problemas en Obra	Nota Prom.
Atrasos en la entrega de la obra	6.4
Aumento en los costos finales de la obra	6.2
Información faltante en cada proyecto	6.1
Interferencias entre las distintas especialidades	6.0
Aumento en obras extraordinarias	5.9
Problemas contractuales entre mandante y proyectistas	5.6

**Tabla 1.6: Relevancia de los problemas en obra ocasionados por la mala coordinación de proyectos**

Vale destacar que en la tabla 1.5 las principales causas fueron “falta de comunicación entre las partes”, la cual está directamente relacionada a la coordinación de especialidades. Después viene “Tiempo de desarrollo de los proyectos en la etapa de diseño”, esta es una fase de la construcción que, como se mencionó previamente, se debe invertir más tiempo con el fin de reducir errores que en la etapa de construcción producirán mayores costos.

En la tabla 1.6 se aprecia que varias notas están evaluadas sobre 6.0, pero que la más alta es el “atraso en la entrega de la obra”, esto es de esperarse ya que los requerimientos de información obligatoriamente prolongan el tiempo de construcción de la obra.

### **1.3 Discusión y Análisis de Resultados**

Según los resultados obtenidos se pueden agrupar los problemas de coordinación en dos grupos mayoritarios. Por un lado, las “especialidades” (o participantes) que tienen mayor influencia en la toma de decisiones, como vienen siendo arquitectura, estructuras y el mandante, quien en ocasiones puede provocar cambios después de la licitación, ya sea por requerimientos propios o en algunas ocasiones por fuerza mayor. Y por otro lado, el segundo grupo serían las especialidades que son responsables de las redes de electricidad, de agua, de gas, mecánica y, en general, todo lo que involucra ductos de algún tipo. Este segundo grupo presentaron medias con valores un poco menores al primer grupo, pero que, de todas maneras, involucraban rangos mayores de lo aceptable, de aquí en adelante a este segundo grupo nos referiremos como MEP<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Acrónimo de Mechanical, Electrical and Plumbing y que involucra a las especialidades de este segundo grupo.

El gráfico 1.2 muestra en “Abogados” (como por ejemplo permisos municipales) problemas con una calificación de las más altas; sin embargo, esto no será tomado mayormente en cuenta a lo largo de esta investigación, ya que el fin de este estudio es buscar los problemas constructivos que produzcan retrasos en la construcción y/o pérdidas cuantificadas en costos los cuales sean evitados con la correcta aplicación de la tecnología BIM. De todas maneras vale dejar en claro que un adecuado control de este ítem puede controlar problemas como:

- Denuncia de los vecinos.
- Castigo de la tasación de su propiedad por parte de las entidades financieras, cuando quiera vender su propiedad.
- Multas por inspección municipal
- En las peores consecuencias, una orden de demolición de las obras no autorizadas por la Dirección de obras Municipales de la comuna.

Las anteriormente nombradas son eventualidades que se pueden dar y que pueden provocar gastos y pérdidas de tiempo.

Dentro de las principales causas que generan problemas de coordinación se observa la falta de comunicación entre las especialidades (“falta de comunicación entre las partes” según tabla 1.5). Este es un gran problema, ya que hace que los errores o falta de información, generadas principalmente en la etapa de construcción, requieran respuestas de las partes involucradas y es este proceso de traspaso de información el cual genera una pérdida de tiempo (reuniones, preguntas poco claras que hacen necesarios mails o llamados telefónicos, visitas a obra, entre otros) lo que finalmente se traduce en problemas en obra, como los nombrados en la tabla N° 1.6.

Otra causa que es importante de señalar, y que fue evaluada con nota 6.0 en la tabla N° 1.5, es el tiempo de desarrollo de los proyectos en la etapa de diseño. No existe mayor preocupación por invertir tiempo en las etapas tempranas de los proyectos; sino, se realiza el diseño y luego se empieza a construir, y a medida que se vayan presentando problemas en obra, se generan requerimientos de información y se esperan las respuestas de la especialidad

involucrada o se solucionan los problemas en terreno para no producir retrasos (claramente esta forma de solucionar los problemas no es recomendable, pero lamentablemente es una práctica bastante común en la construcción que a veces funciona y otras no, lo cual produce costos extras). Es por esto que hay que dedicarse a optimizar las metodologías en las coordinaciones de especialidades para así en la etapa de diseño se puedan detectar colisiones antes de la construcción y, con esto, lograr un desarrollo del proyecto con menos errores.

Como quedó demostrado en la información de los gráficos N° 1.1, 1.2 y 1.6, las especialidades que más problemas producen en la coordinación de especialidades son los proyectos de arquitectura, proyectos de cálculo estructural y MEP. En este último grupo, las más conflictivas en orden de importancia son: proyectos de ingeniería eléctrica, proyectos de ingeniería sanitaria y proyectos de clima.

Por otra parte, estudios realizados en la Cámara Chilena de la Construcción, específicamente por la corporación de desarrollo tecnológico, sobre la coordinación de proyectos de construcción, indican que es muy importante que la etapa de diseño se realice adecuadamente y es uno de los grandes cambios que se deben comenzar a realizar, ya que es en esta etapa donde los costos son menores. En el grafico 1.7 se muestran las relaciones de gasto de esfuerzo y costo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Gráficas proporcionadas por Patrick Maclearny, presidente de HOK y IAI internacional), se puede apreciar que el esfuerzo en las primeras etapas del proyecto requiere un costo mucho menor que en etapas posteriores.

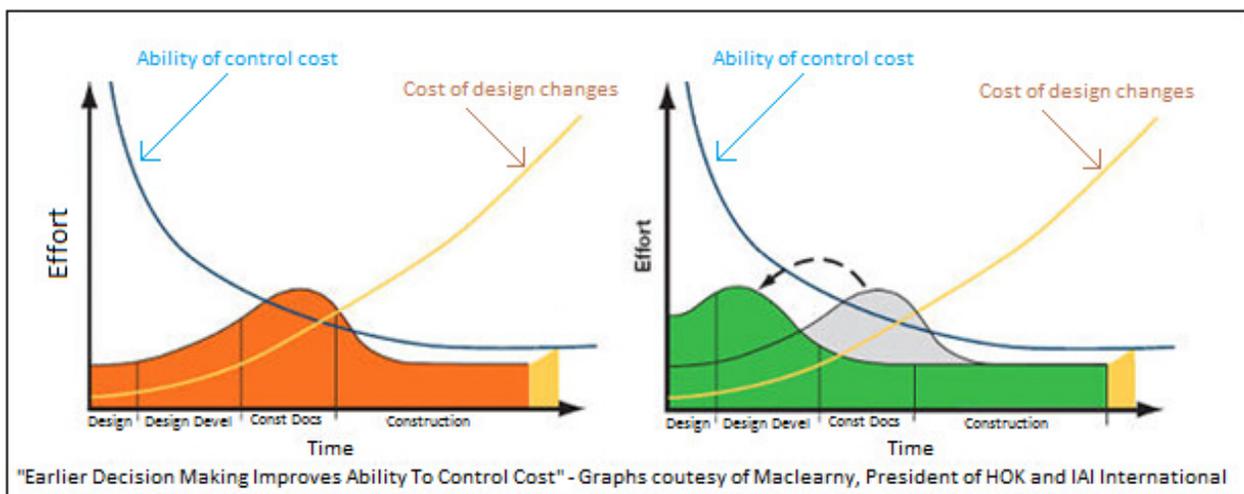


Gráfico 1.7: Relaciones esfuerzo vs tiempo de un proyecto tradicional y con BIM

## CAPITULO II

### **PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION DE ESPECIALIDADES EN PROYECTOS DE CONTRUCCION EN PLATAFORMA BIM**

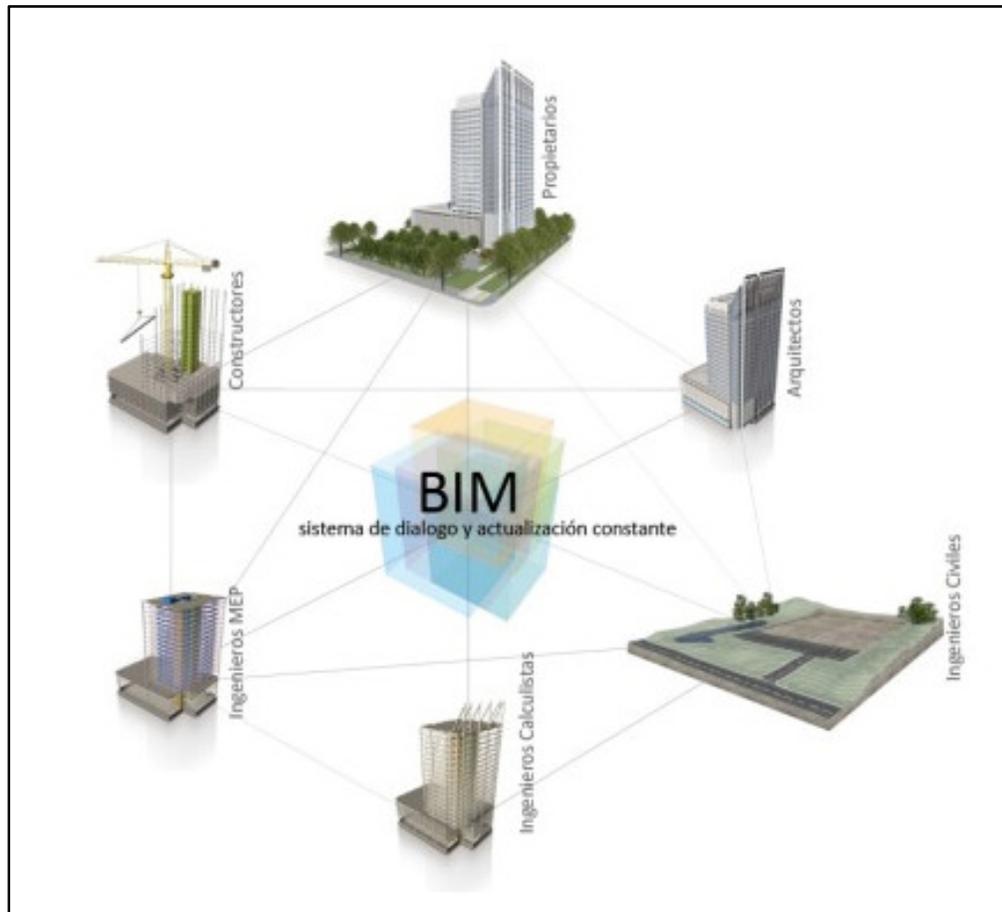
En este capítulo se realizó un documento que corresponde a un procedimiento para llevar a cabo buenas prácticas en proyectos de construcción, los cuales tengan a lo largo de su ciclo de vida, incorporadas las metodologías y tecnologías BIM. El principal enfoque de esta investigación trata sobre una efectiva coordinación de las especialidades que están incluidas en el proyecto.

Antes de empezar se debe dejar claro algunos supuestos que serán asumidos en el presente procedimiento para la coordinación de especialidades:

- Existe la motivación por parte de todas las especialidades en lograr buenas prácticas en la implementación de BIM al proyecto en cuestión. Con esto se contaría con la inversión necesaria para equipos, capacitaciones, personal adecuado, entre otros.
- El procedimiento será enfocado a proyectos que sean poco comunes. Por ejemplo, hay proyectos que son realizados más de una vez en distintos lugares, como los habitacionales, y que, debido a la cantidad de veces que se hacen, resultan con menor cantidad de requerimientos de información y errores, esto hace que sea más difícil justificar los gastos de la implementación de BIM. Este tipo de proyectos de baja complejidad son los que no estarán incluidos en la presente investigación.
- Todas las áreas involucradas en el proyecto, por un asunto de simplicidad, serán nombradas como especialidades o especialistas según sea el caso, por ejemplo, arquitectura, el mandante serán nombrados como especialidades.

Los proyectos trabajados con VDC/BIM hacen que los flujos de información entre las distintas especialidades de una obra (Arquitectura, Ingeniería Estructural, Propietarios, etc.) sean transmitidos en formas mucho más directas, ya que, al contar con un modelo centralizado

en 3D y que contiene la mayor parte de la información del proyecto, basta solo con saber utilizar los métodos de acceso al modelo para analizar las dudas de una manera clara y rápida.



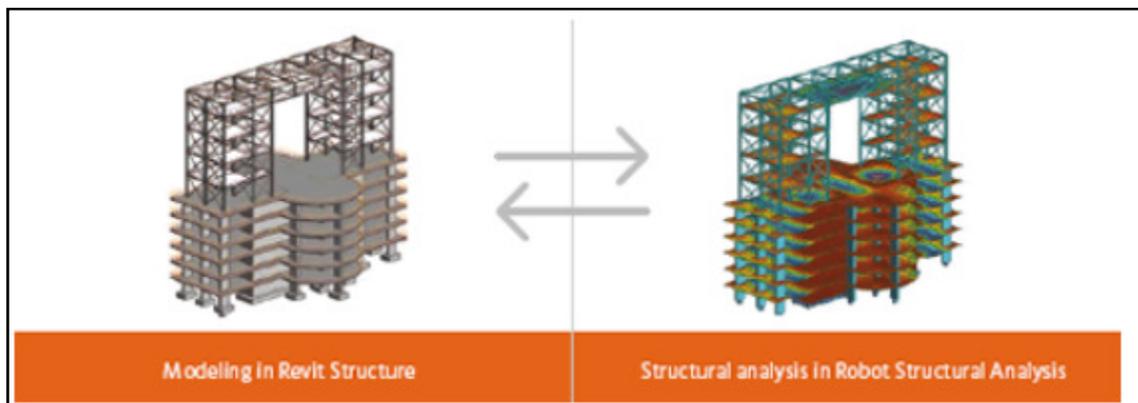
**Figura 2.1: Interacción entre áreas de un proyecto con BIM**

En este procedimiento se irá guiando paso a paso, para cada etapa de un proyecto, la forma de efectuar la interacción entre las distintas especialidades, el cómo se deben comunicar, en que plazos lo deben hacer, en qué orden de prioridades debe modificarse el modelo central, ya que hay algunas especialidades que pueden ser alteradas sin provocar mayores retrasos y otras que no. También, se buscará dejar claro cuándo cada especialista tiene los permisos de modificar el modelo, y variadas medidas que tienen como fin lograr un modelamiento de la información ordenado para que se lleven a cabo mejores prácticas en la actual implementación BIM en proyectos de construcción.

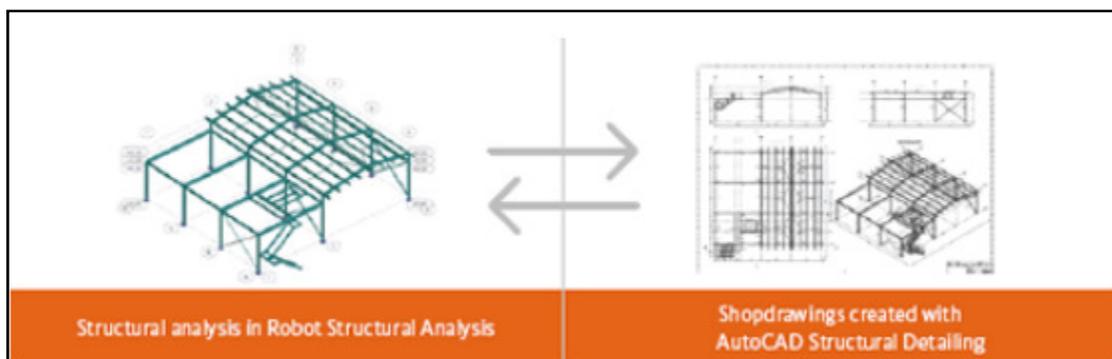
El gran cambio que presenta VDC/BIM en la forma de trabajar los proyectos es que se diseña en plataformas 3D y luego se generan los planos 2D, pero también es uno de los cambios que más cuesta lograr.

Como se ha de esperar, la principal etapa que tratará el presente procedimiento será la etapa de diseño, ya que es en esta fase donde los modelos de las distintas especialidades comienzan a interactuar. También, es aquí donde se buscarán y solucionarán las potenciales colisiones o inconsistencias en el modelo, para así llegar a la etapa de construcción con un número de posibles problemas lo más minimizado posible.

Dentro de las empresas las cuales han mostrado interés o ya están VDC/BIM en sus proyectos, los programas software que más comúnmente se ocupan son Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, para proyecto de arquitectura, proyecto de cálculo estructural y proyectos de especialidades respectivamente. Cada uno de estos software es utilizado para modelar el respectivo proyecto de cada especialidad en el formato 3D, con el fin de que se junten, una vez finalizado cada uno, en un modelo central que contenga la información de todas las especialidades. Lo importante es que cada modelo puede interactuar con el de otra especialidad y así ir formando el modelo central.



**Figura 2.2: Interacción entre 2 productos Autodesk, Revit Structure y Robot Structural Análisis**



**Figura 2.3: Interacción Robot Structural Análisis con los planos 2D generados.**

Así como Revit de Autodesk, también hay diferentes proveedores tecnológicos como son Sigma Design, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, Nemetschek, y CADDetails, entre otros, que son similares en la forma de trabajar, pero cada uno con ciertas ventajas y desventajas. Dentro de todos estos software se dará una breve descripción de Revit de Autodesk y Tekla, ya que durante el transcurso de la presente investigación han sido los más nombrados. Además, es importante destacar que entre los diferentes proveedores de estos software existe una compatibilidad que hace más fácil el trabajo entre especialidades que utilicen distintos proveedores de las plataformas 3D.

### **Compatibilidad Plataformas BIM**

Autodesk y Tekla trabajan juntas para conseguir un intercambio de información, entre modelos, más fluida para las distintas disciplinas de la industria de la construcción mediante la compatibilidad de datos de sus respectivos productos.

### **Acerca de Tekla**

Con su software, Tekla Corporation conduce la evolución de los modelos de información digital y proporciona ventajas cada vez más competitivas en las industrias de las infraestructuras y la construcción. Tekla tiene clientes en cerca de 100 países, oficinas en 15 de ellos y una red mundial de distribuidores. La empresa se estableció en 1966 y es una de las compañías de

software más grande del rubro. Con la ambición de multiplicar el potencial de los clientes y lograr cada día ir mejorando en un entorno de trabajo preciso, detallado y basado en la información (BIM) que pueda ser compartido entre contratistas, ingenieros estructurales, detalladores y fabricantes de acero y hormigón.

### Acerca de Autodesk

Autodesk, Inc. es líder mundial en software de diseño 2D y 3D para los mercados de la fabricación, la construcción, los medios de comunicación y el entretenimiento. Desde el ingreso de su producto Autocad en 1982, Autodesk ha desarrollado la más amplia cartera de soluciones modernas para prototipos digitales, con el fin de ayudar a los clientes a probar sus ideas antes de que estas se conviertan en realidad. Mil empresas confían en las herramientas de Autodesk para visualizar, asimilar y analizar la representación real en el proceso de diseño, y, de esta manera, ahorrarse tiempo y dinero, a la vez que se amplía calidad y se fomenta la innovación.

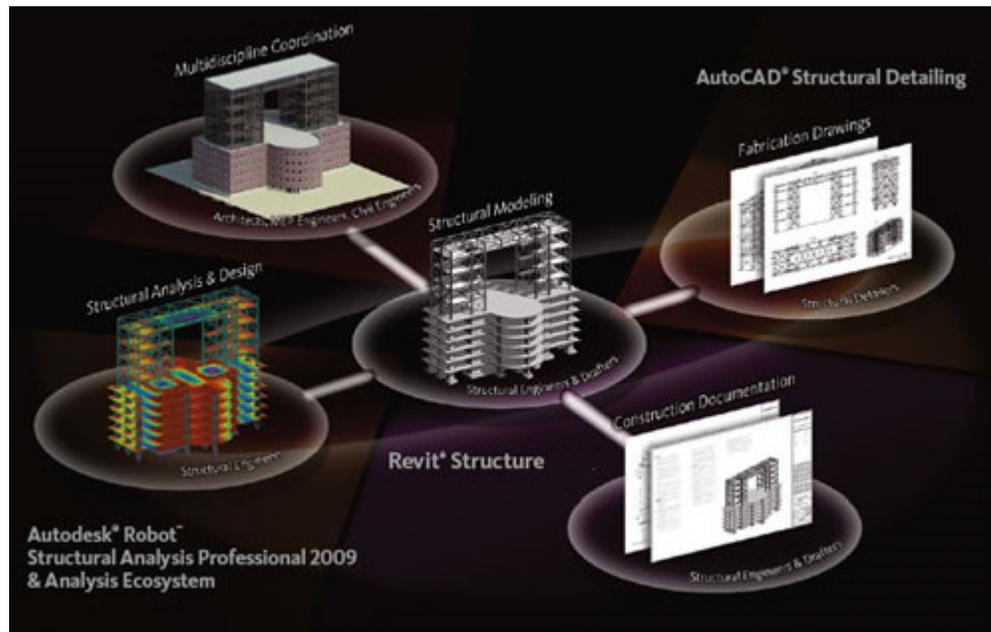


Figura 2.4: ejemplo esquemático interacción entre productos Autodesk

## 2.1 Metodología

En la investigación se identificaron las especialidades que más riesgos producen en términos de retrasos y/o errores en los proyectos de construcción. Estas son, en un primer grupo, Arquitectura, Estructuras y el mandante, y, en el segundo grupo, MEP<sup>3</sup>.

La forma como funciona cada una de estas especialidades puede ser muy variada, por lo cual se expondrán unas recomendaciones comunes para todas las especialidades y, también se generará un procedimiento particular para cada una de ellas, indicando quien es el responsable de llevar a cabo cada proceso o actividad.

