

Recibido 13/05/11

Aprobado ...

Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM

Incompatibilities and Clash Detection during design of building projects using BIM technologies

José Taboada G¹., Vladimir Alcántara R²., Daniel Lovera³., Ricardo Santos⁴., Jorge Diego⁵.

Resumen

La complejidad de los proyectos de edificaciones, requeridos por los clientes hoy en día, es cada vez mayor, con una gran variedad de instalaciones, materiales, insumos, y procedimientos que exigen la aplicación no solo de herramientas eficaces de gestión y planificación en la construcción, sino también de una adecuada revisión, compatibilización y realimentación del diseño del proyecto antes de llegar a la etapa de construcción. Sin embargo, muchas veces el diseño del proyecto pasa a la etapa de construcción con un diseño no optimizado y con interferencias entre especialidades, obligando a la constructora a asumir el liderazgo en revisar y rectificar el diseño, y lo que es más crítico es que esta revisión se da muchas veces en plena construcción del proyecto, lo cual podría incidir negativamente en los plazos y costos si estos errores no son detectados a tiempo utilizando las herramientas adecuadas. En este artículo veremos cómo el uso del Modelado de la Información de la Edificación (BIM), puede ser bien aprovechado para optimizar el diseño y alertar tempranamente la ocurrencia de incompatibilidades e interferencias antes de que éstas se presenten en campo en la etapa de construcción.

Palabras Clave: Building Information Modeling (BIM), Detección de Interferencias

Abstract

Nowadays the customer requires, complex edifications, it involves complex projects, with a wide variety of materials, installations, resources and procedures that requires the application of administration and planning of high performance, during the construction. Too, is necessary a constant and efficient revision of compatibilities, and feedback in the design of the project, before to begin the construction phase. Frequently the project design phase is completed and the construction phase is begun with a not optimized design, this last involves mistakes, incompatibilities and clashes between the specialties of the engineering. So the responsibility of the final design accord to the normative construction, pass to the builder company, so is common develop solutions and redesigns during the construction phase, this last is a bad and very critical situation, and can affect negatively on hard terms and increases in costs if those mistakes are not detected on time using the correct ways. In this paper, we can see how the Building Information Modeling (BIM) can be used to optimize the designs and obtain early al

Keywords: Incompatibilities, Solutions, Building information Modelling, Clash, Detection. erts of incompatibilities and clashes before occurs during the construction phase.

Palabras Clave: Building Information Modeling (BIM), Detección de Interferencias

1. Pontificia Universidad Católica del Perú - Ingeniero De Oficina Técnica. Email: taboada.ja@gmail.com

2. Instituto de investigación de la Facultad de Ing. Civil - UNI. Email: vlady_ar@hotmail.com

3. Docente FIGMMG-UNMSM. Email: dloverad@unmsm.edu.pe

4. Docente EAP Ing. Civil-FIGMMG-UNMSM. Email: rsantos@unmsm.edu.pe

5. Docente EAP Ing. Civil-FIGMMG-UNMSM. Email: jdiego@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

Es en la etapa de diseño donde son identificados los criterios del cliente y donde se definen los aspectos constructivos y estándares de calidad a través de planos y especificaciones técnicas. En proyectos de edificaciones, el dueño selecciona primero al arquitecto quien prepara el diseño arquitectónico y sus especificaciones, luego se desarrolla el diseño estructural y el diseño del resto de especialidades. Los documentos que resultan al final de la etapa de diseño son un conjunto de planos y especificaciones técnicas por especialidades que posteriormente serán entregados a la contratista para empezar con la construcción del proyecto.

II. OBJETIVOS

1. Detectar y corregir tempranamente las interferencias en el diseño de un proyecto antes de llegar a campo.
2. Establecer procedimientos prácticos para revisar y optimizar el diseño utilizando tecnologías BIM (Building Information Modeling).

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

Estructura organizacional de un proyecto de construcción

La entrega de proyectos de construcción está dividida en diferentes etapas. En cada etapa usualmente se involucra la participación de muchos especialistas.

Estas etapas siguen una progresión lineal de trabajo y requieren poca comunicación entre las partes involucradas por cada etapa (ver Figura N^a 1). El poco tiempo de comunicación necesario entre las partes involucradas, durante una tarea o proceso, recién ocurren cuando los problemas son encontrados. Estos problemas, por ejemplo, podrían ser encontrados durante la construcción, cuando los dibujos producidos no son los suficientes para llevar a cabo la construcción.