Un punto que va a significar un cambio positivo en la forma de tratar las irregularidades que se presenten durante el proyecto es en los requerimientos de información (RDI y/o RDI BIM). En el anexo N°3 se encuentran dos documentos, RDI y RDI BIM, que proponen un nuevo formato de RDI donde se busca aprovechar mejor las ventajas de BIM. El primer documento, “RDI”, se debe utilizar en los casos en el cual los requerimientos de información no involucran mayor complejidad, por lo tanto, se esperan respuestas rápidas por parte de la especialidad encargada. Además, “RDI” tiene como ventaja fundamental la capacidad de pasar desde una visualización 2D al formato del modelo y, así, poder apreciar en un formato 3D el problema particular a solucionar. El segundo documento es “RDI BIM”, el cual propone un cambio total de lo que es una RDI en la actualidad; ya que, de ser un documento en papel - normalmente de formato Excel- pasa a ser un archivo en formato Autodesk Design Review. Este archivo contiene una visualización 3D del elemento en conflicto, junto con todos los elementos que físicamente están a su alrededor. Es una porción del modelo BIM la cual contiene toda la información, tal como el modelo BIM real, junto a esto, en la RDI BIM se encuentra información adicional proporcionada por su gestor, indicaciones de posibles soluciones, ubicación en planos del elemento en cuestión, fechas de solución, entre otros.

El procedimiento expondrá una serie de recomendaciones para las fases de una obra de construcción, principalmente en las etapas de prediseño, diseño y construcción. Uno de los

---

<sup>3</sup> MEP, acrónimo de Mechanical, Electrical and Plumbing y que involucra a las especialidades de este segundo grupo.

principales aspectos de BIM es que los flujos de información en los proyectos fluyen de una manera directa entre cada especialista con el modelo central, con lo cual se reducen los tiempos de búsqueda de información. En la figura 2.5 se muestra como, a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, se va transmitiendo la información entre las distintas etapas de la obra.

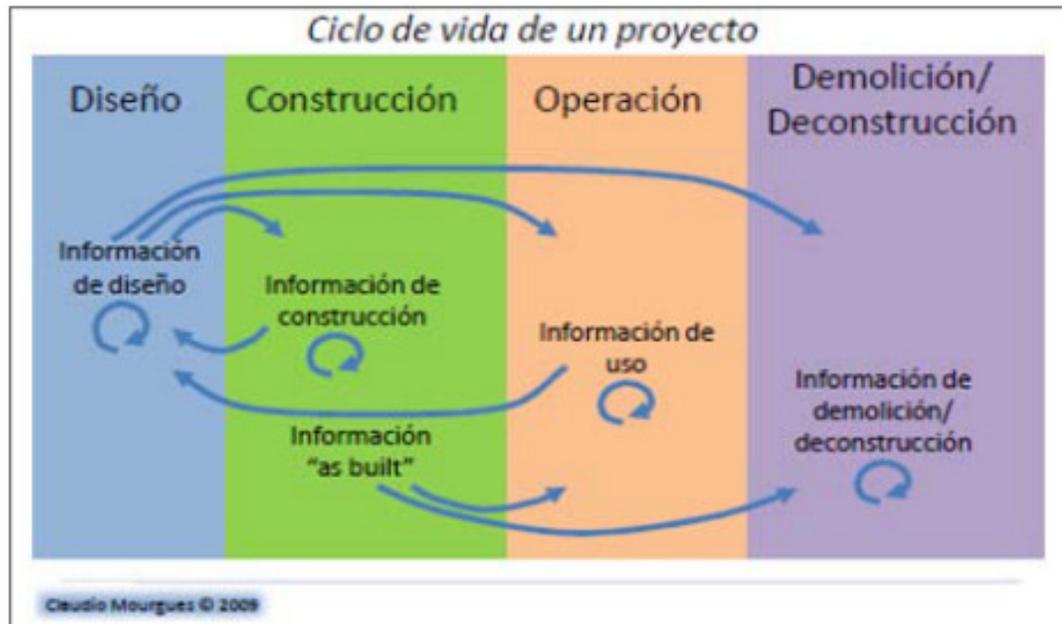


Figura 2.5: Flujo de Información en el ciclo de vida.

Otro aspecto a tener en cuenta en los proyectos de construcción es que, generalmente, se producen cambios o modificaciones en los proyectos de arquitectura- acción que produce una serie de ciclos de revisiones-, RDI y cambios que afectan a otras especialidades, que en definitiva van a afectar el flujo de la coordinación. Frente a este nuevo panorama, al cual el proyecto va a estar sometido, la medida a tomar va a consistir en: realizar una reunión extraordinaria de ingeniería concurrente, integrada por las especialidades que se vean involucradas a realizar alguna modificación en consecuencia de la modificación de arquitectura. En esta reunión se contará con un dibujante quien, paralelamente a la toma de decisiones de los involucrados, irá realizando los cambios en el modelo BIM que se le indiquen, así facilitar la visualización de los problemas a tratar en la reunión.

La forma de operar los proyectos según el procedimiento, será implementando el concepto de ingeniería concurrente. Este concepto es poco utilizado actualmente en la construcción en Chile, por lo que hay que detenerse a entender este término para seguir con el presente documento.

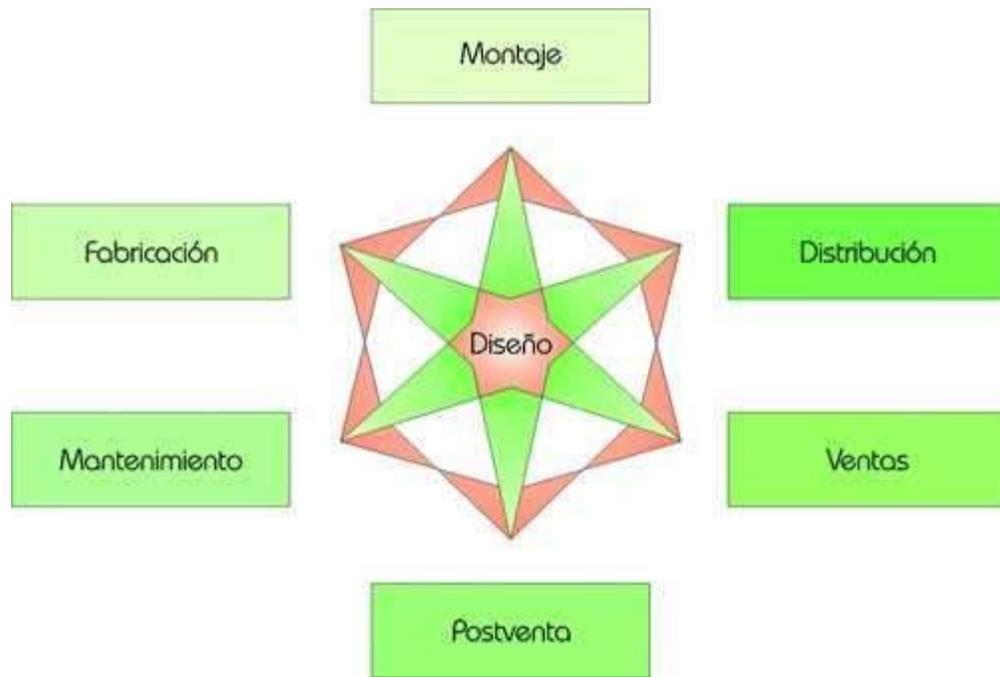
## **2.1.1 Ingeniería Concurrente**

### **2.1.1.1 Concepto**

La ingeniería concurrente, también llamada por muchos autores ingeniería simultánea, es un fenómeno que aparece a principios de la década de los ochenta en Japón. Luego, llega a Europa y América, fundamentalmente Estados Unidos, a finales de esa misma década.

El objetivo de una empresa industrial es, en pocas palabras: Diseñar productos funcionales y estéticamente agradables en un plazo de lanzamiento lo más corto posible, con el mínimo coste, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del usuario final. Evidentemente, este objetivo se debe alcanzar dentro de la filosofía del libre mercado, donde la industria debe vivir de sus propios recursos.

La ingeniería concurrente es una filosofía basada en sistemas informáticos y, como la gran mayoría de estos sistemas, su aporte fundamentalmente consiste en una muy evolucionada manera de tratar la información disponible. Bajo esta idea se han planteado diversas posibles definiciones; pero, quizás, la que mejor responde a esta idea es: Filosofía de trabajo basada en sistemas de información y fundamentada en la idea de convergencia, simultaneidad o concurrencia de la información contenida en todo el ciclo de vida de un producto sobre el diseño del mismo. Englobando en el diseño del producto tanto de este como el sistema productivo que lo hace posible.



**Figura 2.6: Concepto de Ingeniería Concurrente**

Esta filosofía de trabajo involucra, dentro de una compañía, a todas las personas y entes que participan de cualquier manera en el ciclo de vida de un producto y en la responsabilidad del diseño del mismo.

Evidentemente, el diseño ya no es una tarea unipersonal, es una tarea de equipo. Es responsabilidad del equipo y, por tanto, las decisiones importantes deben ser tomadas en función de la información aportada por cada una de las personas afectadas, haciendo referencia directa a proveedores y subcontratistas. Con esto, para el caso del diseño en la construcción, se hace necesario organizar mesas de trabajo, estas son reuniones previas a la etapa de construcción en donde cada especialidad expone sus requerimientos y se plantean las soluciones como conjunto. Las plataformas BIM facilitan la información necesaria del modelo de una forma clara y rápida, para que en estas reuniones de coordinación se pueda obtener el mayor provecho posible. Es recomendable, además, que esté un coordinador BIM junto con unos dibujantes para que se registren los avances en el momento.

### **2.1.1.2 Diseño tradicional frente a diseño concurrente**

Con objeto de aclarar algunas ideas relativas a la concurrencia, convergencia o simultaneidad de la información necesaria para la elaboración de un proyecto de diseño, se puede analizar, aunque sea superficialmente, el diseño de algún producto de los que se encuentran en el mercado.

Llevando este concepto directo a lo que trata la presente investigación, se analizará el caso concreto del diseño en una obra de construcción, por ejemplo, del sistema de aire acondicionado que va a llevar un edificio:

Un arquitecto proyecta un edificio, nave, vivienda u oficina y, normalmente, debe prever la instalación de algún tipo de acondicionamiento de aire. Para dimensionar su edificio, necesita datos de volumen relativos al sistema de aire acondicionado, volúmenes que ha de prever en sus planos. Pero el instalador del sistema no le dará las dimensiones de los equipos que necesita si no ve previamente los planos del edificio a acondicionar. No se puede definir el sistema de aire acondicionado si no se ha dimensionado previamente el edificio. No se puede dimensionar el edificio si no se hacen las previsiones oportunas para habilitar los espacios necesarios que habrá de ocupar el sistema de aire acondicionado que todavía no se ha definido. Hace falta una concurrencia en el diseño”

No hace falta entrar en la complejidad de los elementos que se han de tener en cuenta para poder levantar cualquier construcción. Se da por supuesto que, tras no pocas idas y venidas, el edificio se construye.

El edificio es ocupado por una empresa que desea ubicar sus oficinas. La distribución es aparentemente válida, pero no ha pasado un mes y ya se han levantado cuatro mamparas, se ha tirado un tabique y se ha ampliado el despacho del director general, que no era suficientemente grande. Como consecuencia de ello, aquella persona que debería tener una ventana a la izquierda para recibir luz indirecta, tiene que situar su mesa de espaldas a la misma con lo que la luz del día se refleja permanentemente en su pantalla y le obliga a cerrar las persianas para

poder trabajar. Además, no se sabe por qué extraña razón, se le ha colocado su mesa debajo de la salida de un chorro de aire frío que le provoca un resfriado permanente.

Evidentemente, en este esquema hay algo que falla, y esto no es nada especialmente complejo, es simplemente falta de información. La solución a este, y cualquier otro problema de diseño, pasa en que se coordinen las herramientas necesarias para hacer que la información relativa al producto, teniendo en cuenta todo su ciclo de vida, esté a disposición del equipo de diseño.

Gracias al correo electrónico, el envío de información y la comunicación se hizo, en su momento, mucho más ágil, pero esta situación ha llegado a su punto de máxima utilidad con la incorporación de sistemas basados en Internet

En todo proyecto de diseño, por sencillo que parezca, el volumen de información que se maneja y se hace necesario es tal, que obliga a la concurrencia de varias personas, cada una de ellas aportando su "algo" al diseño. Y la mejor forma de coordinar este flujo de información es mediante herramientas informáticas. Con esto ya se está hablando de diseño concurrente.

La aplicación de las nuevas tecnologías, a cualquier fase del desarrollo de nuevos productos, tiene que perseguir como objetivos fundamentales la innovación en los resultados y la reducción del tiempo de desarrollo y, por ende, el tiempo de 'puesta en el mercado'. Viendo una obra de construcción como un producto que se pondrá a la venta, VDC es la forma adecuada para una construcción sin pérdidas y en el menor tiempo posible.

## **2.2 Procedimiento General para todas las especialidades**

### **2.2.1 Etapa de diseño esquemático**

**Objetivo Principal:** Analizar la rentabilidad de la incorporación de BIM a un proyecto y, en caso de ser rentable, hacer un presupuesto con los valores actuales de incorporar BIM. Para esto existen empresas de ingeniería que están en la fase de implementación de estas tecnologías y pueden dar un presupuesto aproximado, y también hay empresas coordinadoras que trabajan con programación digital. Este último grupo de empresas es una parte fundamental del trabajo en proyectos BIM y, como se verá a lo largo de esta investigación, todo proyecto deberá contar con los servicios de una entidad coordinadora de proyectos.

En la etapa de prediseño se llevan a cabo, principalmente, reuniones entre el mandante y el arquitecto a cargo, donde se llega a un acuerdo de el proyecto a realizar, con que estándares de calidad, con los presupuestos esperados, etc.

Luego se contratarán los servicios de una empresa “coordinadora de proyectos”. Este tipo de agrupaciones también son conocidas como empresas con servicios de gerenciamiento de proyectos<sup>4</sup>. Es en esta etapa donde BIM será definido como la forma de llevar a cabo el proyecto. Recordemos que BIM no es solo una plataforma computacional, ni tampoco una forma de encontrar colisiones en forma temprana, sino que BIM es un conjunto de medidas y herramientas que llevarán como resultado una nueva metodología de construcción en un proyecto, el cual, apoyado con las herramientas de tecnologías de información( plataformas como Revit, Tekla, entre otros) hacen que una obra de construcción se lleve a cabo de una forma bastante más optimizada que en las prácticas habituales de construcción en Chile (menor cantidad de RDI generadas, costos menores, etc.)

---

<sup>4</sup> Gerenciadora de proyectos, algunas empresas que brindan este tipo de servicios son DRS, Cruz y Dávila Ingenieros Consultores, entre otras.

Se propone un orden para esta etapa paso a paso.

### **2.2.1.1 Procedimiento**

#### **Esquema Resumen**

(Ver Anexo N°4)

#### **Procedimiento detallado**

1. **Idea.** Se identifica, por parte de un mandante, la necesidad de desarrollar un proyecto de construcción enfocado a satisfacer las necesidades de ciertos usuarios.
2. **Integrantes Proyecto.** El mandante designa un equipo de trabajo para el proyecto, quienes serán los representantes de sus ideas. La forma de cómo elegir a cada especialidad es propia del mandante y del tipo de contrato, lo importante es que sean empresas que trabajen con VDC/BIM. Los principales grupos a elegir son: una oficina de arquitectura, una oficina de ingeniería y una empresa coordinadora. Las especialidades (MEP) se pueden elegir dependiendo de los presupuestos en la etapa de diseño. Dentro de cada una de estas 3 especialidades se debe contar 3 especialistas, ellos serán los que tendrán la responsabilidad de su grupo de trabajo, en estructuras será el ingeniero estructural principal<sup>5</sup>, en arquitectura estará el profesional jefe de diseño<sup>6</sup> y en la entidad coordinadora de proyectos se asignará un coordinador BIM<sup>7</sup>. Con esta fase estaría designado el grupo de trabajo para el diseño esquemático del proyecto.
3. **Servicios de la coordinadora.** Actualmente las coordinadoras funcionan con 2 formas de trabajo según elija el mandante.

---

<sup>5</sup> Ingeniero Estructural Principal, es el ingeniero civil estructural que dirige la especialidad civil estructural de un proyecto. Su responsabilidad directa alcanza al sistema estructural principal.

<sup>6</sup> Jefe de Diseño, preferentemente es un arquitecto quien está a cargo del diseño de una construcción nueva o remodelada. También es responsable de determinar e interpretar las necesidades del propietario y de coordinar, en parte, el trabajo de los otros miembros del equipo de diseño.

<sup>7</sup> Coordinador BIM, es quien se encarga de coordinar la comunicación entre los integrantes del proyecto, gestionar reuniones, organizar información, coordinar plazos, acoplar modelos BIM, etc.

Opción 1: Cada especialidad del proyecto modelará su propia especialidad en plataformas BIM, con ciertos plazos definidos por la coordinadora del proyecto, para que una vez que cada especialidad tiene los modelos listos, la coordinadora los junta en un modelo central.

Opción 2: Cada especialidad entrega planos de la forma habitual (planos Autocad en 2D) y la coordinadora del proyecto se encarga de generar modelos 3D en la plataformas BIM, de cada especialidad y luego coordina todos los modelos en uno.

Claramente la opción 1 cumple con los objetivos del presente procedimiento, por lo cual se asumirá esta opción como la elegida por el mandante.

4. Arquitectura, estructuras y la coordinadora deben realizar reuniones de coordinación previas a la construcción del modelo. En esta reunión la coordinadora debe definir los estándares del modelamiento para que, de esta manera, los datos sean consistentes. Estas pautas serán presentadas en un documento, el cual será entregado a arquitectura e ingeniería y ambas partes podrán redefinir estos para llegar a un acuerdo en conjunto de las tres partes.

Además, se deberá definir una serie de parámetros, que los distintos especialistas van a mantener siempre, para evitar errores de digitación.

También, se nombrará las variables de acuerdo a las siglas que sean proporcionadas en un listado por el coordinador BIM. Esto es para minimizar el número de elementos que ya están considerados según alguna especialidad; pero, que por confusiones de nombre, pueden ser considerados nuevamente.

Otros problemas que se pueden presentar son errores en los puntos de origen para los distintos modelos de cada especialidad, pero que, también serán errores evitables definiendo el mismo punto de origen en esta etapa de diseño para cada especialidad.

5. Servicios normalmente previstos. Primero, se identifican los servicios que se contemplan en el proyecto, centrados en ingeniería estructural, ya que los proyectos a los que apunta esta investigación son bastante complejos del punto de vista estructural; por lo tanto, esta especialidad va a tener gran importancia en la toma de decisiones. A continuación, se identifican y describen los servicios que normalmente se consideran incluidos por parte de un ingeniero estructural, así se entenderá claramente cuáles servicios corresponden que

estén introducidos y cuáles no. En estos servicios no se contemplará el hecho de que cada proyecto requiera una lista completa de servicios; sino que, se centrará en los servicios que en el ejercicio de su profesión el ingeniero estructural provee.

5.1. Definición del proyecto. Los servicios que se proveen para el proyecto de cálculo, que deben ser incluidos en el documento de contrato o encargo del ingeniero estructural principal, son:

- 5.1.1. Listado de servicios básicos, incluyendo servicios complementarios que requiera el ingeniero estructural principal.
- 5.1.2. Establecer otros servicios complementarios que se le soliciten al ingeniero estructural principal como servicios adicionales.
- 5.1.3. Reunión ICI<sup>8</sup> entre coordinadora de proyectos y el jefe de diseño, para lograr establecer y definir las labores de coordinación que le corresponden al ingeniero estructural principal sobre los servicios complementarios que pudieran ser requeridos.
- 5.1.4. Definir los servicios relacionados con el análisis de la estimación del costo de construcción de la obra gruesa.
- 5.1.5. Reuniones ICI organizadas por la coordinadora, pero que requieren la colaboración de arquitectura y cálculo estructural.
  - 5.1.5.1. Determinación o revisión de los plazos del proyecto, incluyendo los hitos de trabajo del ingeniero estructural principal.
  - 5.1.5.2. Determinación de la manera como las especificaciones técnicas deben ser preparadas, editadas y formuladas.
  - 5.1.5.3. Establecer los procedimientos para la revisión y coordinación de documentos en papel.
  - 5.1.5.4. Determinar cantidad de visitas de supervisión a la obra durante la construcción.
  - 5.1.5.5. Planificación de futuras reuniones de colaboración que se realizaran en la etapa de diseño, cantidad y lugar; establecer canales de comunicación que serán utilizados hasta dichas reuniones; definir los responsables de entregar la información requerida para la elaboración del proyecto; determinar formatos y estándares en la coordinación grafica.

---

<sup>8</sup> Reunión ICI, Reuniones de ingeniería concurrente integradas.

- 5.1.6. Suscribirse un contrato o acuerdo para la presentación de servicios de ingeniería estructural.
- 5.2. Servicios básicos. Los servicios básicos del ingeniero estructural principal deberían incluir análisis de estructura, diseño y elaboración del modelo BIM, especificaciones técnicas, revisión de las proposiciones de terceros y resolución de problemas que se presenten en obra del sistema estructural determinado, en la etapa de definición del proyecto e incluido en el acuerdo o encargo del ingeniero estructural principal.  
Los servicios básicos están enumerados en las etapas secuenciales indicadas a continuación.
  - 5.2.1. Etapas secuenciales diseño esquemático.
    - 5.2.1.1. Asistir a las reuniones de coordinación relacionadas con la especialidades que lo requieran, la coordinadora fijará las fechas basados en los acuerdos previamente establecidos.
    - 5.2.1.2. Establecer los criterios de diseño estructural, incluyendo los criterios especiales elaborados por el cliente.
    - 5.2.1.3. Considerando los requerimientos del proyecto, realizar un estudio de los sistemas estructurales estableciendo información comparativa, la cual será usada para seleccionar los sistemas resistentes de carga verticales y horizontales. La cantidad de sistemas alternativos a estudiar debe estar limitada en los términos del acuerdo o encargo con el ingeniero estructural principal.
    - 5.2.1.4. En conjunto con el arquitecto o jefe de diseño, seleccionar el sistema estructural del proyecto.
    - 5.2.1.5. Proporcionar los requerimientos estructurales para el consultor geotécnico.
    - 5.2.1.6. Reunión ICI entre la coordinadora, jefe de diseño y el consultor geotécnico, donde se deben establecer plazos y revisiones para verificar que no se produzcan interferencias, ya sea por incumplimiento de métodos de construcción o atrasos entre etapas del proyecto.
    - 5.2.1.7. Reunión ICI entre especialidad de estructuras con arquitectura para determinar la necesidad de estudios especiales.
    - 5.2.1.8. Emitir la documentación de la etapa del diseño esquemático para aprobación.

5.2.1.9. Comenzar diseño esquemático del proyecto en plataforma BIM y generar los planos 2D a partir de este modelo. No es necesario gran nivel de detalle en esta etapa de diseño.

5.3. Servicios complementarios. Servicios adicionales a los servicios básicos. Se clasifican como servicios especiales y servicios contingentes.

6. Resumiendo, al final de esta última etapa se debe llegar a un diseño esquemático no detallado del proyecto BIM, tener establecido el equipo de trabajo que se va a requerir en la fase de diseño; aunque, las especialidades MEP pueden ser contratadas en etapas posteriores dependiendo de la urgencia con que se requieran. Y, también, se debe tener documentado un presupuesto total y por especialidades.

El mandante con el arquitecto deben incluir en el presupuesto un ítem de gastos BIM. Para tener una idea de estos, se presentan los siguientes valores en las tablas 2.1 y 2.2, las cuales corresponden al trabajo de título de Rodolfo Saldias realizado el año 2009 “Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM”. En su trabajo se evaluaron los costos para 3 proyectos, de los cuales, según el tercer supuesto asumido en este procedimiento, serían de interés 2, pues el tercer caso es descartado al ser un proyecto habitacional. Todos estos valores son variables para cada proyecto, pero estos 2 ejemplos sirven para una evaluación aproximada de los costos del proyecto con BIM.

<b>Profesionales</b>	<b>Escenario con BIM</b>			<b>Costo [\\$]</b>
	<b>Nº Especialistas</b>	<b>Sueldo [\\$]</b>	<b>Meses</b>	
<b>Coordinador BIM</b>	1	2.500.000	3	7.500.000
<b>Dibujantes</b>	4	500.000	3	6.000.000
<b>Capacitación (Para Especialistas)</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo [\\$]</b>		
	2	220.000		1.760.000
<b>Asesoría (Experto BIM)</b>		<b>UF/Hora</b>	<b>Hrs/Semana</b>	
	1	3	3	1.890.000
<b>SUBTOTAL</b>				17.150.000

<b>Software</b>		
<b>Licencia [US\$]</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo [\\$]</b>
5.135	4	12.500.000

<b>Hardware</b>		
<b>Estación de Trabajo [US\$]</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo[\\$]</b>
1.200	4	2.640.000

<b>TOTAL</b>	<b>[UF]</b>	<b>[\\$]</b>
	1.538	32.290.000

**Tabla 2.1: Costos Implementación "Edificio Gran Santiago"**

Esta obra corresponde a “Edificio Gran Santiago”, que es proyecto que consta de 4 edificios, 2 de 20 pisos y 2 de 31 pisos, con cinco niveles de subterráneos cada uno. En la tabla 7 se muestran los costos correspondientes a la implementación que se proyectan para la etapa de diseño, específicamente para modelar el proyecto. El monto total de la obra se estimó en 688.400 UF y la duración fue de 30 meses. El modelamiento no se lleva a cabo en esta etapa de prediseño, pero la estimación de costos sí.

<b>Profesionales</b>	<b>Escenario con BIM</b>			<b>Costo [S]</b>
	<b>Nº Especialistas</b>	<b>Sueldo [S]</b>	<b>Meses</b>	
<b>Coordinador BIM</b>	1	2.500.000	3	7.500.000
<b>Dibujantes</b>	2	500.000	3	3.000.000
<b>Capacitación (Para Especialistas)</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo [S]</b>		
	2	220.000		880.000
<b>Asesoría (Experto BIM)</b>		<b>UF/Hora</b>	<b>Hrs/Semana</b>	
	1	3	3	1.890.000
<b>SUBTOTAL</b>				13.270.000

<b>Software</b>		
<b>Licencia [US\$]</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo [S]</b>
5.135	2	6.200.000

<b>Hardware</b>		
<b>Estación de Trabajo [US\$]</b>	<b>Nº</b>	<b>Costo [S]</b>
1.200	2	1.320.000

<b>TOTAL</b>	<b>[UF]</b>	<b>[S]</b>
	990	20.790.000

**Tabla 2.2: Costos Implementación "Mall Paseo Estación"**

La tabla 8 corresponden al proyecto “Mall Paseo Estación”, el cual consta de 96.000 m2 distribuido en estacionamientos, tiendas y terminal de buses, el monto de la inversión es de 516.000 UF la duración es de 17 meses.

Adicional a estos gastos de implementación, hay que considerar en obra un grupo de trabajo con conocimientos de BIM, que vayan actualizando el modelo a medida que requerimientos de información se vayan resolviendo. Se estima que serán necesarias entre 2 a 4 personas donde 1 de ellos es un coordinador BIM (arquitecto o ingeniero) y el resto son de apoyo para la programación de la obra, gestionar las RDI e ir actualizando el modelo. Estos cargos serán debidamente detallados en la etapa de construcción.

Los gastos mensuales a incluir en el prediseño se pueden estimar fácilmente dependiendo del modelo, aproximadamente el coordinador BIM requiere un sueldo entre 46 a 70 UF y el resto entre 32 a 46 UF, estos valores están sujetos a cambios dependiendo de cada empresa y de cada individuo.

## 2.2.2 Etapa de Diseño

**Objetivo Principal:** Cada especialidad tendrá un plazo para que su modelo quede terminado y de la forma adecuada, para que al superponer los modelos exista compatibilidad entre ellos, y, de esta manera, formar el modelo BIM con todas las especialidades incluidas en él. Cuando los modelos de Estructura y Arquitectura estén terminados y coordinados, la coordinadora será la encargada de contratar a las diferentes especialidades (Sanitarios, Clima, Electricidad, entre otros). La última etapa del diseño corresponde a encontrar colisiones en el modelo cuando todas las especialidades incorporadas estén listas, posterior a esto se procederá a corregir las colisiones encontradas.

A grandes rasgos, lo más importante de esta etapa es que se comience a modelar lo antes posible, con el tiempo suficiente para hacerlo y buscar las posibles colisiones con el modelo ya terminado. Para esto, el mandante debe tener en cuenta que con BIM la etapa de diseño presenta ahorros significativos en un proyecto, por lo tanto, los tiempos en esta etapa pueden ser de mayor duración.

Es recomendable que el mandante y la coordinadora colaboren para que Arquitectura y Estructuras interactúen de buena forma; ya que, si el flujo de información entre estas 2 especialidades no es rápido y claro, se pueden producir pérdidas y atrasos.

Una vez que el diseño se encuentre terminado, se procederá a realizar un análisis de interferencias basado en las plataformas BIM. Para esto se requiere que, a diferencia de las obras sin coordinación digital, la última fase del diseño demore un poco más de lo habitual, pero de todas maneras se espera que en total la etapa de diseño dure menos que sin BIM. En esta última fase también se realizarán reuniones, en las cuales los distintos especialistas planteen los posibles problemas que se puedan presentar con el fin de prevenirlos. Es aquí donde los requerimientos de información son reducidos considerablemente para etapas futuras.

## **Procedimiento**

### **Esquema Resumen**

(Anexo N°4)

### **Procedimiento Detallado**

Para el procedimiento, la metodología a seguir es por fases y por responsables. Se procederá a las siguientes etapas siguiendo el orden que se indica a continuación y, en cada actividad o labor se nombrará un individuo o especialidad, quien será responsable de que esta se lleve a cabo correctamente.

El primer punto corresponde a la información de prediseño con la que ya se cuenta en esta etapa. Aquí, los responsables varían según como se inicie un proyecto, en general será el mandante (cliente) con un arquitecto, pero debido a que esto último puede variar, no se asignarán responsables directamente.

1. Información de prediseño.
  - 1.1. Equipo de Trabajo.
    - 1.1.1. Coordinadora, Arquitectura y Estructuras. Es recomendable que estas especialidades estén en el proyecto lo más temprano posible, para que se modele en plataformas 3D desde un principio, incluso en esta etapa que es de un diseño no detallado.
    - 1.1.2. Identificar especialidades necesarias para el proyecto; pero que, aun no interaccionan con sus modelos. Dependiendo del proyecto y del tipo de contrato, se llamará a una licitación, o bien, por requisitos del mandante, se definirán empresas específicas para las distintas especialidades.
      - 1.1.2.1. Qué especialidades va a requerir el proyecto
      - 1.1.2.2. Fechas críticas para la elección de la especialidad, hay algunas que se deben incluir antes que otras. De todas maneras, se requiere que todas

las especialidades se encuentren bien definidas antes del punto 2.2.1 del presente procedimiento.

1.1.2.3. Definir las opciones de especialidades, opciones de menor precio, mejor calidad, mayor confiabilidad, entre otras, normalmente a criterio del cliente con la debida asesoría.

1.2. Diseño esquemático del proyecto BIM.

1.2.1. Modelo BIM no detallado, pero diseñado en plataforma 3D.

1.2.1.1. Planos no detallados 2D generados del modelo BIM.

1.3. Presupuesto.

1.3.1. Individual: Asignación aproximada de los gastos para cada especialidad del proyecto.

1.3.2. General: Incluye el total de todos los gastos que requiere el proyecto.

Desde este momento empieza la etapa de diseño propiamente tal. El responsable se indicará al costado del nombre designado a cada actividad en el siguiente formato:

Actividad 2[Responsable]

Los responsables pueden ser una especialidad específica, varias especialidades o bien todas según corresponda. La coordinadora siempre va a ser la encargada de organizar las fechas de las reuniones, por lo tanto, debe preocuparse de la disponibilidad de las distintas especialidades para que se cumplan en los plazos que se requieran.

2. Planificación y programación.

2.1. Grupo de trabajo.

2.1.1. Reunión ICI coordinadora con las principales especialidades para ver requerimientos de cada uno y designar recursos.[Todos]

2.1.2. Coordinadora entrega antecedentes, documentos, especificaciones técnicas, que permitan realizar el modelo BIM para las especialidades de arquitectura y estructuras. En anexos se encuentra el documento “Guía de Diseño”<sup>9</sup>, el cual cuenta con una serie de instrucciones para que todas las especialidades trabajen en los mismos códigos, familias, parámetros, unidades.[Coordinadora]

2.1.3. Modelamiento BIM estructuras. [Estructuras].

---

<sup>9</sup> Guía de diseño, en anexos se encuentra el formato recomendable para la guía de diseño.

- 2.1.3.1. Realizar los cálculos del diseño estructural para el sistema estructural y los elementos típicos.
  - 2.1.3.2. Comienzo del cálculo de los modelos de fundaciones basados en las recomendaciones establecidas para el estudio de mecánica de suelos. A medida que sea posible, y mientras el avance lo permita, comenzar modelo BIM de fundaciones.
  - 2.1.3.3. Desarrollar diseños 3D y generar planos 2D de los sistemas estructurales, realizar esquemas de las zonas típicas y dimensiones de los elementos típicos. Informar a la coordinadora para que estén a disposición de los distintos integrantes, hasta este punto mandante, coordinadora y arquitectura.
  - 2.1.3.4. Documentar fichas con detalles típicos según se requiera, pero que cumplan con los criterios establecidos en la guía de diseño.
  - 2.1.3.5. Reunión ICI de coordinación con los especialistas estructurales para identificar los elementos estructurales con ingeniería<sup>10</sup>. De ser necesario documentar mediante RDI BIM.
  - 2.1.3.6. Preparar, editar o reformular las especificaciones técnicas para los ítems estructurales.
  - 2.1.3.7. Revisar los resultados de los estudios especiales, estos son los estudio que se realizan a los documentos estructurales que no fueron previstos al comienzo de las etapas de diseño
  - 2.1.3.8. Coordinar concurrentemente el diseño estructural principal con los criterios estructurales especiales<sup>11</sup>.
  - 2.1.3.9. Coordinar el modelo interno estructural y emitir la documentación del desarrollo del diseño para su aprobación.
- 2.1.4. Etapa de los documentos de contrato o encargo.  
Estos documentos son los que definen el alcance de los servicios, requerimientos del servicio, términos de pago, plazo del servicio y otros ítems acordados entre cliente o mandante y el ingeniero estructural principal.

---

<sup>10</sup> Ingeniería previa, son elementos estructurales que son especificados por el ingeniero estructural principal, pero pueden haber sido diseñados por un ingeniero especialista. Los elementos son fabricados normalmente fuera de la obra, necesitan un equipamiento especializado usualmente no disponible en obra o requieren un proceso de propiedad del proveedor.

<sup>11</sup> Criterios estructurales especiales, son criterios adoptados después del comienzo de la etapa de diseño.

- 2.1.4.1. Elaboración de documentos de diseño del sistema estructural principal, incluidos en el contrato del ingeniero estructural principal. [Estructuras]
- 2.1.4.2. Especificar elementos que serán diseñados por un ingeniero especialista, su ubicación en la estructura y su conexión con el sistema estructural principal. Especificar los criterios estructurales para el diseño de dicho especialista. Especificar los documentos que debe emitir el ingeniero especialista para revisión del ingeniero estructural principal. [Estructuras]
- 2.1.4.3. Revisar el efecto de elementos secundarios, o no estructurales, que no están incluidos en el sistema estructural principal, pero que están unidos a él, y diseñar la estructura principal para que ella acepte y soporte dichos elementos.[Estructuras]
- 2.1.4.4. Gestionar reuniones de coordinación entre las especialidades que estén involucradas en dichos elementos y exponer, a modo de informar, la forma en que se han seguido los puntos anteriores, así todos los integrantes estarán al tanto del avance a la fecha. [Coordinadora de proyectos]
- 2.1.4.5. Apoyar las revisiones y responder las observaciones de la revisión de los documentos. [Todos]
- 2.1.4.6. Definir Modelo Cálculo Estructural. [Estructuras]
  - 2.1.4.6.1. Actualizar modelo con los documentos de contrato o encargo.
  - 2.1.4.6.2. Generar planos estructurales.
  - 2.1.4.6.3. Preparar y editar las especificaciones técnicas del sistema estructural principal.
  - 2.1.4.6.4. Establecer los requerimientos mínimos de ensaye que requiera el sistema estructural principal.
  - 2.1.4.6.5. Apoyar en la tarea de establecer los requerimientos de inspección y otros ensayes. [Todos]
  - 2.1.4.6.6. Revisar y verificar la consistencia de los documentos del proyecto estructural.
  - 2.1.4.6.7. Holgura. La modelación BIM interna de arquitectura y estructuras tienen que estar ya terminadas y revisadas internamente antes del punto 4.3 de este procedimiento,

para que luego se proceda con la unión de ambos modelos como será explicado en ese punto.

2.1.4.7. Reunión ICI entre coordinadora y estructuras para informar los avances, para que la coordinadora estime una fecha definitiva en la cual el modelo estructural BIM esté completo.

2.1.5. Establecer metodologías de control de avances durante el modelamiento, para que la coordinadora registre permanentemente la organización y responsabilidades de cada participante. Cada especialidad deberá designar dentro de su organización un persona quien va ser el nexo de comunicación entre la coordinadora y la especialidad, esto se propone de esta forma, porque esta persona dentro de la empresa va a saber específicamente a que área de la empresa dirigir cada problema o información que la coordinadora requiera comunicar. [Todos, Proyectista de cada especialidad]

## 2.2. Proyecto.

2.2.1. Reuniones de coordinación ICI. En esta fase se define quién realiza cada actividad, la forma de efectuar la comunicación de cada uno y cada cuanto se llevará a cabo dicha comunicación. Es en esta etapa donde ya se requiere que cada especialidad esté definida, que exista una empresa responsable para cada área que está involucrada en el proyecto.[Todos]

2.2.1.1. Roles Especialidades. La coordinadora se reunirá con cada especialidad para definir responsabilidades, labores y plazos. También se informará la estructura organizacional a respetar, con esto se dejará estipulado un listado de especialidades, cuál es la que debe solucionar primero su problema en una interferencia y cuál lo debe hacer posteriormente. En el punto 4.2 se establece una tabla a modo de ejemplo, ya que en cada proyecto puede variar la influencia de cada especialidad. [Todos]

2.2.1.2. Medio de Comunicación. Se establece como se traspasará la información, ya sea reunión, teléfono, mail, dependiendo de la importancia y urgencia de la situación. La coordinadora es quien se hará responsable de organizar los medios de comunicación y, además, estará a disposición de las distintas especialidades del proyecto para proporcionar la información de contacto de un responsable designado en cada especialidad (ver punto 2.1.5). Así, la información será de coordinadora con un especialista designado para lograr un traspaso de

información más rápido, claro y con menos riesgo de errores.  
[Coordinadora]

2.2.1.3. Rutinas. Definir para cada especialidad cada cuanto tiempo son las reuniones de coordinación y de control de avance. También acordar cada cuánto se actualizará el modelo central BIM. [Todos]

2.2.1.4. Programación y control de proyecto. Se ordenan en un diagrama o secuencia las principales actividades del proyecto, cada una con sus respectivas restricciones, holguras y prioridades. Se controlará el cumplimiento de este punto con las rutinas previamente establecidas. [Todos]

2.2.1.5. Documentos del proyecto. La coordinadora solicita a los integrantes del proyecto los documentos que cada especialidad debe generar, estos documentos son los planos generados del modelo BIM actualizado a la fecha de cada especialidad con sus respectivas especificaciones técnicas. [Todos]

2.2.2. Documentos para la coordinación grafica de los proyectos. Se revisa que esté toda la información y documentación necesaria para la coordinación gráfica del proyecto. En el caso que haya información incompleta se procederá a solicitar al especialista correspondiente la información que falte, y todo intercambio de información se deberá dejar documentada en un “Acta de Reunión”<sup>12</sup>. Este traspaso de información, idealmente, debe ser en reuniones, donde este presente la entidad coordinadora y un proyectista, para así tratar de hacer un traspaso de información de manera rápida -dependiendo de la urgencia se puede usar otro medio de comunicación nombrado en el punto 2.2.1.2-. [Todos]

### 3. Flujos de Información con los proyectistas.

3.1. Se definirán los estándares a seguir para que la información (estado de avance, registro y solución de interferencias) esté a la disposición de todos los involucrados en el proyecto, entre esto: Arquitectura, Calculista, proyectistas, coordinadora, MEP y proveedores. Estos estándares también indican las fechas de reuniones periódicas para la coordinación digital, ya sea quincenal, semanal. En esta etapa ya se comenzarán a notar

---

<sup>12</sup> Acta de Reunión, documento donde se registran las decisiones de las reuniones, en anexos se encuentra un formato recomendable para este documento.

interferencias, las cuales deben ser debidamente registradas en una “guía de detección de interferencias”.<sup>13</sup> [Todos]

#### 4. Modelación BIM del Proyecto

- 4.1. Revisión de Proyectos. En este punto la información de todas las especialidades ya se encuentra definida y documentada. Es cuando ya se cuenta con el proyecto terminado; pero, aun se espera que se produzcan las interferencias de la futura superposición de los modelos. La coordinadora ya tiene los planos y documentos para que cada especialidad trabaje en su propio modelo BIM cuando se les requiera. [Coordinadora]
- 4.2. Prioridades de Modelación. Se define un orden de prioridades entre los modelos de cada especialidad. Normalmente hay 2 principales: arquitectura y cálculo estructural, esto depende del proyecto en sí, ya que en proyectos habitacionales normalmente arquitectura tiene la primera prioridad, sin embargo, en proyectos industriales la estructuración es lo que manda más allá de la arquitectura. Normalmente, basado en la información entregada por profesionales de la construcción, siguen las especialidades de clima y sanitarias, pero en cada proyecto esto puede variar.

Prioridad	Especialidad
1	Arquitectura / Ingeniería estructural
2	Arquitectura / Ingeniería estructural
3	Clima
4	Sanitaria

Tabla 2.3: Ejemplo de orden de resolución de interferencias en un proyecto.

El resto de las especialidades no presentan mayores inconvenientes para ajustar las modificaciones que se presenten. [Coordinadora, Arquitectura, Cálculo Estructural]

- 4.3. Generación de modelo BIM de Arquitectura y Cálculo Estructural (AE<sup>14</sup>). [Arquitectura, Cálculo Estructural]

4.3.1. Reunión AE. Se organiza la forma de proceder basándose en los puntos anteriores que establecen plazos, cumplimientos, comunicación, etc.

---

<sup>13</sup> Guía de detección de interferencias, esta guía es un documento que administra la coordinadora donde se registra cada interferencia con sus datos y estado de solución, se va actualizando regularmente y se adjunta el formato de ella en el anexo.

<sup>14</sup> AE, Fracción de la terminología ocupada en VDC para referirse a AEC (Architecture, Engineering and Construction)

- 4.3.2. Revisión final. Ya se ha materializado el modelo BIM de cada una de las 2 especialidades.
- 4.3.3. Recepción de Modelos AE. Coordinadora recibe los modelos.
- 4.3.4. Unión o superposición del modelo AE.
- 4.3.5. Interferencias AE. Coordinadora identifica las interferencias al juntar ambos modelos. Cada interferencia va a generar una RDI (BIM)<sup>15</sup> o una RDI según sea la importancia o complejidad de la interferencia, pero esta etapa es de registrar en la guía de detección solamente.
- 4.4. Generación modelos MEP. [Especialidades MEP]
  - 4.4.1. Reunión MEP. Se organiza la forma de proceder basándose en los puntos anteriores que establecen plazos, cumplimientos, comunicación, entre otros.
  - 4.4.2. Revisión final. Ya se ha materializado el modelo BIM de cada una de las especialidades MEP.
  - 4.4.3. Recepción de Modelos MEP. Coordinadora recibe los modelos.
  - 4.4.4. Unión o superposición del modelo MEP.
  - 4.4.5. Interferencias MEP. Coordinadora identifica las interferencias al juntar modelos MEP.
- 4.5. Actualización guía de detección. Se incluyen todos los datos de cada interferencia en la guía de detección. [Coordinadora]
- 4.6. Revisión guía de detección. Se ve si hay información que falte del proyecto para identificar claramente la interferencia detectada, de faltar información se le pide a la especialidad encargada. [Coordinadora].
- 4.7. Análisis de colisiones e interferencias AE. Se procede a encontrar, identificar y registrar en la guía de detección las interferencias y colisiones de los modelos BIM de arquitectura con cálculo estructural. [Coordinadora]
- 4.8. Reunión ICI de resolución de interferencias AE. Por medio de las reuniones previamente acordadas en el punto 4.3.1, se plantean y debaten soluciones en una mesa de trabajo donde están las especialidades de arquitectura, estructuras y la coordinadora con un equipo de dibujantes de las 3 partes.
  - 4.8.1. Reunión de asignación. Las 3 partes organizarán en conjunto cada interferencia con su grado de complejidad para las soluciones en la totalidad de las interferencias encontradas. También, se define cuales involucra a cada una por

---

<sup>15</sup> RDI (BIM) corresponde a un formato que es adecuado para trabajar en modelos BIM, en anexos se encuentra el formato de RID (BIM).