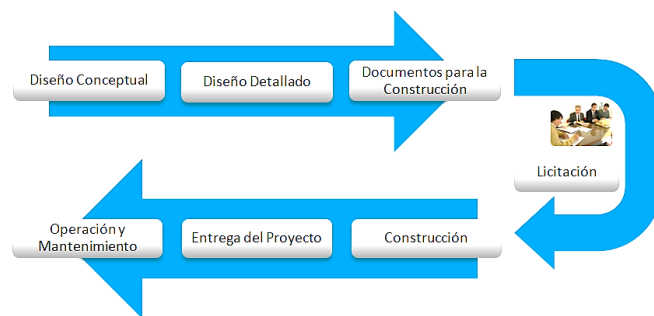


Figura N^o 1. Flujo del sistema tradicional para la entrega de proyectos de construcción, basado en el modelo Diseño/Licitación/Construcción.

Dependiendo del tipo de proceso seguido, que hayan establecido los clientes o propietarios para la designación de los proyectistas y la contratista, se establecen distintos modelos que forman parte del Sistema de Entrega de Proyectos (Project Delivery System, PDS). La selección de uno u otro modelo depende del costo, de la confiabilidad del cliente hacia sus proyectistas o la constructora y de su capacidad de participar a lo largo de todo el proceso de entrega del proyecto hasta su finalización, etc. Siguiendo este esquema, en nuestro medio se manejan dos tipos de modelos, los cuales son: (1) Modelo Diseño/Construcción, (2) Modelo Diseño/Licitación/Construcción, siendo el segundo modelo el más adoptado por los clientes para desarrollar sus proyectos tanto para entidades públicas como privadas.

IV. PROBLEMÁTICA

4.1 Problemas del modelo tradicional Diseño / Licitación / Construcción

La adopción del modelo Diseño/Licitación/Construcción, es una de las causas y fuentes principales de los problemas de diseño, ya que interrumpe las dos etapas más importantes para la entrega de proyectos, la de diseño y construcción, además de exigir una poca interacción y comunicación entre los demás especialistas encargados del proyecto por falta de liderazgo que busque la integración holística o total del proyecto en la etapa de diseño. Esta situación obliga a la siguiente etapa, a construir el proyecto con errores de

diseños, diseños incompletos, planos no compatibilizados (con interferencias entre especialidades) y documentación no consistente que mayormente son detectados y resueltos en campo en plena ejecución de la obra lo cual puede ocasionar muchas veces desperdicios de tiempo y dinero. (James Koch, 2010)

4.2 Problemas de calidad debido a un diseño no optimizado

La presencia de defectos en la definición del diseño tiene su impacto durante la etapa de construcción y se arrastran hasta generar problemas de calidad, ya que si no se toma la precaución de compatibilizar y optimizar los planos de las distintas especialidades se generarán en campo productos no conformes (PNC).

Los casos más notorios de PNC se dan en las instalaciones, ya que mediante simples inspecciones visuales y siguiendo una serie de criterios normados, se pueden encontrar en campo ciertos problemas debido a su deficiente colocación y montaje, problemas que podrían preverse si se utilizaran herramientas adecuadas de detección temprana de interferencias en los planos de todas las especialidades y adoptar soluciones inmediatas mucho antes de que éstas se presenten en campo.



Figura N° 2. Cuando no se tienen definidas las alturas y recorridos de las instalaciones, en campo se tienen que dar soluciones no óptimas.



Figura N° 3. Un problema típico, no tomado en cuenta por los subcontratistas de instalaciones, es colocar las tuberías de agua contra incendio por encima de las bandejas eléctricas.

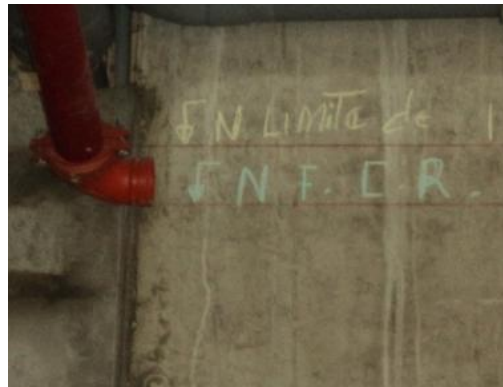


Figura N° 4. Algunas veces los subcontratistas colocan sus tuberías desviando obstáculos de otras instalaciones, presentándose situaciones como ésta que generan órdenes de Cambio y costos adicionales.