- separado y cuales involucran en conjunto a ambas. [Coordinadora, Arquitectura, Cálculo Estructural]
- 4.8.2. Definición de plazos. Se define el plazo de solución de las interferencias y la periodicidad en que será informado cada cambio que pueda interferir con las soluciones que se plantean en conjunto (esto se da en las interferencias catalogadas con mayor complejidad). La coordinadora se hará responsable de organizar y gestionar estos plazos. [Coordinadora, Arquitectura, Cálculo Estructural].
  - 4.8.3. Generación RDI (BIM) o RDI. Se generan los requerimientos de información para las interferencias encontradas y son entregados a ambas especialidades. [Coordinadora, Arquitectura, Cálculo Estructural]
  - 4.8.4. Resolución de las interferencias con los requerimientos de información y se actualiza cada Modelo, Arquitectura y Cálculo Estructural, por separado. [Arquitectura, Cálculo Estructural]
  - 4.8.5. Se actualiza la guía de detección con las soluciones planteadas. [Coordinadora]
  - 4.8.6. Se juntan los modelos AE y se actualiza con las soluciones acordadas. [Coordinadora]
- 4.9. Revisión funcional de proyectos. En los proyectos de cada especialidad se es llevada a cabo una revisión de las condiciones básicas para su correcta interpretación, funcionalidad y futura ejecución de ellos. [Todos]
- 4.9.1. Revisión factibilidad. Todas las especialidades deben cumplir con el funcionamiento básico de sus respectivos proyectos.
    - 4.9.1.1. Revisión Proyecto de Cálculo. Que los elementos principales de la estructura, secundarios y detalles sean consistentes.
    - 4.9.1.2. Revisión Proyecto de Arquitectura. Que la generación de planos de cortes, elevaciones y plantas cumpla con un estándar mínimo para su correcta ejecución.
    - 4.9.1.3. Revisión proyectos MEP. Que se tome en cuenta todas las incorporaciones que proyecto MEP requiere, entre estos, sala de máquinas, sala de bombas, equipos de peso importante, tableros eléctricos, etc.
5. Modelación conjunta de los proyectos. Se genera el modelo central juntando todos los modelos. [Coordinadora]
6. Análisis de interferencias y colisiones modelo central.
- 6.1. Registro guía de detección. La coordinadora identifica las colisiones e interferencias del modelo central.[Coordinadora]

- 6.2. Reunión de asignación final. Se programan reuniones dentro de un plazo definido, para así asignar a qué especialidad corresponde cada interferencia o colisión y, también, se fija el grado de urgencia y complejidad. La coordinadora, en conjunto con todas las especialidades, definen los plazos de respuesta a las interferencias. Finalmente, se entrega la información que cada especialidad requiere para sus interferencias. [Todos]
7. Actualización modelo central final. [Coordinadora]
  - 7.1. Recepción de respuestas. Se reciben las soluciones de las interferencias de todas las especialidades.
  - 7.2. Actualización modelo central final. Coordinadora, con su equipo de dibujantes y proyectistas, actualiza el modelo con las respuestas recibidas.

### **2.2.3 Etapa de Construcción**

La principal aplicación de BIM se espera que sea en la etapa de diseño, por lo cual, la presente investigación se centra en esa etapa. De todas formas, a continuación se mostrará el caso en el Mall Espacio Urbano de Viña del Mar, donde se está implementando BIM en la etapa de construcción. Luego de esto, se propondrá un procedimiento y finalmente se harán una serie de recomendaciones de cómo se puede mejorar el funcionamiento para este caso.

#### **Experiencia Mall Espacio Urbano**

El día 25 de Noviembre del presente año, se llevo a cabo una reunión con Cristian Suarez, un arquitecto que tiene como cargo Coordinador BIM en terreno en la obra “Mall Espacio Urbano” ubicado en Viña del Mar.

La obra la está realizando la constructora Echeverría Izquierdo, quienes están tratando de implementar BIM en sus proyectos, por lo cual, surge la idea de crear en esta obra específicamente el cargo de coordinador BIM. Este, con la ayuda de las herramientas que ofrece trabajar con BIM, sirve como apoyo para distintas actividades o procedimientos que se llevan a cabo en una obra de construcción.

Es importante tener en cuenta que la implementación que la empresa está realizando es una aproximación al cómo se debiera trabajar con BIM; pero, faltan varios puntos en lo que se debe trabajar para aprovechar los verdaderos beneficios de BIM.

Como aclaración, se hablará de modelo oficial cuando nos referimos al modelo BIM que es el que tiene toda la información. Estos serían: los planos aptos para la construcción y las distintas modificaciones que se vayan realizando, que una vez que sean aprobadas por medio de una RDI son modificadas en el modelo oficial y comunicadas a todas la especialidades.

## **Labores Coordinador BIM**

La función del coordinador BIM en la obra es mantener la información de la obra actualizada y ser un apoyo para las especialidades involucradas en la obra, principalmente se identificaron 3 tareas.

1. Ser la persona responsable al momento de mantener el modelo actualizado de acuerdo a las distintas modificaciones que realiza cada especialidad. La forma de comunicación consiste en que cada vez que una especialidad requiere una modificación al modelo, se hace un requerimiento de información (RDI) a los especialistas que corresponda y una vez que la RDI es resuelta se hace una modificación al modelo oficial. Luego, vía mail se informa al coordinador BIM, quien tiene su propio modelo (modelo oficial) en su última versión. Aproximadamente cada una semana el coordinador BIM descarga el modelo oficial y el modelo anterior se guarda como una nueva revisión, claro que lo importante es que el coordinador BIM, aunque tenga o no el modelo actualizado, siempre se mantenga al tanto de las modificaciones que se han realizado.
2. Apoyar los requerimientos de información que se realizan en la obra, para así lograr un manejo más adecuado a las prácticas BIM, con lo que se logrará aprovechar las ventajas de visualización de las plataformas 3D, como aportar a una resolución más clara y rápida de los problemas que se pueden presentar. Las RDI realizadas con BIM cumplen una función similar a las tradicionales RDI en papel; pero, con la ventaja de que al tener aplicaciones en 3D es mucho más fácil entender y explicar para cualquier persona (personal profesional, técnico, capataces, obreros.) la identificación, forma de trabajo y soluciones propuestas de los problemas de las RDI's.

El coordinador BIM también puede generar RDI buscando interferencias en el modelo, para así, disminuir la pérdida de tiempo. Esta se logrará, ya que los problemas o colisiones serían identificados en una etapa anterior a la construcción de la interferencia a evitar, idealmente esto se debería realizar en la etapa de diseño del proyecto.

3. Llevar a cabo una coordinación con el proyectista para mantener actualizado el avance y asegurarse que quede registrado. Para aprovechar mejor BIM, se utilizan programas como NAVISWORKS, los cuales puede interactuar con REVIT y MS PROJECT, PRIMAVERA PROJECT PLANNER (distintos software de programación) para así, en conjunto dar como resultados secuencias 4D. Estas incluyen importantes referencias visuales que indican con gran precisión en el modelo el avance del proyecto a medida que se desarrolla en las fechas de la obra, desde el inicio hasta la fecha actual. Es una forma muy cómoda y visualmente práctica para ver los avances gracias a la tecnología de las plataformas BIM.

También, es importante destacar que el modelo BIM, al ser una base de datos que contiene prácticamente toda la información del proyecto y que permanentemente está siendo actualizada, puede servir como un apoyo en caso de tener alguna duda con cualquier información que esté contenida en el modelo. Además, presenta la ventaja de poder acceder rápidamente a la información, así cualquier especialidad puede resolver sus dudas de una forma óptima.

## **Procedimiento**

### **Esquema Resumen**

(Anexo N°4)

### **Procedimiento Detallado**

1. Licitación y adjudicación
  - 1.1. Evaluación de las cualificaciones del proponente. [Coordinadora, Arquitectura]
  - 1.2. Entregar las adendas<sup>16</sup> y aclaraciones estructurales requeridas. [Estructuras]
  - 1.3. Entregar las adendas y aclaraciones de arquitectura requeridas. [Arquitectura]
2. Servicios previos a la construcción.
  - 2.1. Reuniones de coordinación concurrentes. Cada especialidad será debidamente informada de donde y cuando le corresponda presentarse a dichas reuniones. [Coordinadora]
  - 2.2. Definición de procedimientos de comunicación. Este punto se puede definir como uno a tratar en alguna de las primeras reuniones que se fijen, y donde se presenten las principales especialidades. [Todos]
  - 2.3. Definición de los procedimientos para la aprobación de las proposiciones en la etapa de construcción. [Todos]
  - 2.4. Elección del laboratorio de materiales y la inspección técnica. [Arquitectura con Estructuras].
  - 2.5. Aconsejar al cliente y al contratista en los requerimientos de supervisión durante las visitas a obra. [Arquitectura, Estructuras]
3. Revisión de las entregas de ingeniería externa<sup>17</sup>.
  - 3.1. Revisar las entregas especificadas por el ingeniero estructural principal de los ítems diseñados por él, pero detallados por otros. Determinar si las entregas han tenido aprobaciones previas según lo requerido por los documentos de contrato o encargo. La revisión de las entregas tiene por objeto determinar la conformidad general con la

---

<sup>16</sup> Adenda: Apéndice o conjunto de notas añadidas después de terminada una obra escrita para aclarar, completar o rectificar su contenido.

<sup>17</sup> Ingeniería Externa, son los elementos estructurales a ser provistos por el contratista durante la etapa de construcción que requieren una revisión y aprobación por el ingeniero estructural principal.

- información y los conceptos de diseño expresados en los documentos del proyecto estructural.[Estructuras]
- 3.2. Revisión de las entregas relacionadas con los elementos especificados por el ingeniero estructural principal y diseñados por ingenieros especialistas. Determinar si las entregas han sido aprobadas previamente de acuerdo a los requerimientos de los documentos de contrato o encargo. Establecer si las entregas llevan la firma del ingeniero especialista encargado del diseño, de acuerdo a los requerimientos de los documentos de contrato o encargo. Revisar si los elementos estructurales con ingeniería previa cumplen con el tipo, ubicación y conexión con otros elementos dentro del sistema estructural del ingeniero estructural principal con los criterios y cargas de diseño. [Estructuras]
  4. Supervisión estructural y arquitectura.
    - 4.1. Se requiere que arquitectura esté al tanto de todo lo que pasa en la obra, los cambios, los problemas, las RDI, entre otros.
    - 4.2. Realizar visitas de supervisión estructural durante la etapa de construcción de la obra con la periodicidad definida en la etapa de diseño. Supervisar y familiarizarse en lo general con el avance de la construcción de la estructura diseñada por el ingeniero estructural principal.
    - 4.3. Realizar visitas de supervisión para el proyecto de arquitectura, como quedó establecido en las reuniones de la etapa de diseño.
    - 4.4. Informar de la supervisión de la construcción a las coordinadora, quien deberá informar al mandante. [Todos]
  5. Otros servicios para la etapa de construcción, acordados previamente.
    - 5.1. Enviar las RDI a la coordinadora. [Todos]
    - 5.2. Actualizar guía de detección, proponer soluciones y enviar RDI a el (los) especialista(s) que corresponda. [Coordinadora]
    - 5.3. Proveer aclaraciones del modelo estructural, incluyendo la preparación de detalles complementarios.[Estructuras]
    - 5.4. Proveer aclaraciones del modelo de arquitectura, incluyendo la preparación de detalles complementarios.[Arquitectura]
    - 5.5. Gestionar respuestas RDI a quien corresponda. [Coordinadora]
    - 5.6. Verificar conformidad de cada RDI. [Coordinadora]
    - 5.7. Actualizar modelo central. [Coordinadora]
  6. Ensayes de materiales e inspección.
    - 6.1. Revisión general de los informes de laboratorios y oficinas de inspección de acuerdo a lo requerido en la documentación estructural del contrato o encargo.
    - 6.2. Iniciar acciones apropiadas en respuesta a dichos informes, si es necesario.

## **Recomendaciones etapa de construcción**

Para un proyecto en la etapa de construcción que se considere complejo, se recomiendan las siguientes indicaciones de personal a contratar, para que el trabajo en esta fase cumpla con los estándares que se desean lograr con BIM. Son 3 cargos principalmente, pero que, dependiendo de la magnitud del proyecto, pueden aumentar o disminuir.

- Una persona que trabaje directamente con el programador de la obra, para mantener actualizado el avance de la obra con el formato adecuado de las plataformas BIM. Con esto se facilitaría y mejoraría la programación, pues, se pueden generar videos 4D donde se aprecie el avance con las fechas respectivas, lo cual puede ser de mucha utilidad en reuniones o para resolver diversas dudas a participantes de la obra. Se tendrá la programación de la obra en el modelo 4D y así se pueda organizar mejor los tiempos y evitar pérdidas.
- Una persona que esté a cargo de los requerimientos de información, y que sea el nexo entre quien pide el requerimiento y quien lo resuelve. La idea en este cargo es que BIM nos ofrece información más específica y eficaz que el traspaso de información en papel, lo cual sería un importante aporte en el tiempo de resolución de las RDI.
- El otro cargo que se considera, sería la persona encargada de mantener actualizada toda la información del modelo y estar al tanto de todos los cambios realizados, con el fin de ser un constante apoyo en terreno. Esta persona sabría específicamente las especialidades encargadas de cada problema que se presente para así evitar colisiones, y, cuando sea requerido, tendría la información necesaria para resolver las dudas que surgen en el minuto y que se pueden solucionar accediendo a la información del modelo sin pérdidas de tiempo.

Finalmente otra recomendación es que todo el tema de la enfierradura sea implementado en los proyectos a futuro, ya que en la actualidad los proyectos que se han tratado de trabajar con BIM no ha resultado muy exitosamente.

## **2.4 Recomendaciones Particulares.**

Estas serie de recomendaciones son las que cada especialista debiera tener presente para obtener provecho de las metodologías VDC/BIM.

### **2.4.1 Proyecto de Ingeniería Estructural**

En los proyecto de ingeniería estructural es común encontrarse con problemas que pueden requerir cambios en el proyecto o inconvenientes que producen retrasos, en general cualquier modificación del tipo estructural afecta a varias especialidades, con lo cual, se debe hacer una serie de modificaciones en cada modelo para así actualizar el modelo central.

Para un correcto funcionamiento de la programación digital, y contando con las plataformas BIM, hay que tener en consideración las siguientes medidas.

- Ya que se contará con un mayor tiempo para el diseño del modelo estructural, se debe producir información más detallada y completa que con los planos convencionales.
- Incluir y crear los dibujos para los refuerzos de hormigón y acero estructural del modelo de diseño.
- Información sobre el diseño y dibujos producidos por los ingenieros que realmente se están realizando el diseño.
- Incluir los detalles de la construcción que en realidad serán utilizados por los supervisores y capataces en el campo. Es de mayor importancia ser cuidadosos con la coordinación con los supervisores que construyen la obra, a que el modelo de BIM esté vinculado al análisis y diseño de modelos. Exactitud e integridad de datos son muy importantes.

## **2.4.2 Proyecto de Arquitectura**

En el caso de Arquitectura es importante que se mantenga una estrecha comunicación entre las partes que intervienen en el proyecto. Por esto, los puntos a cuidar son los siguientes:

- Obligar a la colaboración entre los equipos del proyecto (internamente y con consultores).
- Utilizar las opciones gráficas para mejorar el marketing.
- Visualizar alternativas de diseño.
- Mejorar la calidad de diseño

## **2.4.3 Mandante**

- Fomentar una participación activa en lo clientes.
- Mejorar la comunicación entre todas las partes interesadas
- Reducir el fracaso (defectos) en proyectos
- Acelerar el progreso de un proyecto
- Disminuir los costos de proyecto

## **2.4.4 Subcontratistas**

- Aprovechar la visualización de potencia de VDC/BIM, sobre todo en una etapa temprana de la planificación y venta
- Aprovechar el poder de comunicación de VDC/BIM para ayudar a los distintos integrantes a comprender el alcance del proyecto

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA DE ENSAYO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION**

En el presente capítulo se propone una metodología para que el procedimiento de coordinación de especialidades sea implementado, con esto se podrá ver como resulta la aplicación en la práctica.

Se define un temario tentativo para dar un inicio a la propuesta de trabajo de título.

#### **3.1 Tema**

“Aplicación del Procedimiento para la Coordinación de Especialidades en un Proyecto en Plataforma BIM”.

##### **3.1.1 Objetivo General**

Analizar y aplicar, en funcionamiento de las metodologías VDC/BIM, en un proyecto de construcción, basándose en el “Procedimiento para la coordinación en proyectos de construcción en plataforma BIM”

### **3.1.2 Objetivos Específicos**

- Aportar en la optimización del procedimiento paso a paso para su correcta implementación.
- Comprobar la metodología de los requerimientos de información propuestos y optimizarlos en caso de ser necesario.
- Registrar en un proyecto real cuáles son los principales desafíos a resolver para una efectiva implementación de BIM en un proyecto de construcción.
- Aportar a las entidades coordinadoras de proyectos a un correcto uso de BIM, que la etapa de diseño sea la que proporcione los beneficios en el proyecto.

Para su correcta aplicación se debe, preferentemente por parte de quien realiza la investigación, proceder según las siguientes indicaciones.

### **3.2 Requisitos**

#### **Personales:**

Ser un alumno egresado de una carrera relacionada con el área de diseño o construcción de proyectos, carreras como lo pueden ser: Arquitectura, Ingeniería Civil, Construcción Civil, entre otras.

Que exista la motivación por parte del individuo de realizar su memoria, tesis o trabajo de título en el tema de implementación de procedimiento para proyectos de construcción en plataforma BIM.

Contar con una disponibilidad de 6 meses aproximadamente, ya que se requiere hacer un desarrollo en paralelo a un proyecto de construcción en sus fases de diseño esquemático y de desarrollo del diseño.

Se debe contar del suficiente conocimiento de inglés, debido a la amplia literatura existente de BIM en este idioma, se recomienda nivel intermedio/avanzado.

Contar con los equipos necesarios para el funcionamiento de los software que se utilizan en los proyectos de construcción en plataforma BIM.

### **Apoyo externo:**

Se requiere que la persona a cargo del ensayo tenga el apoyo de alguna entidad privada o pública que proporcione un proyecto, el cual se tenga contemplado trabajarlo con VDC/BIM. También, es importante el apoyo de esta empresa a modo de sugerencias, información, resolución de dudas; para esto se recomienda que la empresa proporcione una persona que esté encargada de solucionar las inquietudes del alumno y que se programen reuniones semanales (teniendo especial cuidado en que se realicen de forma periódica), de esta manera la información y trabajo que se avance será actualizado semanalmente.

El alumno necesitará tener libre acceso a la documentación e información de diseño, así como a los modelos BIM, los requerimientos de información, etc. Pero no estará autorizado a realizar cambios que puedan perjudicar la integridad del modelo, para prevenir esto deberá contar con la adecuada supervisión de la persona encargada nombrada anteriormente.

### **Proyecto:**

Para la correcta aplicación del presente procedimiento, se requiere que el proyecto cumpla con ciertas condiciones, las cuales están definidas por 2 fundamentos. Uno de ellos es que, al implementar BIM el proyecto sea una inversión rentable con todos los gastos que requiere esta implementación; para que esto resulte así, se recomienda buscar un proyecto que no sea de una construcción muy estandarizada, ya que hay proyectos que las empresas los realizan varias veces pero en distintos lugares, lo cual hace que cada vez que es realizado el

proyecto se van minimizando la cantidad de errores, entonces BIM no sería un beneficio tan grande como se esperaría. El otro fundamento trata sobre el tiempo y tipo de proyecto, el tiempo porque debe estar empezando la etapa de diseño esquemático, ya que este procedimiento se centra en las etapas de prediseño y diseño, que es donde se aprovecharían las ventajas de BIM con mayor fuerza, es decir, que el tiempo cuando se empieza a poner a prueba el proyecto coincida con el inicio de la etapa de diseño esquemático. El tipo de proyecto es relativo, idealmente un proyecto que su modelamiento esté estimado en unos 3 o 4 meses, y que sea de complejidad media<sup>18</sup>.

Se requiere que en el proyecto se contraten los servicios de una empresa coordinadora de proyectos, en caso de no contar con esto, el alumno tomará como supuesto que se cuentan con los servicios necesarios y registrará las diferencias que se provocan por la ausencia de la coordinadora.

### **3.3 Metodología Recomendada**

Hasta el momento en Chile, los proyectos BIM no se han logrado implementar de buena manera, a diferencia de en otros países como Estados Unidos. Lo que se ha hecho en la industria nacional es utilizar las herramientas de VDC/BIM para facilitar las etapas del proyecto de construcción, por ejemplo: ver los problemas con una visualización más detallada, tomar los planos 2D de los proyectos y luego pasarlos al formato 3D, siendo que las verdaderas ventajas se obtiene al implementar BIM desde un principio en todo el proyecto, es decir, diseñar efectivamente en 3D desde el comienzo y una vez que el modelo 3D esté completo, recién en este momento, generar los planos 2D.

---

<sup>18</sup> Complejidad media, por ejemplo, algún colegio, una municipalidad, un complejo deportivo, etc., Centros comerciales, hospitales y clínicas, probablemente estarían fuera del plazo de modelamiento para el trabajo de título propuesto.



**Figura 3.1: Diseño en 2D (tradicional) vs Diseño 3D (BIM)**

Como se espera, los puntos del procedimiento no van a ser seguidos por la totalidad de las especialidades del proyecto; por lo cual, se harán los supuestos necesarios para ver que tan aplicable es el procedimiento y que modificaciones se deberán considerar en este para mejorar las prácticas en la implementación de BIM.

Se recomienda que el alumno constantemente vaya registrando en qué punto del procedimiento se encuentra el proyecto. Para esto tiene que definirse personalmente una estrategia de registro de avances del proyecto, por ejemplo, generar archivos independientes para cada especialidad y con las reuniones semanales informarse de cuál es la etapa actual en la que se encuentra cada especialidad, de esta forma, va a tener generado un archivo digital de cada integrante con su estado actual de progreso, va a poder estimar cuánto se demora una especialidad en desarrollar un proyecto en plataformas BIM, también se sabrá que problemas se van presentando a medida que se va avanzando en los puntos. Se deberá anotar y especificar detalladamente que diferencias con el procedimiento se encuentran entre el proyecto en desarrollo y el proyecto como se muestra en el procedimiento de esta investigación. Es importante que el nivel de conocimiento esté en buen nivel, para que el alumno encargado pueda identificar con un criterio propio cuál forma de proceder es más ventajosa. Recordemos

que es difícil que los profesionales que llevan trabajando toda su vida sin BIM cambien su manera de trabajar, pero el hecho de lograr identificar los puntos en los cuales se permiten o no cambios por parte de los especialistas, ya sería un gran avance para idear formas de lograr la futura implementación de BIM.

Será el alumno quien se organizará con la entidad coordinadora para aplicar el correcto uso de los documentos anexos del procedimiento (Guía de diseño, Acta de reunión, Guía de detección, RDI normal y RDI BIM). Lo más probable es que la coordinadora tenga un formato propio para estos documentos, en caso de ser así, se podrán usar los nuevos documento pero se deberá registrar que diferencias, similitudes, ventajas, desventajas hay entre ellos.

Las especialidades que participen en el proyecto y que no trabajen con BIM deberán, en vez de entregar el modelo 3D de su proyecto, entregarle los planos a la coordinadora, la cual tendrá un grupo de proyectistas y dibujantes quienes generarán el modelo de especialidad 3D a partir de los planos 2D.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

#### 4.1 Resultados Obtenidos

Se llevo a cabo un levantamiento de la coordinación de especialidades en proyectos de construcción donde se desprende que en general, en la industria de la construcción, hay varios problemas que tienen que ver con la coordinación de especialidades. Dicha problemática se analizó con dos metodologías, cada una con sus propios resultados.

En la primera (según las calificaciones mediante un índice de problemas, donde nota 1.0 corresponde a ningún problema y 5.0 correspondió a demasiados problemas) resultado que las especialidades que más problemas presentaron son los proyecto de arquitectura y calculo estructural, junto con el mandante.

Los resultados que arrojó el segundo análisis (tabla 4.1) muestran al igual que en la primera metodología, que arquitectura y estructuras vienen siendo las especialidades que más problemas causan. Dado esto, se cumple el objetivo de buscar las especialidades que más problemas presentan entre ellas, para así, en la generación del procedimiento de coordinación, saber en qué especialidades hay que enfocarse para evitar que los problemas actuales se sigan presentando, con lo cual se espera lograr un óptimo funcionamiento del procedimiento.

<b>Proyectos de Especialidad</b>	<b>Menciones</b>
Proyectos de Cálculo Estructural	30%
Proyectos de Arquitectura	29%
Proyectos de Ingeniería Eléctrica	16%
Proyectos de Ingeniería Sanitaria	10%
Proyectos de Clima	7%
Proyectos de Iluminación	4%
Proyectos Seguridad y Detección Incendios	2%
Otros	2%

**Tabla 4.1: Problemas que presenta cada especialidad**

El principal problema radica en que no está bien definido el estado de los proyectos cuando acaba la etapa de diseño, es por esto que cuando se entra en la etapa de construcción, comienzan a presentarse problemas que van generando requerimientos de información entre las especialidades, principalmente entre proyecto de arquitectura y calculo estructural. Se requiere, para mejorar las prácticas, que los proyectos sean entregados en un mejor nivel de detalle, ya que es esta carencia de detalles la que va a generar problemas a futuro, los cuales se traducen en costos, correcciones y colisiones que un proyecto de construcción busca evitar. Es por esto que se propone BIM como la manera de solucionar dichos inconvenientes, y para poder sacarle provecho a las ventajas que ofrece se necesita el orden del procedimiento presentado en la presente investigación. Al contar en la etapa de construcción con un modelo BIM, se cuenta con el nivel de detalles necesario para que los problemas sean detectados y solucionados de manera más rápida, y esto es posible gracias a la rapidez y claridad con la que se puede acceder a la información del proyecto. Resumiendo, BIM nos proporciona una maqueta virtual con la información del proyecto incluida en él, y como lo propone el procedimiento, en la etapa de diseño se contará con un modelo 3D listo para poder encontrar las futuras colisiones e interferencias.

Por parte del mandante, la principal causa que se encontró del porqué provoca problemas en una obra es que generalmente produce cambios que obligan a un reajuste de las actividades, lo cual hace necesario un cambio en el programa definido previamente por los integrantes del proyecto, con BIM estos cambios también se pueden implementar de forma más rápida y sencilla debido a que es una plataforma de visualización fácil de entender y que cuenta con la información en el mismo modelo, así de esta manera, los especialistas pueden actualizar el modelo minimizando la pérdida de tiempo.

Finalmente, se propone una futura investigación, en la cual, se pretende analizar y aplicar en funcionamiento de las metodologías VDC/BIM en un proyecto de construcción basado en el “Procedimiento para la coordinación en proyectos de construcción en plataforma BIM”, y se proporcionan las indicaciones necesarias para poner en práctica el procedimiento elaborado en el capítulo 2.

#### **4.2 Comprobación de la Hipótesis**

El presente trabajo de título se basó en que, en la actualidad los proyectos de construcción son realizados con prácticas que tienen mucho por mejorar, esto se pudo observar luego del levantamiento de la situación actual en la coordinación de proyectos en Chile y de las entrevistas llevadas a cabo por el alumno, tanto en empresas que trabajan con las tecnologías VDC/BIM y otras que no. Se notó que en general cada empresa funciona con sus propias metodologías que son en ocasiones muy diversas entre ellas. Con esto, se ven 2 puntos importantes: el primero, es recomendable estandarizar de mejor manera los proyectos de construcción, así estos se irán desarrollando de una forma más coordinada, y el segundo, se enfoca en la utilidad de implementar BIM en los proyectos. En las entrevistas de profesionales que conocían del tema BIM, se notaba claramente que estaban muy convencidos de que BIM es el siguiente paso en la industria de la construcción, debido a los múltiples beneficios que ofrece, como las tecnologías de información, las utilidades de los programas software, la colaboración en tiempo real, entre otros. En general nadie que conozca sobre el tema muestra una postura de rechazo frente a estas nuevas tecnologías.

### **4.3 Conclusión General**

Se concluye, luego del levantamiento del estado de la situación actual de la coordinación de proyectos en Chile, que es necesario un mejor entendimiento entre las especialidades de un proyecto, principalmente entre las de proyecto de arquitectura con proyecto de cálculo; juntas, según los encuestados, están involucradas en un 59% de las RDI de un proyecto. Se necesita, también, que se logre una colaboración constructiva para poder coordinar ambas especialidades, y, así, en las siguientes etapas del diseño el resto de las especialidades se topen con la menor cantidad de interferencias y colisiones.

Se realizó un formato para los requerimientos de información (RDI y RDI BIM) que funcionarán mejor que las actuales, ya que, además de una visualización 3D, cuentan con prácticamente toda la información que una especialidad necesita para solucionar los problemas, es una forma de traspasar la información de la manera que BIM lo hace, pero de una parte específica del modelo. Se espera que se aproveche la gran ventaja de que toda la información necesaria se puede encontrar en la RDI BIM y no perder tiempo en buscar y entender planos para aclarar las dudas a resolver en la RDI.

Por otro lado, en el procedimiento hay que destacar la importancia en la coordinación de especialidades logrando que proyecto de arquitectura y proyecto de estructuras superpongan sus modelos, y analicen sus interferencias o colisiones antes de incluir en el modelo BIM central al resto de las especialidades, ya que en la actualidad, en las primeras etapas de los proyectos de construcción, son los planos de estas 2 especialidades los que se utilizan con gran frecuencia.

#### **4.4 Aporte al Campo**

El fundamental aporte que otorga la presente investigación es: ser una fuente de información para que los profesionales de la construcción, que estén interesados en que BIM sea la forma de manejar sus proyectos, puedan tener un punto de partida de cómo deberían proceder para que “realmente” se utilice BIM de una forma correcta, ya que hasta el momento no se tiene claro el cómo manejar un proyecto utilizando herramientas y metodologías VDC/BIM

También, es un importante aporte en la construcción sin pérdidas; porque, con realizar el procedimiento de coordinación se harán evidentes las pruebas de que implementar BIM en un proyecto de construcción trae beneficios, los cuales se van a poder medir en ahorros significativos para todos los integrantes de un proyecto, así como también, evitar desperdicios de materiales debido a errores que se producen en los proyectos y otros beneficios más que se han explicado a lo largo del presente trabajo de título.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HARTMANN T. y FISCHER M. Applications of BIM and Hurdles for Widespread Adoption of BIM, AISC-ACCL Construction Roundtable Event Report, 2007.
- MOURGUES C. y FISCHER M. Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). CIFE Technical Report #124, Enero, 2001.
- ALARCÓN L.F, FISHER M., MOURGUES C., GAO J., ALARCÓN D., O'RYAN C. Understanding VCD/BIM Implementation Strategies, ELAGEC, Tercer encuentro latinoamericano de gestión y economía de la construcción, Bogotá, Colombia, 2009.
- "DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS EN CHILE", Preparado por ANTEL Investigaciones de Mercado Ltda. Para la Corporación de Desarrollo Tecnológico. Santiago, 2010.
- KLEMETTI Anna. Risk Management in Construction Project Networks, Helsinki University of Technology, Laboratory of Industrial Management, Finland, 2006.
- YOUNG N., JONES S. y BERNSTEIN H. Building Information Modeling (BIM) Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity, McGraw\_hill construction, Smart Market Report. 2008.
- SISIB, Universidad De Chile, Pauta para la presentación de tesis de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2003.
- Memorias III ELAGER, Tercer encuentro latinoamericano de gestión y economía de la construcción "Mejores prácticas en la gestión de la construcción en Latinoamérica", Bogotá, Colombia, 2009.
- SALDIAS Rodolfo, Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Trabajo de Título (Ingeniero civil mención estructuras, construcción y geotecnia). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2010.
- PEREZ Patricio, Metodología de Organización de un Sistema de Adquisiciones Basada en PDMS Aplicada a Proyectos EPC. Trabajo de título (Ingeniero Civil), Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2008.
- Mundo BIM, Blog en Chile que tratara temas sobre Revit Estructura y de otras plataformas con la que es capaz de interactuar [en línea] <<http://mundobim.blogspot.com/>>
- BORYSLAWSKI Mieczyslaw (Mitch), Building Owners Driving BIM: The "Letterman Digital Arts Center" Story. [en línea] <[http://aecbytes.com/buildingthefuture/2006/LDAC\\_story.html](http://aecbytes.com/buildingthefuture/2006/LDAC_story.html)>
- GILLIGAN B. y KUNZ J., VDC Use in 2007: Significant Use, Dramatic Growth, and Apparent Business Opportunity, [en línea] <<http://cife.stanford.edu/online.publications/WP103.pdf>>
- KHANZODE A., FISCHER M, REED D Y BALLARD G. "A Guide to Applying the Principles of Virtual Design and Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process" [en línea] <<http://cife.stanford.edu/online.publications/WP093.pdf>>

## ANEXOS

### **Anexo N°1: Lista de entrevistados para levantamiento del estado del arte.**

<b>Nombres</b>	<b>Cargo</b>	<b>Empresa</b>
Antonio Yañez	Jefe Terreno	Quevedo s.a
Ricardo Astudillo	-	-
Ricardo Yorston	-	-
Carlos Aguilar	Ingeniero Civil	Salfa
-	Arquitecto	-
Roberto Rojas Guzmán	Arquitecto, Jefe Técnico BIM	CDT
Luis Fuenzalida Alcérreca	Arquitecto	Consortio Hospital de Rancagua
Carlos Aguilar Roldán	Gerente de Estudios e Ingeniería	Salfa Construcción
Helmuth Harbst Miranda	Arquitecto	Independiente
Carlos Paz González	Jefe Depto. Ingeniería de Equipos y Sistemas	Metro S.A.
Monica Alvarez de Oro Salinas	Arquitecto Socio	MAO Arquitectos Ltda.
Susana Carrasco	Constructor Civil	Municipalidad
Alejandro Pino	Arquitecto - Supervisor	BAU Ltda.
Vicente Justiniano	Socio	Vicente Justiniano Arquitectos Ltda.
Martin Lira	Arquitecto	Plan 3 Arquitectos Limitada
Manuel Jose Valdés De Ferari	Arquitecto	LNV Arquitectos
Jorge Martinez	Gerente Ingeniería y Construcción	Proyersa Ingeniería S.A.
Rodrigo Domínguez	Arquitecto socio	Plannea Arquitectura
Claudio de Requesens	Jefe de proyectos	Hidrosan
Rafael Fuenzalida	JEFE DE OPERACIONES - INSPECCIONES	-
Ignacio Parga	Ingeniero de proyectos	RFA Ingenieros
Juan Miguel Dyvinetz	Gerente General	JMD Consultoría Ltda
Enrique Manzur	Gerente General	Proma Ltda.
Jorge Salazar	-	Constructora Ecos Ltda.
Aldo Reyes Ruiz	Encargado Obra	Constructora Ecos Ltda.

**Tabla A1.1: Datos Muestra (nombre, Cargo, Empresa)**

## Anexo N°2: Datos estadísticos levantamiento estado del arte.

### Análisis técnico poblacional de los problemas que presentan las especialidades

<b>Estructuras</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,346	El "51,72%" eligieron: Aceptable Pocos La opción "Ninguno" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	26 - 3,766]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	1,093	
Error estandar	0,214	

<b>Mecánica de Suelos</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,000	El "58,62%" eligieron: Pocos Aceptable La opción menos elegida representa el "6,90%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	61 - 3,439]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	1,186	
Error estandar	0,224	

<b>Electricidad</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,333	El "75,86%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción "Ninguno" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	37 - 3,629]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	0,784	
Error estandar	0,151	

<b>Iluminación</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,593	El "62,07%" eligieron: Aceptable Ninguno La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	26 - 2,959]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	0,971	
Error estandar	0,187	

<b>Arquitectura</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,481	El "62,07%" eligieron: Bastantes Aceptable La opción menos elegida representa el "3,45%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	85 - 3,878]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,051	
Error estandar	0,202	

<b>Paisajismo</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,071	El "79,31%" eligieron: Pocos Ninguno La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	88 - 2,355]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,766	
Error estandar	0,145	

<b>Urbanización</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,179	El "72,41%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción menos elegida representa el "3,45%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	43 - 3,514]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,905	
Error estandar	0,171	

<b>Redes de gas</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,929	El "62,07%" eligieron: Pocos Aceptable La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	95 - 3,262]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,900	
Error estandar	0,170	

<b>Redes de agua</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,038	El "68,97%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	22 - 3,355]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,824	
Error estandar	0,162	

<b>Sanitario, Alcantarillado, Aguas Lluvias</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,143	El "79,31%" eligieron: Aceptable Bastantes 2 opciones quedaron sin elegir.
Intervalo de confianza (95%)	82 - 3,404]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,705	
Error estandar	0,133	

<b>Terminaciones</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,714	El "58,62%" eligieron: Bastantes Demasiados La opción menos elegida representa el "3,45%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	00 - 4,128]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	1,117	
Error estandar	0,211	

<b>Climatización (aire acondicionado y calefacción)</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,321	El "65,52%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción "Ninguno" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	71 - 3,671]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,945	
Error estandar	0,179	

<b>Seguridad y control de accesos</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,500	El "75,86%" eligieron: Pocos Aceptable La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	89 - 2,811]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,839	
Error estandar	0,159	

<b>Detección y extinción de incendios</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,852	El "72,41%" eligieron: Aceptable Pocos La opción menos elegida representa el "3,45%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	26 - 3,178]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	0,864	
Error estandar	0,166	

<b>Limpia fachadas</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	1,964	El "72,41%" eligieron: Pocos Ninguno 2 opciones quedaron sin elegir.
Intervalo de confianza (95%)	89 - 2,240]	
Tamaño de la muestra	28	
Desviación típica	0,744	
Error estandar	0,141	

<b>Gerenciamiento de Proyectos (La coordinadora)</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,000	El "68,97%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción menos elegida representa el "3,45%": Demasiados
Intervalo de confianza (95%)	95 - 3,405]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,074	
Error estandar	0,207	

<b>Inspección Técnica</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,704	El "44,83%" eligieron: Aceptable Ninguno La opción menos elegida representa el "6,90%": Demasiados
Intervalo de confianza (95%)	26 - 3,181]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,265	
Error estandar	0,244	

<b>Mecánica (Ascensores, escaleras mecánicas)</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,120	El "72,41%" eligieron: Aceptable Bastantes 2 opciones quedaron sin elegir.
Intervalo de confianza (95%)	59 - 3,381]	
Tamaño de la muestra	25	
Desviación típica	0,666	
Error estandar	0,133	

### **Análisis técnico poblacional de los problemas que presentan los especialistas**

<b>Ingeniero Estructural</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,115	El "59,26%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción menos elegida representa el "3,70%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	718 - 3,512]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	1,033	
Error estandar	0,202	

<b>Ingeniero Electrico</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,038	El "74,07%" eligieron: Aceptable Pocos La opción "Ninguno" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	704 - 3,373]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,871	
Error estandar	0,171	

<b>Ingeniero Geologo</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,423	El "77,78%" eligieron: Pocos Aceptable La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	112 - 2,734]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,809	
Error estandar	0,159	

<b>Ingeniero Visitador</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,760	El "66,67%" eligieron: Pocos Aceptable La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	415 - 3,105]	
Tamaño de la muestra	25	
Desviación típica	0,879	
Error estandar	0,176	

<b>Mandante</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,556	El "55,56%" eligieron: Bastantes Aceptable La opción menos elegida representa el "7,41%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	096 - 4,016]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,219	
Error estandar	0,235	

<b>Ingeniero en Terreno</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,769	El "70,37%" eligieron: Aceptable Pocos La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	438 - 3,101]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,863	
Error estandar	0,169	

<b>Administrador de Obra</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,692	El "74,07%" eligieron: Aceptable Pocos La opción menos elegida representa el "3,70%": Demasiados
Intervalo de confianza (95%)	336 - 3,049]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,928	
Error estandar	0,182	

<b>Jefe Oficina Tecnica</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,778	El "66,67%" eligieron: Aceptable Pocos La opción menos elegida representa el "3,70%": Demasiados
Intervalo de confianza (95%)	396 - 3,160]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,013	
Error estandar	0,195	

<b>Geomensor</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,346	El "70,37%" eligieron: Aceptable Pocos La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	003 - 2,689]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,892	
Error estandar	0,175	

<b>Capataces</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,407	El "77,78%" eligieron: Aceptable Pocos La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	089 - 2,726]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	0,844	
Error estandar	0,162	

<b>Arquitecto</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,259	El "62,96%" eligieron: Bastantes Aceptable La opción menos elegida representa el "3,70%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	860 - 3,659]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	1,059	
Error estandar	0,204	

<b>Prevencionista de Riesgo</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	2,519	El "66,67%" eligieron: Pocos Aceptable La opción "Demasiados" no fue elegida por nadie.
Intervalo de confianza (95%)	151 - 2,886]	
Tamaño de la muestra	27	
Desviación típica	0,975	
Error estandar	0,188	

<b>Abogados (permisos municipales, etc.)</b>		<b>Conclusiones destacadas</b>
Media	3,500	El "70,37%" eligieron: Aceptable Bastantes La opción menos elegida representa el "3,70%": Ninguno
Intervalo de confianza (95%)	119 - 3,881]	
Tamaño de la muestra	26	
Desviación típica	0,990	
Error estandar	0,194	

### Anexo N°3: Documentos Procedimiento de Coordinación.

#### Guía de diseño.

Guía de Diseño			
Revisión N°	XX	Fecha Revisión	XX-XX-XXXX
		Fecha Próxima Revisión	XX-XX-XXXX
Proyecto			
Nombre Proyecto		Código Proyecto	
Nombre Mandante			
Parámetros de Diseño			
Parámetro	Unidad	Información Adicional	
Longitud	XX	XXXXXX	
Superficie	XX	XXXXXX	
Volumen	XX	XXXXXX	
Ángulos	XX	XXXXXX	
Pendiente	XX	XXXXXX	
Cotas	XX	XXXXXX	
Nivel	XX	XXXXXX	
Etc....	XX	XXXXXX	
Diseño BIM especialidades			
Especialidad	Siglas	Detalles de especialidades	
Arquitectura	ARQ	Arquitectura	
Cálculo	CAL	Cálculo y postensado	
Climatización	CLI	Clima HVAC	
Electricidad / Iluminación	ELE	Escalerillas, iluminación	
Sanitarios	SAN	A.F., A.C., alcantarillado, A.LL.	
Seguridad	SEG	Detección, Extinción	
Gases Clínicos	GCL	Gases clínicos, gas natural	

## Nomenclatura de nombres de archivos

Los archivo que se modelen se guardaran bajo un nombre con un formato especifico, dependerá de cada proyecto y se definirá en una reunión ICI, por ejemplo:

**BIM-01-CAL-320-11**

BIM: Común para proyectos BIM

01: Numeración del proyecto

CAL: Especialidad a la que pertenece

320: Numero del proyecto a que pertenece (contrato)

11: Revisión del proyecto

## Punto de Origen modelo

Sera en punto que cada especialidad elige como el origen del modelo

## Parámetros de Diseño Constructivo

Especialidad	Detalle	Descripción
Arquitectura	Niveles	Pisos, rampas, escaleras, cielos, vanos, ventanas y puertas
	Muros	Revestimientos, ventanas, vanos y puertas
	Losas	Espesores, revestimientos, shaft, etc.
	Cielo falso	Inicios, niveles, etc.
	Tabiques	Revestimientos, ventanas, vanos y puertas
	Muros cortina	Perfilera (ml), vidrios (m2)
	Escaleras	
	Puertas	Tipos, total por pisos y total general
	Ventanas	Tipos, total por pisos y total general
	Barandas	
	Pasamanos	
	Artefactos	Descripción del artefacto y su avance
	Schaft	
Cálculo	Niveles	Capiteles, losas, muros, fundaciones, vigas, etc
	Elementos	Vigas, vigas inv., vigas semi inv., rampas, muros, etc.
Electricidad	Alumbrado	Proyectar todos los elementos de alumbrado y enchufes, con su ubicación, etc. También avance del avance de escalerillas mecánicas.
	Enchufes	
	Escalerillas	
	Tableros	
	Ctes. Débiles	

Clima	Equipos	Proyectar los elementos de acuerdo a su posición, altura y ubicación. También las descargas de los fan coil con sus respectivas pendientes.
	Rejillas	
	Termostatos	
	Templador	
	Válvulas	
	Retorno	
	Surtidor	
	Condensado	
	Fan coil	
	Ductos	
Alcantarillado y agua potable	Artefactos	Proyectar los elementos de fitting, diámetros y pendientes, también la identificación del ramal, etc.
	Fitting	
	Tuberías	
	Cámaras	
Extinción	Cañerías	Proyectar los elementos con fitting, válvulas, diámetros, en cielo, ubicación de alarmas, splinker, detección, etc.
	Fitting	
	Válvulas	
	Splinker	
Gases clínicos	Cañerías	Proyectar los elementos con fitting, válvulas y diámetros
	Fitting	
	Válvulas	

### Tablas de cubicación básicas a generar

<b>Especialidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Descripción de tablas</b>
Arquitectura	Recintos	Descripción, m2, m3, total por piso.
	Cerámica	Tipo, recinto, total m2 por piso, total general
	Baldosas	Tipo, recinto, total m2 por piso, total general
	Cielo	Tipo, recinto, nivel, piso, m2, total general
	Tabiques	Tipo, recinto, piso, m2, total general
	Guardapolvo	Tipo, recinto, piso, ml, total general
	mobiliario	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Ventanas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Puertas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Artefactos	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Cubierta	Tipo, pendiente, m2, total general
	Estacionamientos	Cantidad, piso, total
	Áreas verdes	Descripción, m2, total
	Pintura	
	Otros	

Cálculo	Losas	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	Capitel	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	Muros	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	V.I.	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	V.S.I.	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	F	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	L.F.	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	V.F.	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	Pilares	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
	R.L.	Tipo, área, volumen, piso, cantidad, total.
Electricidad	Alumbrado	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Enchufes	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Escalerillas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Tableros	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Conductores	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Control cent.	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Ctes. Débiles	Tipo, descripción, altura, recinto, piso, cantidad total
Clima	Equipos	Tipo, descripción, altura, recinto, piso, cantidad, total
	Rejillas	Tipo, descripción, altura, recinto, piso, cantidad, total
	Termostato	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Templador	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Retorno	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Surtidor	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Condensador	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Fan coil	Tipo, descripción, altura, recinto, piso, cantidad, total
	Ductos	Tipo, descripción, altura, recinto, piso, cantidad, total
	Ductos	Inyección, Extracción.
Alcantarillado	Artefactos	Tipo, descripción, avance, recinto, piso, cantidad, total
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Tuberías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Otros	
Agua fría y caliente	Cámaras	Tipo, cotas, ubicación, altura, cantidad, total general
	Artefactos	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Tuberías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Estanques	m3, recinto, piso, total general m3
	Otros	
Piping (Ext. Inc.)	Cañerías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Splinker	Tipo, altura, recinto, piso, cantidad, total general

	Otros	
Piping (Red húmeda)	Cañerías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Otros	
Piping (Red seca)	Cañerías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Otros	
Gases clínicos	Cañerías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total
	Válvulas	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Color	
Correo neumático	Cañerías	Tipo, descripción, recinto, piso, cantidad ml, total general
	Fitting	Tipo, descripción, material, recinto, piso, cantidad, total

## Acta de reunión.

[NOMBRE DE SU COMPAÑÍA]

### [TÍTULO DE LA REUNIÓN] – ACTAS DE LA REUNIÓN

---

A continuación se presenta una descripción de las actas que se registraron en la reunión [NOMBRE DE LA REUNIÓN] realizada entre las [HORA DE INICIO] y [HORA DE FINALIZACIÓN], el [FECHA], en [LUGAR].

#### 1. Asistentes

Estuvieron PRESENTES los siguientes miembros de [NOMBRE DE SU COMPAÑÍA]:

Presidente de la reunión	[NOMBRE, CARGO]			
[DEPARTAMENTO A]:	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]
[DEPARTAMENTO B]:	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]
[DEPARTAMENTO C ]:	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]

Estuvieron AUSENTES los siguientes miembros principales de [NOMBRE DE SU COMPAÑÍA]:

[DEPARTAMENTO A]:	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]
[DEPARTAMENTO B]:	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]	[NOMBRE, CARGO]

Apuntador de actas:	[NOMBRE, CARGO]
---------------------	-----------------

#### 2. Motivo de la reunión

Esta reunión se realizó a fin de:

- Proporcionar una actualización sobre el estado de [ESPECIFICAR];
- Tomar una decisión con respecto a [ESPECIFICAR];
- Revisar los avances más recientes con respecto a [ESPECIFICAR];
- Analizar una oportunidad para [ESPECIFICAR];
- Otro: [ESPECIFICAR]; o
- Fue una reunión programada [SEMANALMENTE / MENSUALMENTE / TRIMESTRALMENTE].

### **3. Aprobación de la agenda**

La agenda se aprobó por unanimidad como se distribuyó o todos aprobaron la agenda excepto [NOMBRE] debido a [ESPECIFICAR].

#### **3.1 Revisión y aprobación de las actas de la última reunión**

Las actas de la reunión anterior realizada el [FECHA] se aprobaron por unanimidad como se distribuyeron.

Se redactó una nota con respecto a un problema surgido durante la última reunión: [ESPECIFICAR]

#### **3.2 Agenda de la reunión**

El objetivo de la reunión fue [ESPECIFICAR].

### **4. Anuncios**

Enumere todos los anuncios realizados en la reunión. Por ejemplo, miembros nuevos, exposición reciente a los medios, principales cambios de eventos, nuevo panorama comercial, etc.

### **5. Temas de análisis**

#### **5.1 Temas y conclusiones**

- Tema N.º 1: [DESCRIBIR]  
Luego de analizar este tema, se llegó a las siguientes conclusiones: [CONCLUSIONES]
- Tema N.º 2: [DESCRIBIR]  
Luego de analizar este tema, se llegó a las siguientes conclusiones: [CONCLUSIONES]
- Tema N.º 3: [DESCRIBIR]  
Luego de analizar este tema, se llegó a las siguientes conclusiones: [CONCLUSIONES]

#### **5.2 Comentarios importantes**

– Comentario realizado por [NOMBRE] con respecto al tema N.º [NÚMERO]:  
[DESCRIBIR, INCLUIR PRINCIPALES COMENTARIOS CONTRARIOS]

– Comentario realizado por [NOMBRE] con respecto al tema N.º [NÚMERO]:  
[DESCRIBIR, INCLUIR PRINCIPALES COMENTARIOS CONTRARIOS]

– Comentario realizado por [NOMBRE] con respecto al tema N.º [NÚMERO]:  
[DESCRIBIR, INCLUIR PRINCIPALES COMENTARIOS CONTRARIOS]

## 6. Decisiones principales

Según las conclusiones anteriores se tomaron las siguientes decisiones:

- [DECISIÓN CLAVE N.º 1] por unanimidad  por un voto de [CANTIDAD] a [CANTIDAD]
- [DECISIÓN CLAVE N.º 2] por unanimidad  por un voto de [CANTIDAD] a [CANTIDAD]
- [DECISIÓN CLAVE N.º 3] por unanimidad  por un voto de [CANTIDAD] a [CANTIDAD]
- [DECISIÓN CLAVE N.º 4] por unanimidad  por un voto de [CANTIDAD] a [CANTIDAD]

## 7. Medidas que se deben tomar

Se decidió por unanimidad tomar las siguientes medidas:

Tema	Acción	Responsable	Fecha límite	Comentarios
[TEMA N.º]	[DESCRIBIR]	[NOMBRE]	[FECHA]	[COMENTARIOS OPCIONALES]

## 8. [CUESTIONES o PROBLEMAS] nuevos

Cree una lista con los problemas nuevos que se presentaron durante los análisis, las nuevas oportunidades comerciales o los problemas pendientes. Determine los siguientes pasos necesarios para resolver los nuevos problemas y cuándo se deben llevar a cabo. Por ejemplo:

- a) El competidor X desarrolló un producto similar  
Debemos evaluar la amenaza que este producto representa. En los próximos días, [NOMBRE] llevará a cabo un análisis del producto y presentará un análisis sobre los problemas a [NOMBRE]. Si la amenaza es significativa, en la próxima reunión se deberá analizar el plan de acción en respuesta a esta situación.
- b) Se encuentra disponible un nuevo lote para su alquiler  
Se alquila una instalación de almacenamiento cuyas dimensiones son 500 pies x 250 pies x 50 pies, en el edificio B, ubicado en 277 Storage Drive, Westbrook. Ya que necesitamos espacio adicional, éste podría satisfacer nuestras necesidades. [NOMBRE] llevará a cabo un análisis de las necesidades y presentará su recomendación a [NOMBRE] el día [FECHA].

## 9. Agenda para la próxima reunión

En la próxima reunión del [FECHA] deben analizarse los siguientes puntos:

- [PUNTO]
- [PUNTO]
- [PUNTO]

Según la reunión de hoy y otros problemas en cuestión, esperamos llegar a una decisión con respecto a:

- [DECISIÓN QUE DEBE TOMARSE]
- [DECISIÓN QUE DEBE TOMARSE]
- [DECISIÓN QUE DEBE TOMARSE]

**10. Suspensión de sesión:**

[PERSONA] levantó la sesión a las [HORA]. La próxima reunión general será a las [HORA], el [FECHA], en [UBICACIÓN].

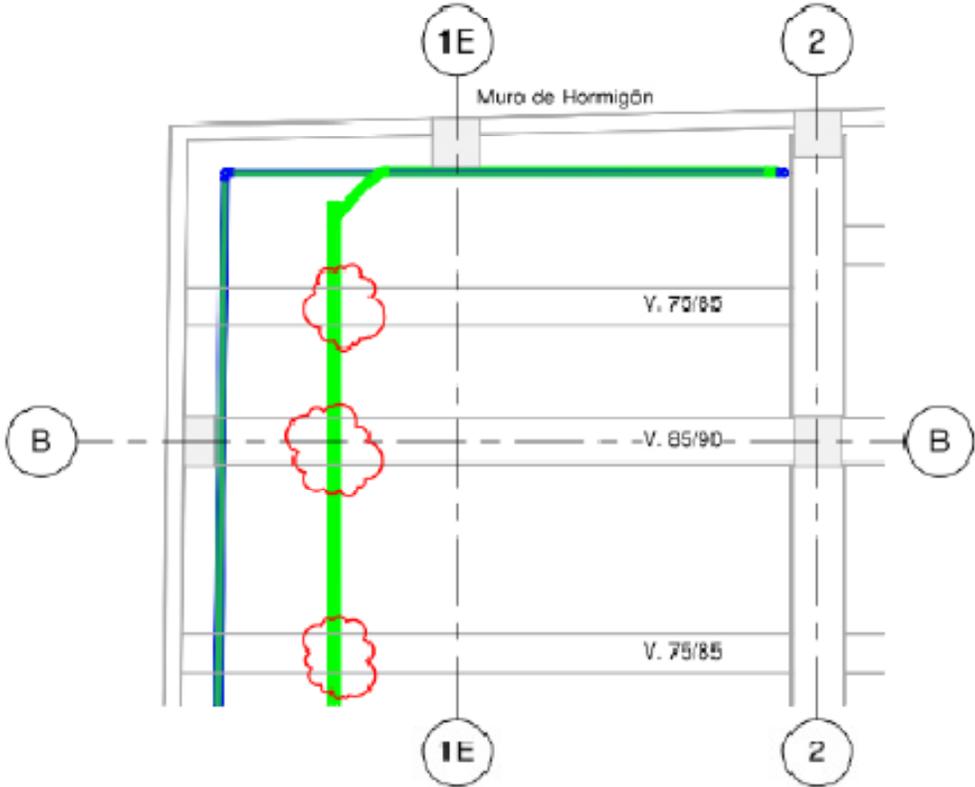


**RDI.**

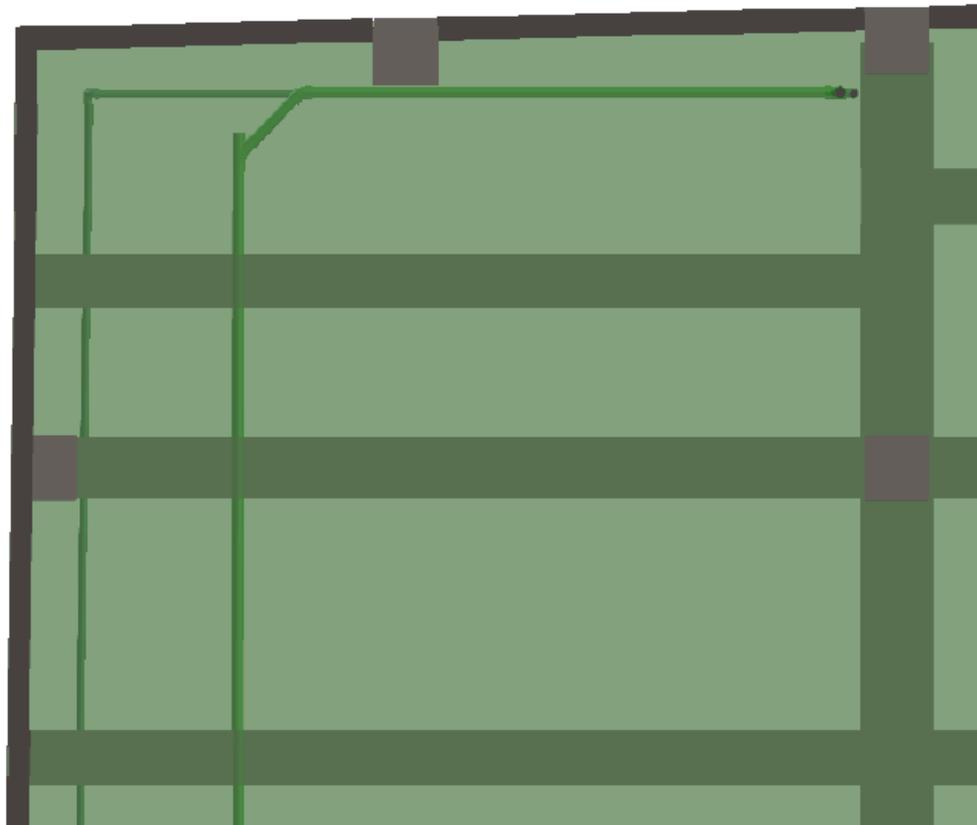
<b>REQUERIMIENTO DE INFORMACION (RDI)</b>					
Mandante:		Nombre Proyecto		<b>Nº de RDI:</b>	<b>8</b>
Ubicación	Planta:		Codigo Proyecto		
	Ejes:		Fecha Emisión:		Fecha Requerida:
Especialidad (es)		Posible colisión:			
Plano N°		Elemento:			
<b>Información Requerida:</b>			<p><u>Indicaciones.</u></p> <p><u>Generales:</u> Ser consistente con la información de la Guía de Detección y la Guía de Diseño</p> <p><u>Especialidad(es):</u> puede haber más de una especialidad involucrada en una RDI.</p> <p><u>Posible colisión:</u> En caso de que la interferencia involucre a más de una especialidad, en este espacio se agregara alguna especialidad que no esté directamente afectada pero que puede llegar a estarlo.</p> <p><u>Elemento:</u> El objeto particular el cual presenta el problema.</p>		
<b>Respuesta propuesta por Coordinadora de proyectos :</b>					
			_____ XX/XX/XXXX Fecha		
<b>Respuesta oficial esecialista(s) encargado(s):</b>					
			_____ XX/XX/XXXX Fecha		
_____ Originador/Función			_____ Firma		_____ XX/XX/XXXX Fecha
NOMBRE QUIEN HACE LA CONSULTA		# RDI	REVISION FINAL COORDINADORA DE PROYECTOS		
Nombre		<b>8</b>	Nombre		
Firma/Timbre			Firma/Timbre		
Fecha			Fecha		

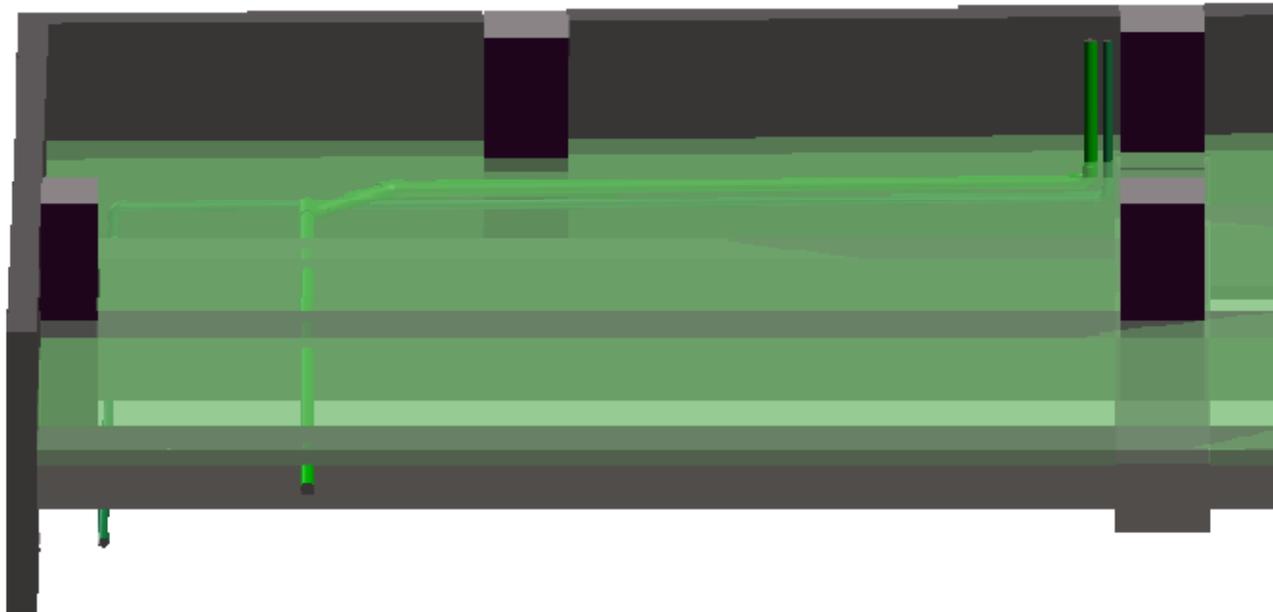


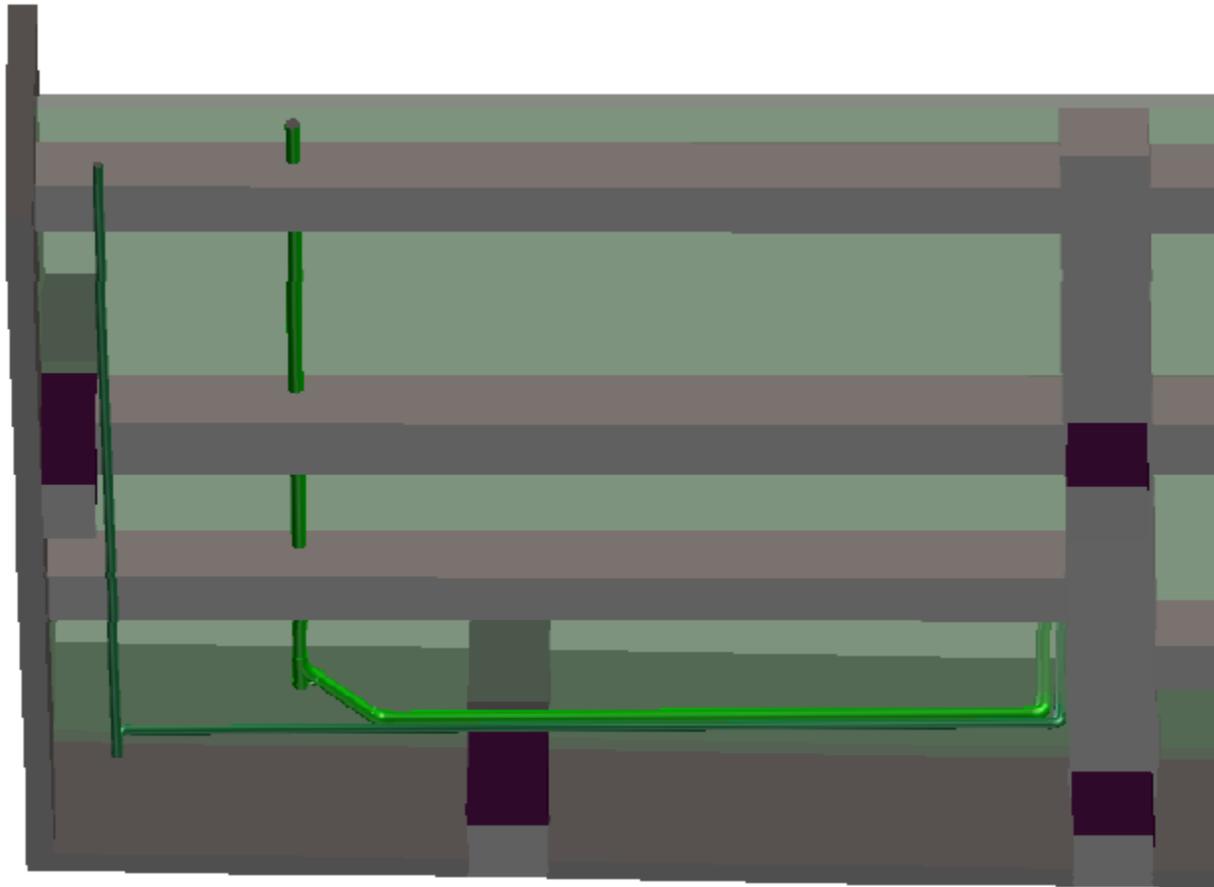
RDI (BIM).

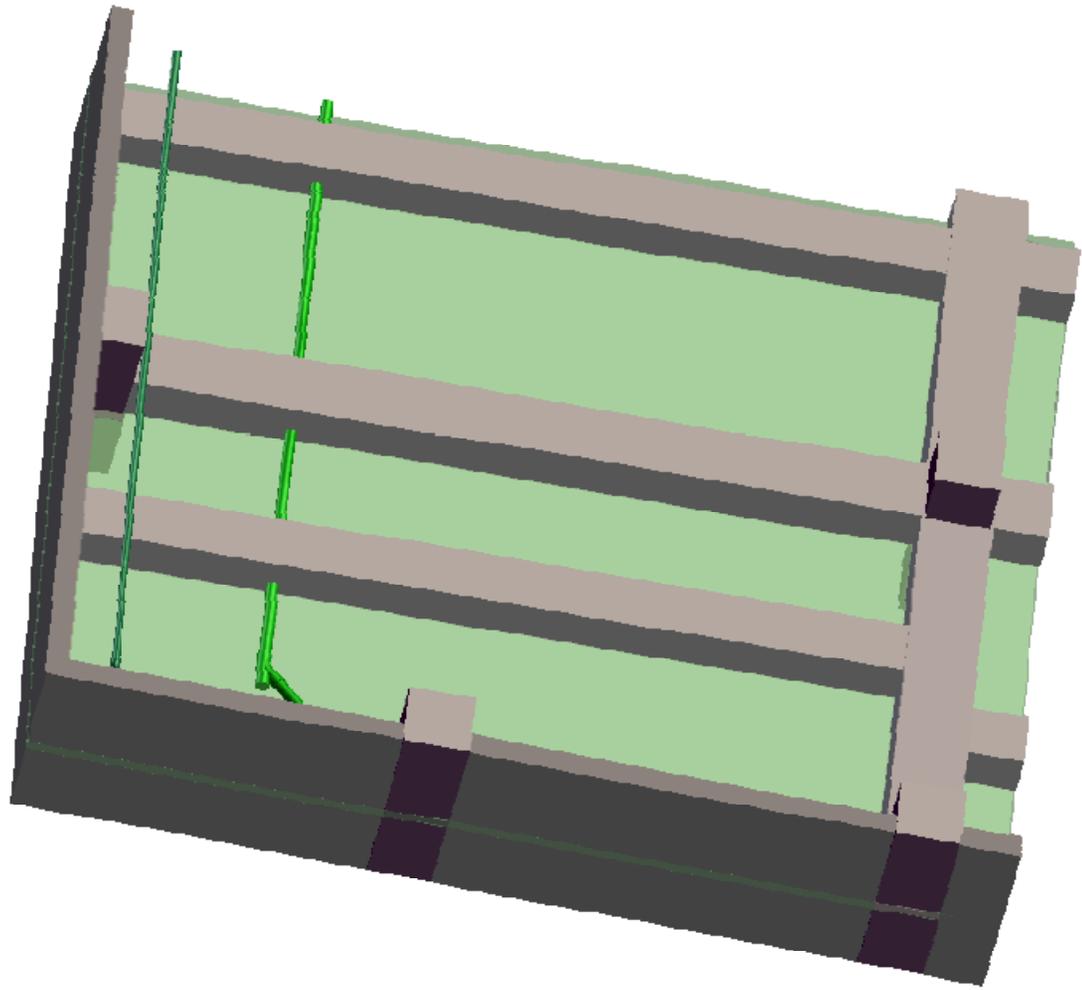
REQUERIMIENTO DE INFORMACION (RDI BIM)					
Mandante:		Nombre Proyecto		N° de RDI:	<b>8</b>
Ubicación	Planta:	Codigo Proyecto			
	Ejes:	Fecha Emisión:	Fecha Requerida:		
Especialidad (es)			Posible colisión:		
Plano N°			Elemento:		
 <p style="text-align: center;">Interferencias en Vigas y Muro de Hº con Alcantarillado</p>					
NOMBRE QUIEN HACE LA CONSULTA			# RDI	REVISION FINAL COORDINADORA	
Nombre			<b>8</b>	Nombre	
Firma/Timbre				Firma/Timbre	
Fecha				Fecha	

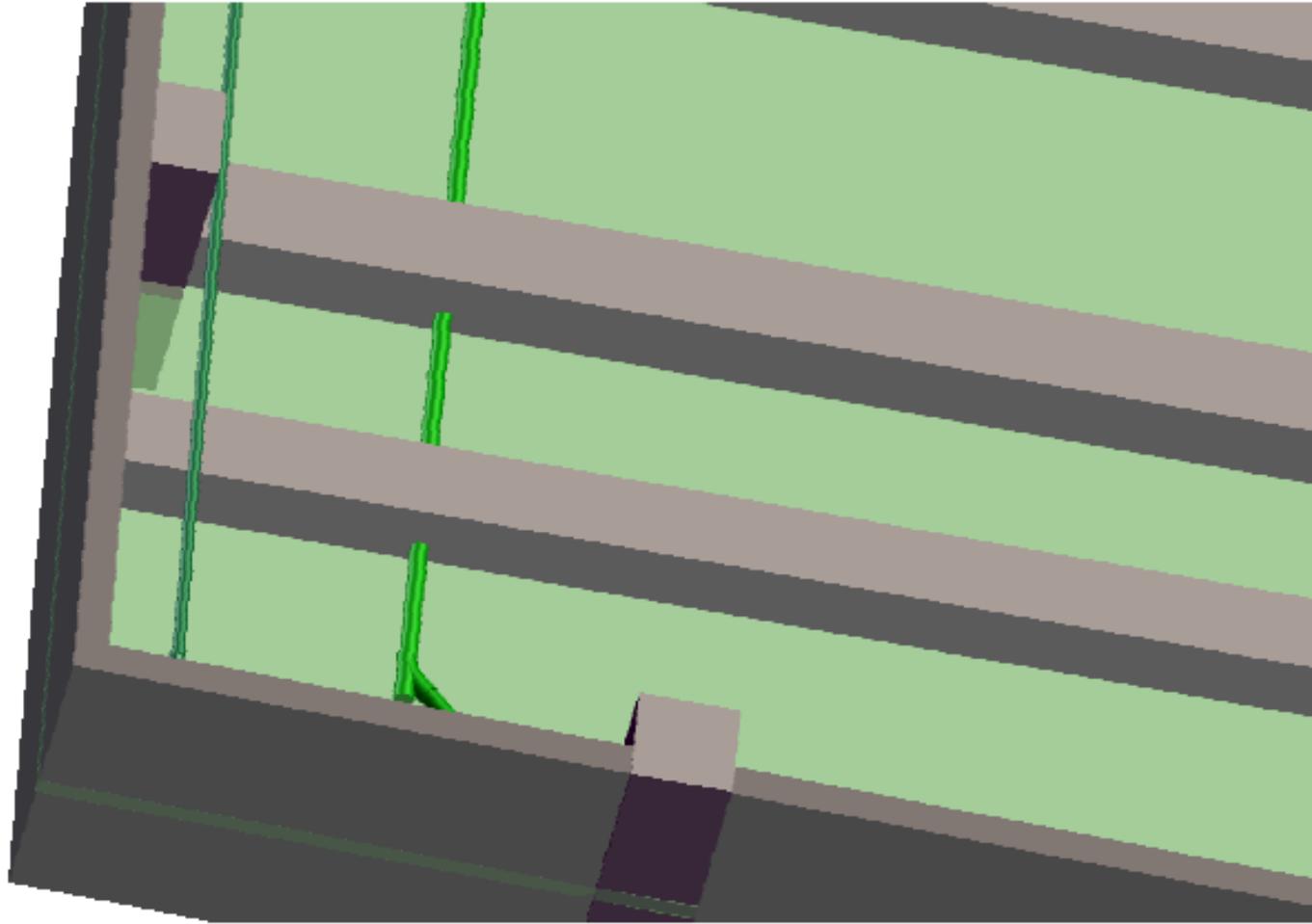
Las imágenes que se muestran a continuación son extraídas de la RDI BIM, en el mismo archivo pero en una segunda pestaña viene incluida parte del modelo central, con el software adecuado (Autodesk Design Review 2010 en este caso) se puede ver esta porción del modelo y tener acceso a toda la información, además se cuenta con una forma de fácil manipulación y comprensión de la geometría del modelo. A continuación se muestra cómo se maneja el modelo hasta identificar plenamente donde está el problema de la RDI en cuestión.

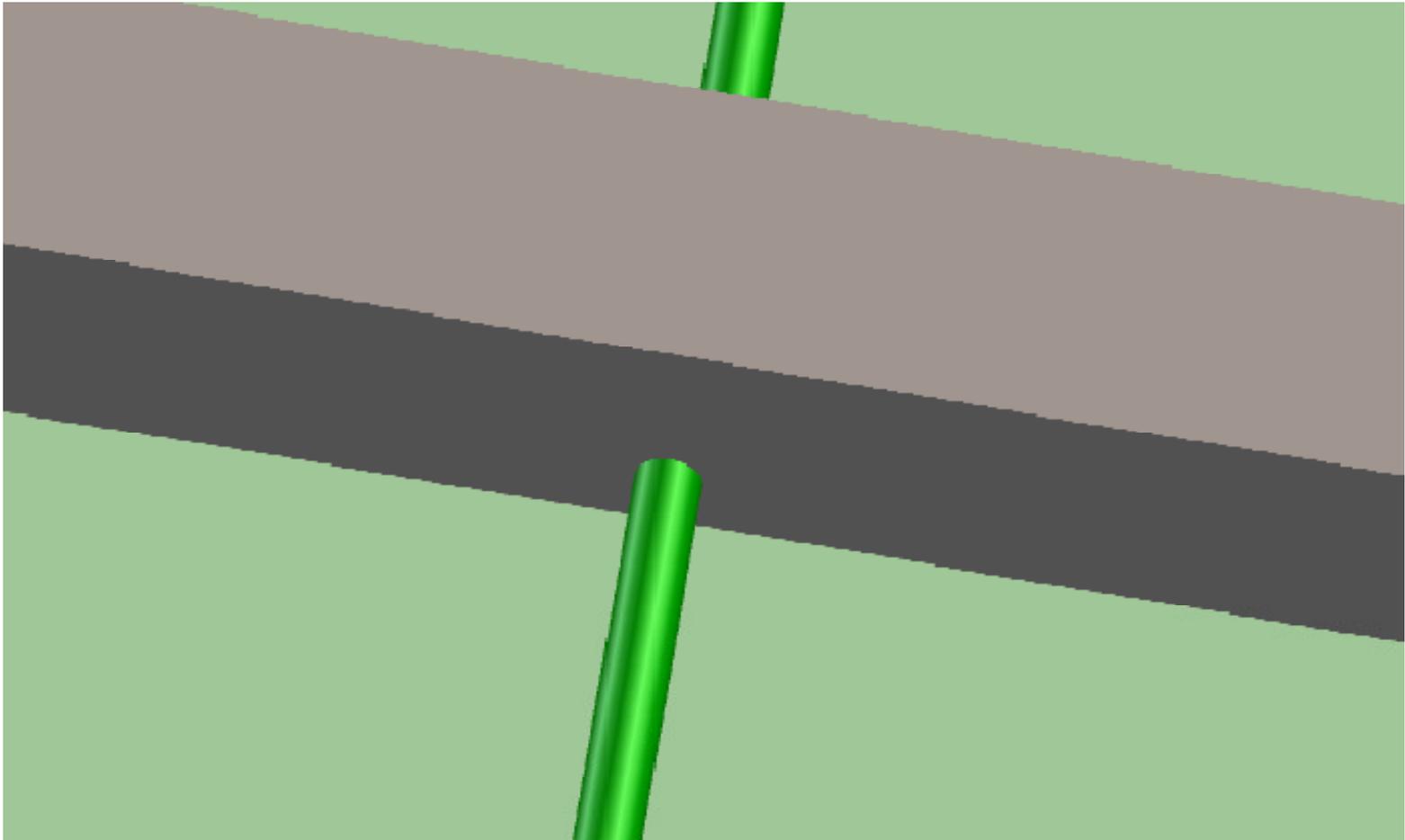


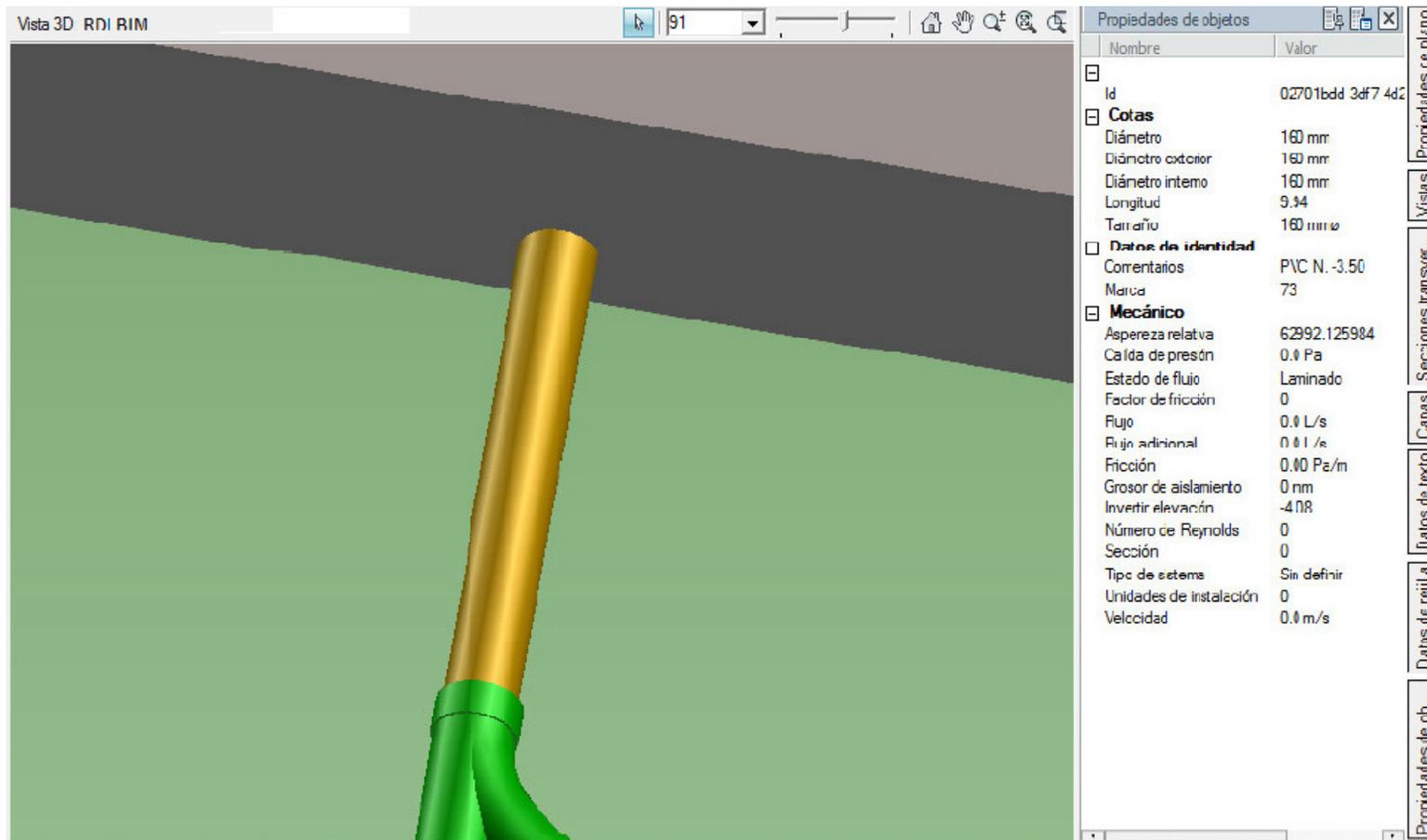












En esta imagen se aprecia la información a la cual se puede acceder desde la RDI BIM con solo hacer un clic en el elemento que presenta la interferencia. En este caso se aprecia que la tubería no tiene la pasada adecuada por la viga de H.A., de esta misma forma haciendo clic en la viga de H.A. se puede obtener su información.

#### **Anexo N°4: Esquemas Resumen.**

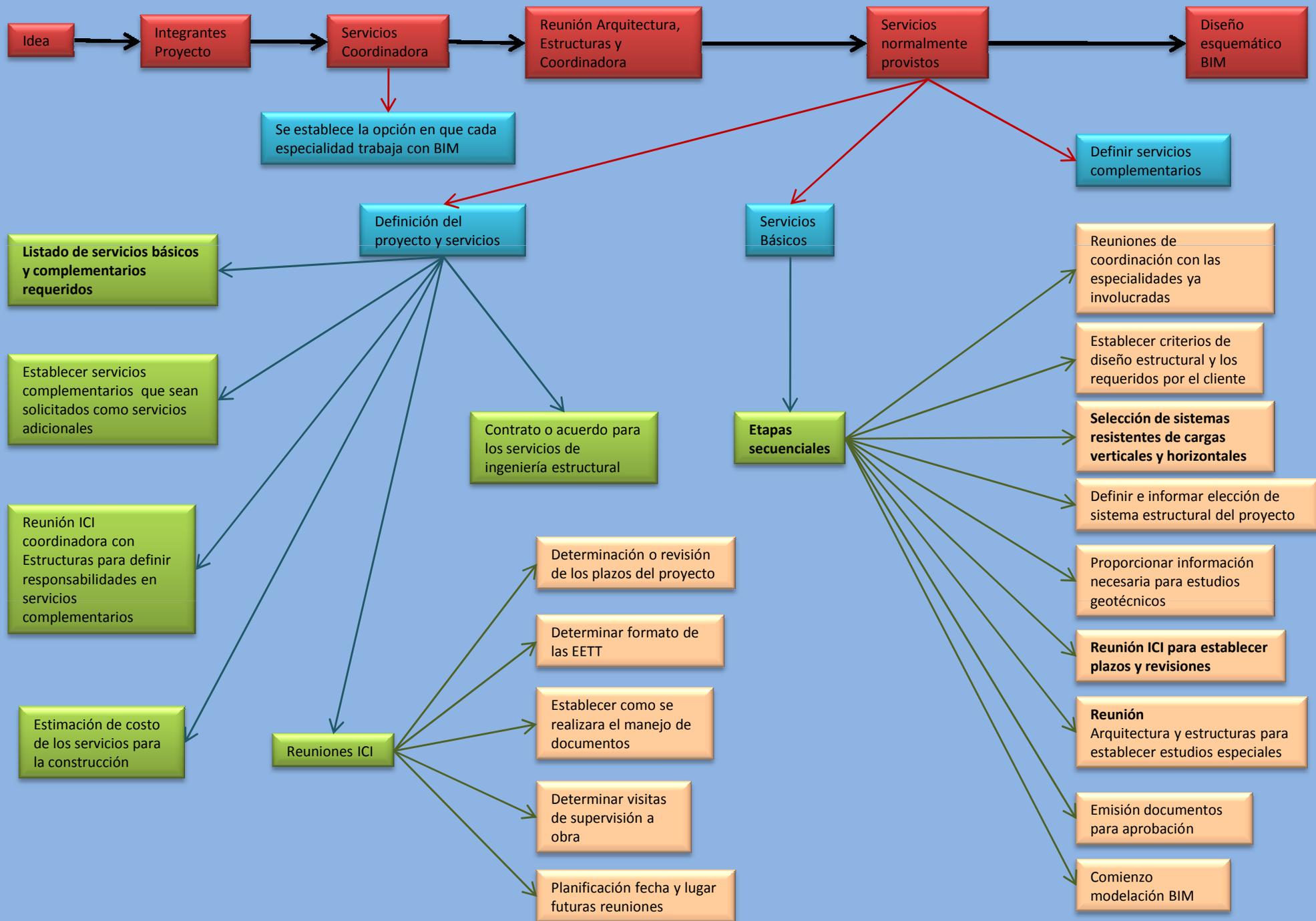
Dependiendo de la cantidad de ítems que presenta cada esquema se agregan páginas con los detalles de cada sub-ítem del procedimiento.

Cada esquema se presentara en una página completa, para que no sea un problema leer cada parte del procedimiento.

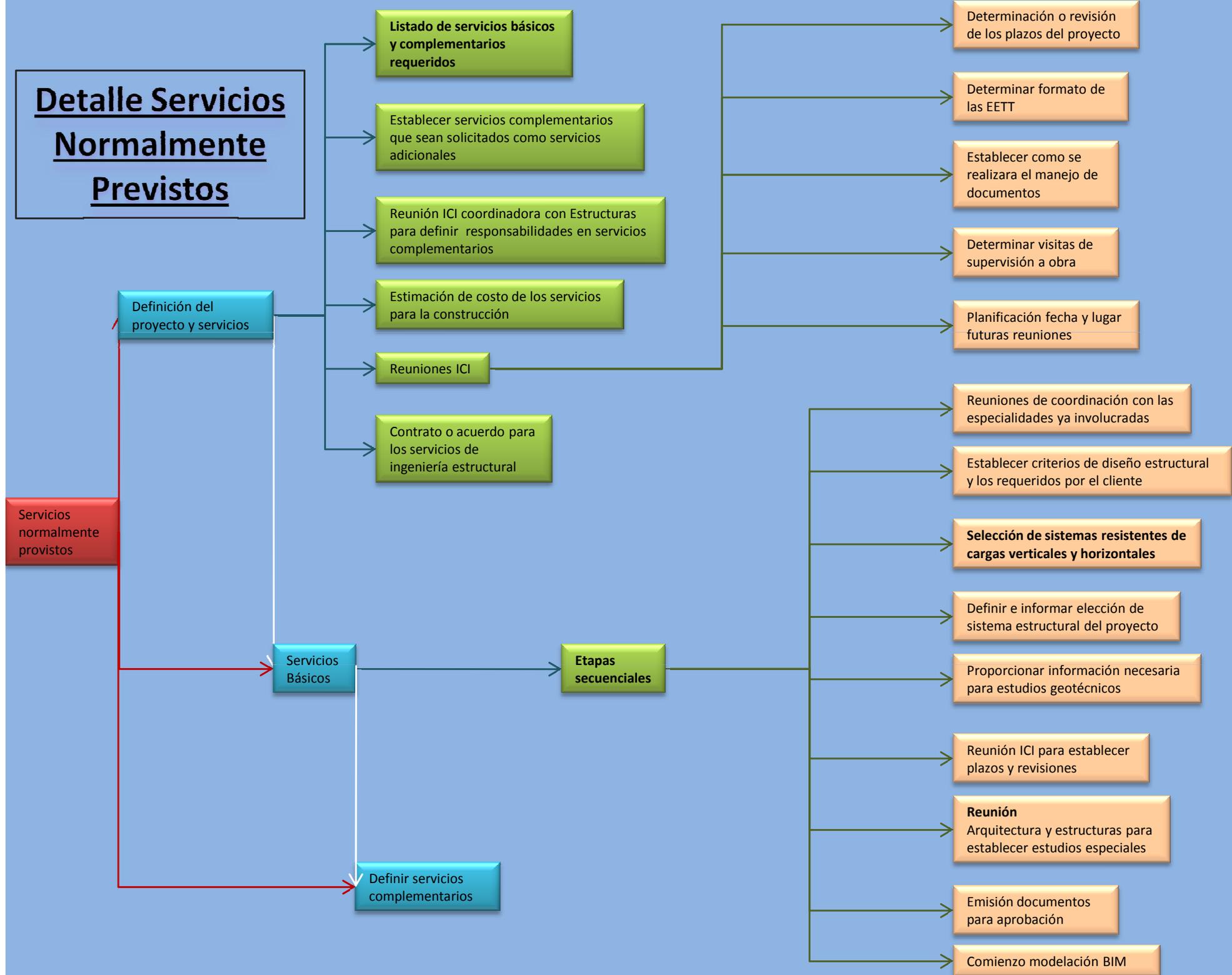
El orden es el siguiente:

- Esquema etapa de diseño esquemático (2 páginas)
- Esquema etapa diseño (6 páginas)
- Esquema etapa de construcción(1 página)

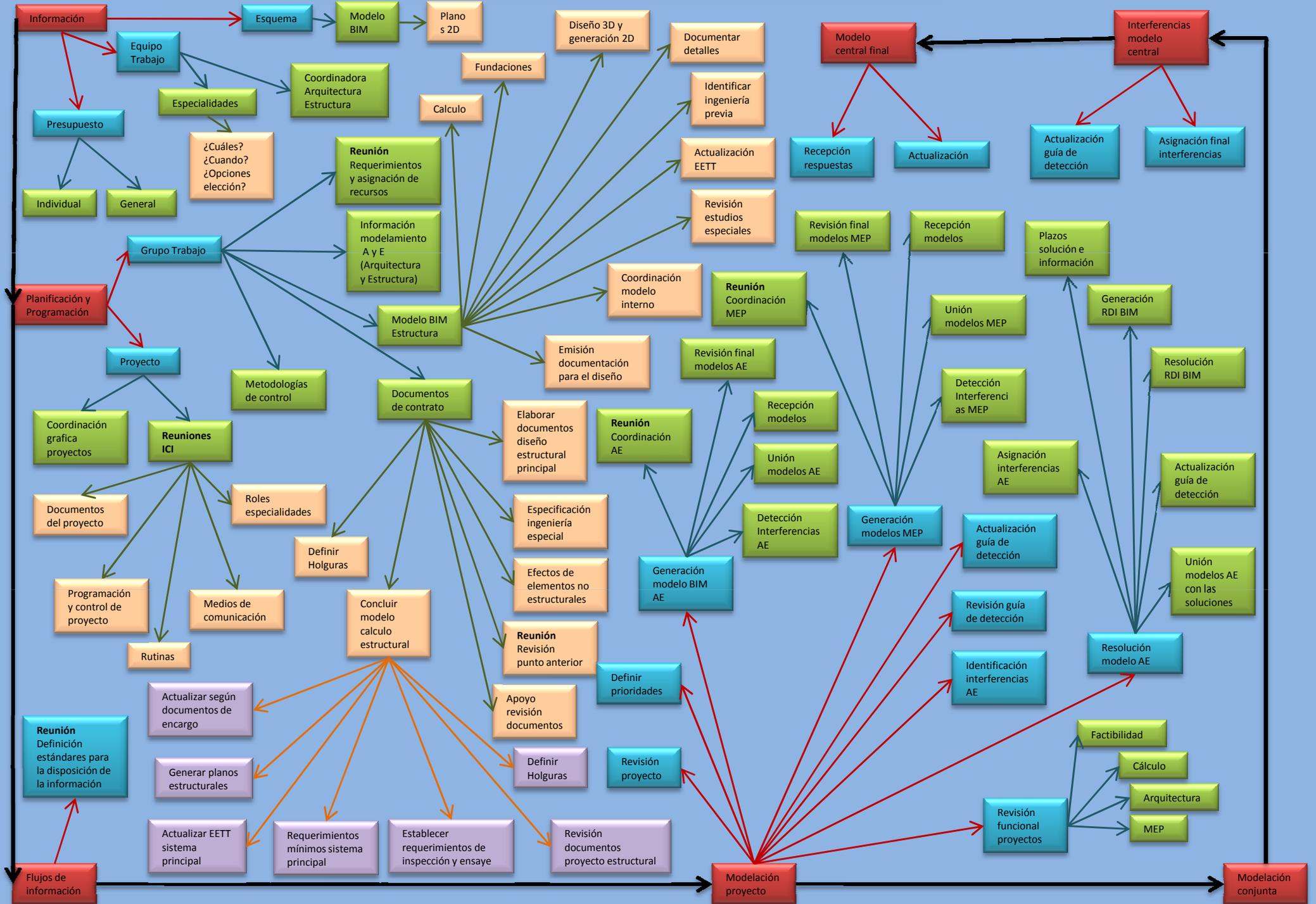
# Resumen Procedimiento Etapa de Diseño Esquemático



# Detalle Servicios Normalmente Previstos

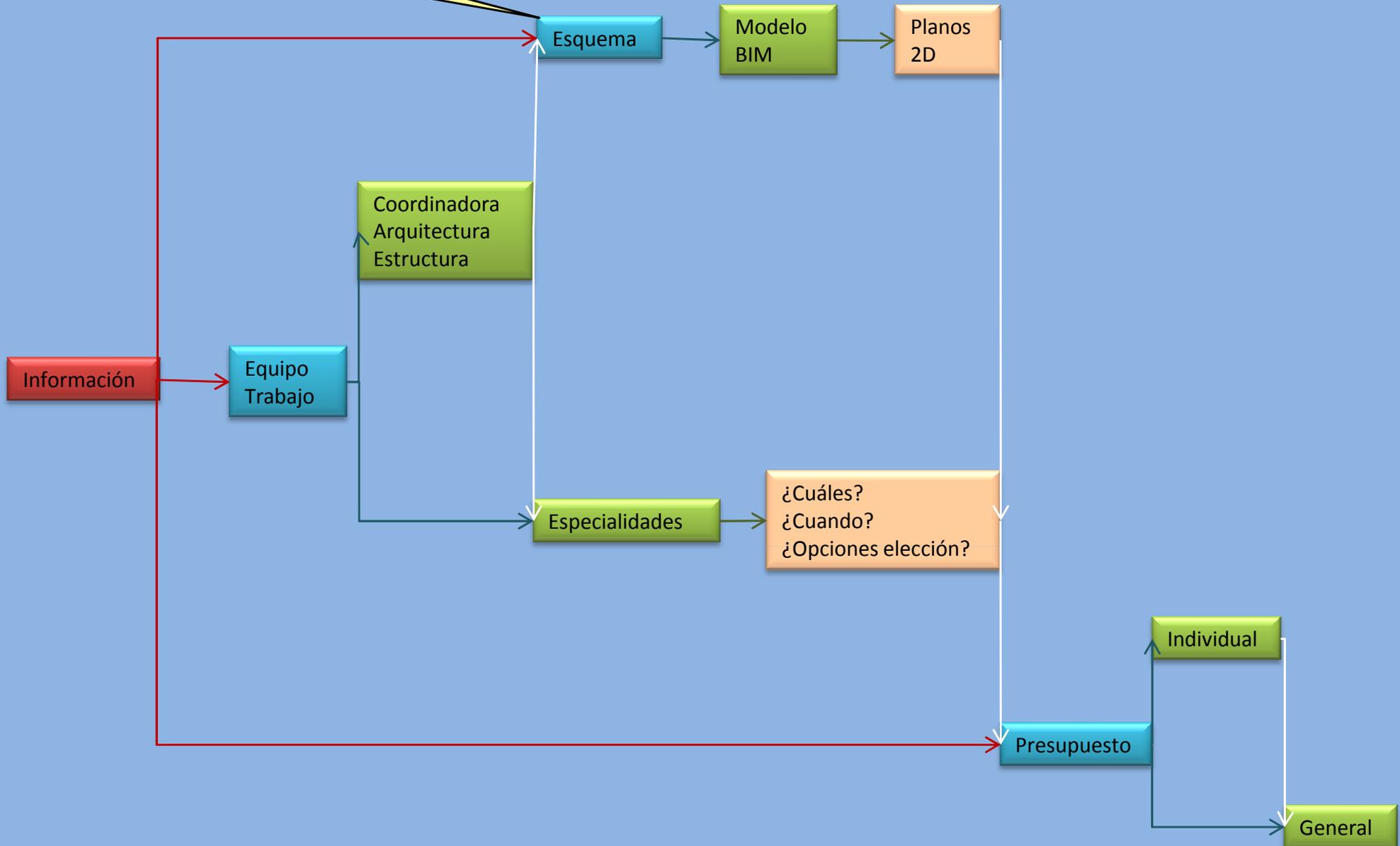


# Resumen Procedimiento Etapa de Diseño

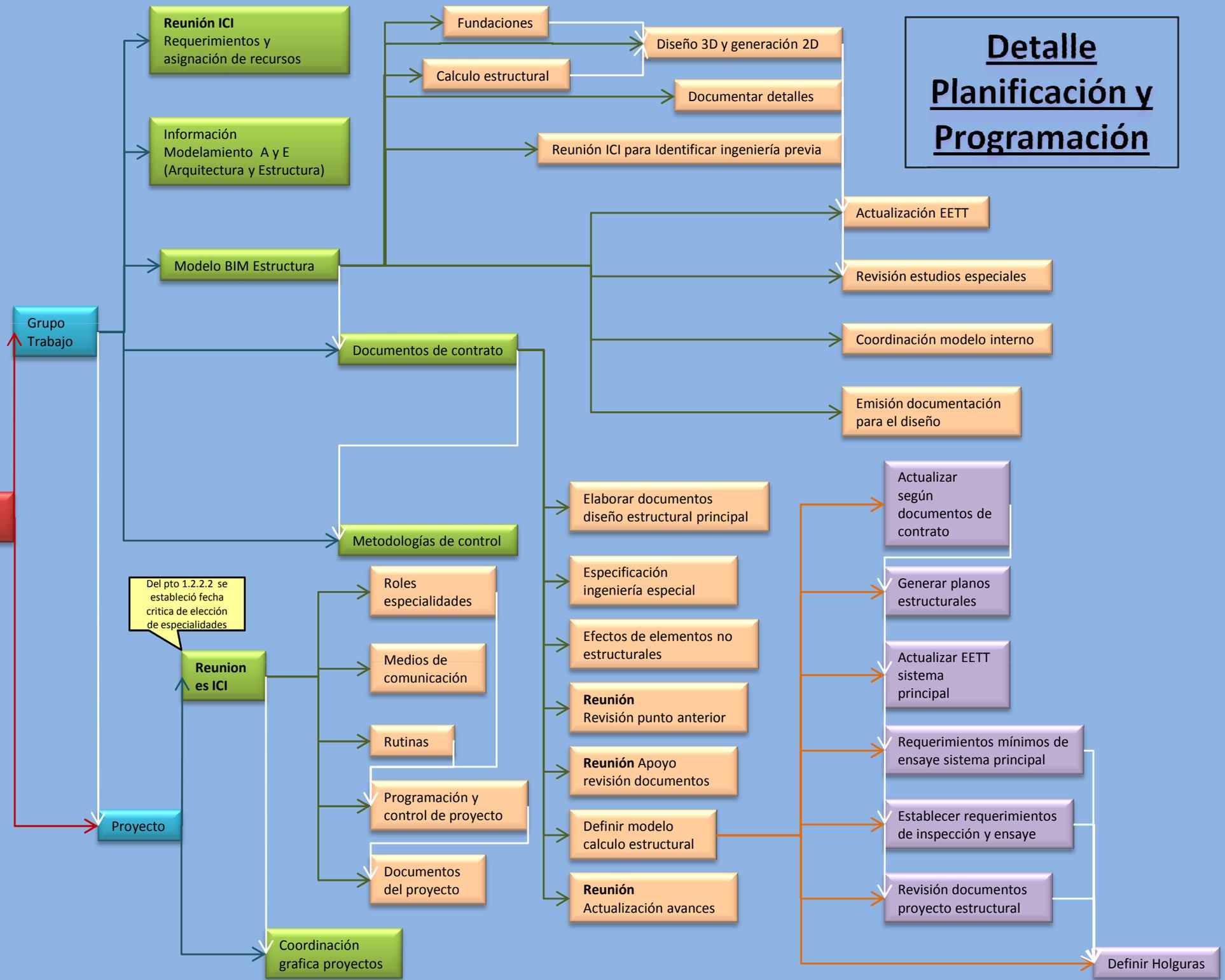


# Detalle Información

Hay proyectos donde esquema puede ir antes de la elección del estructural



Planificación y Programación



## Detalle Flujos de Información

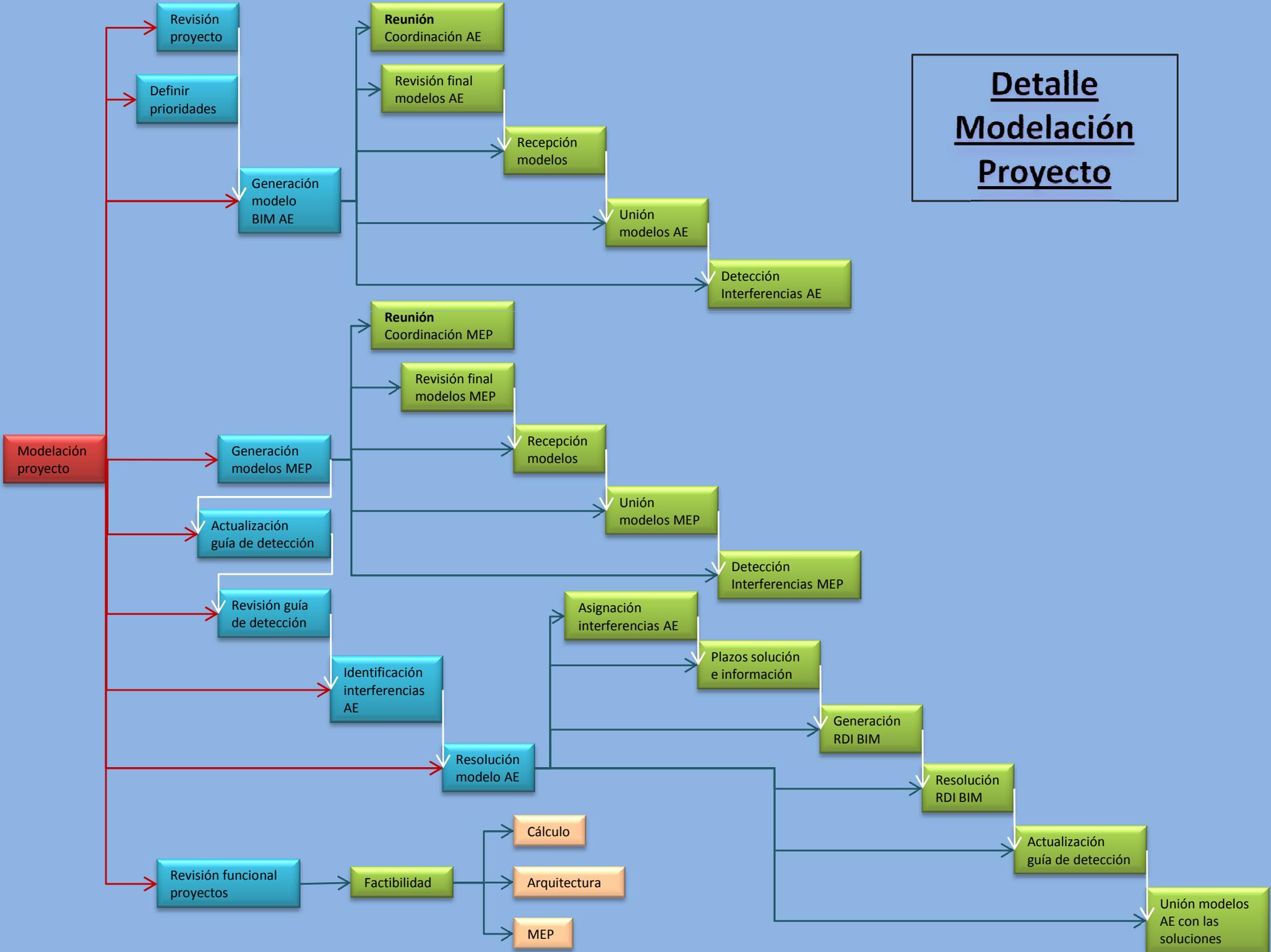
Flujos de  
información



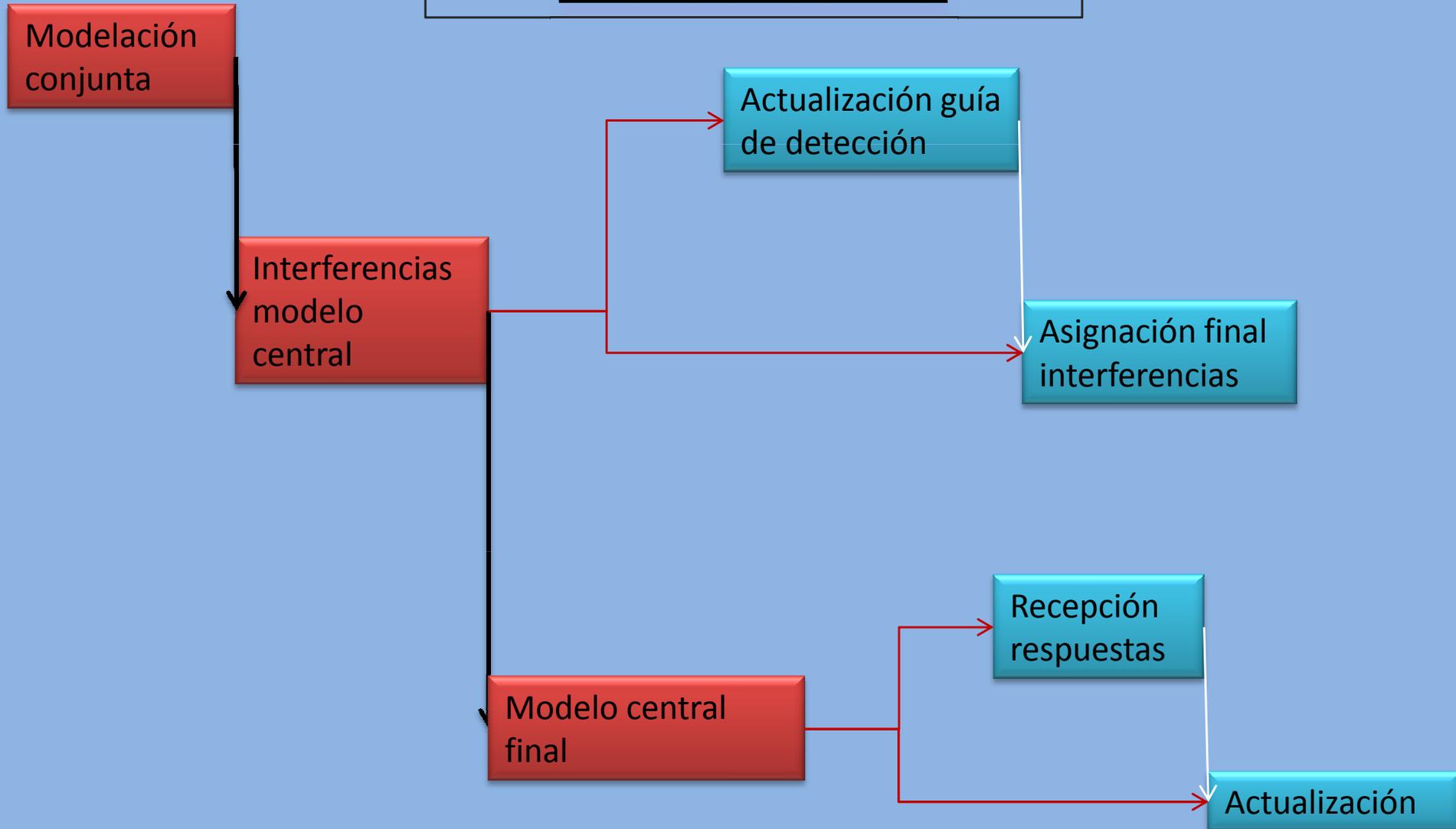
### **Reunión**

Definición estándares para la  
disposición de la información

# Detalle Modelación Proyecto



**Detalle:**  
**Modelación Conjunta,**  
**Interferencias Modelo Central y**  
**Modelo Central Final**



# Resumen Procedimiento Etapa de Construcción