V. METOLOGÍA

5.1 Modelado de la Información de la Edificación (BIM)

Building Information Modeling (BIM) es un concepto, que tiene como objetivo reunir la información de un proyecto en una sola base de datos, completamente integrada e **interoperable**, que pueda ser utilizada por todos los miembros del equipo de diseño y construcción, y al final por los propietarios y operadores a lo largo de su ciclo de vida (ver Figura N° 5). (Paula Chapple, 2009)

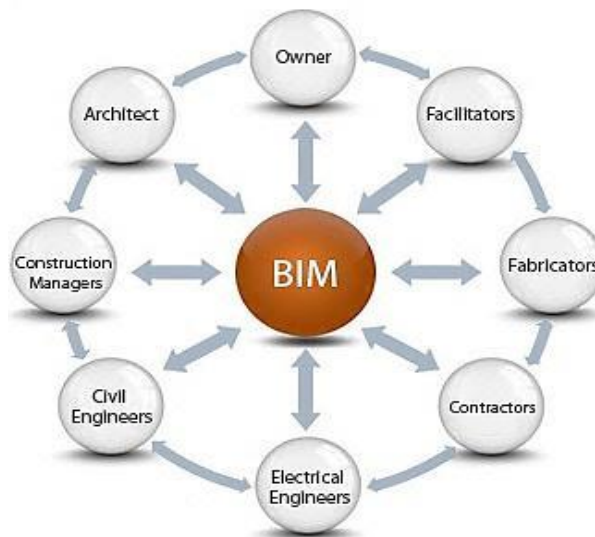


Figura N° 5. El BIM es una herramienta que integra: Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

volumen, propiedades térmicas, precios, detalles de acabados y más. Adicionalmente a partir de este modelo 3D se extraen los planos y demás información que se requiere para la construcción (p.e. los metrados) (ver Figura N° 6 y 7).



Figura 7. El BIM es una representación virtual y tridimensional de los componentes de la edificación, al nivel de detalle que se requiera. (Teatro del nuevo edificio de la Universidad del Pacífico - GyM)



Figura 6. El BIM es una representación virtual y tridimensional de los componentes de la edificación, al nivel de detalle que se requiera. (Foto: Nuevo edificio de la Universidad del Pacífico - GyM)

5.2 Detección de incompatibilidades

El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) recomienda usar esta herramienta como camino para maximizar la eficiencia de proyectos desde el diseño. La concepción del BIM está en la utilización de un software para crear modelos 3D por especialidades basado en un único modelo 3D arquitectónico durante el desarrollo del proyecto. El modelo BIM podría decirse que es la evolución del diseño asistido por computadora CAD que sólo usa líneas, arcos y símbolos bidimensionales 2D para representar objetos geométricos. En cambio un software BIM utiliza objetos 3D inteligentes con información paramétrica y componentes que conforman el proyecto como el área,

Las incompatibilidades son problemas que se deben a una incorrecta representación gráfica en los planos cuando el detalle de un elemento no guarda relación con lo indicado en los demás planos. Por ejemplo, cuando una viga aparece de un ancho distinto en el plano en planta si lo comparamos con otro plano de corte o de detalle de la misma viga. Ahora, vamos a analizar los problemas generados en campo a partir de esta observación (ver Figura N° 8). Cuando en campo se detecta este error en los planos, se generará incertidumbre durante la construcción de cierta actividad de encofrado o armado de acero de esta viga, ya que los trabajadores no sabrán qué plano respetar para cumplir con la actividad según lo planificado. Además esta observación necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal contratista-supervisión, mientras supervisión, como instancia superior a la contratista, realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto para que la observación sea levantada y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, para que sean entregadas a la contratista. Este tiempo de

espera, puede convertirse en campo en tiempo no productivo (TNP) para los obreros si no se les da de inmediato otra tarea que reste a su productividad, o puede convertirse en tiempo no contributivo (TNC), si los obreros realizan actividades complementarias que no producen en obra o forme parte de lo programado para ese día. (Sigurdur, 2009)

los planos en planta, elevación, corte, detalle, etc. A veces puede resultar muy tedioso modelar usando todos los planos de todas las especialidades del proyecto por lo que previamente se debe definir con qué especialidades y a qué nivel de detalle se va a trabajar (ver **Figura 9 y 10**).

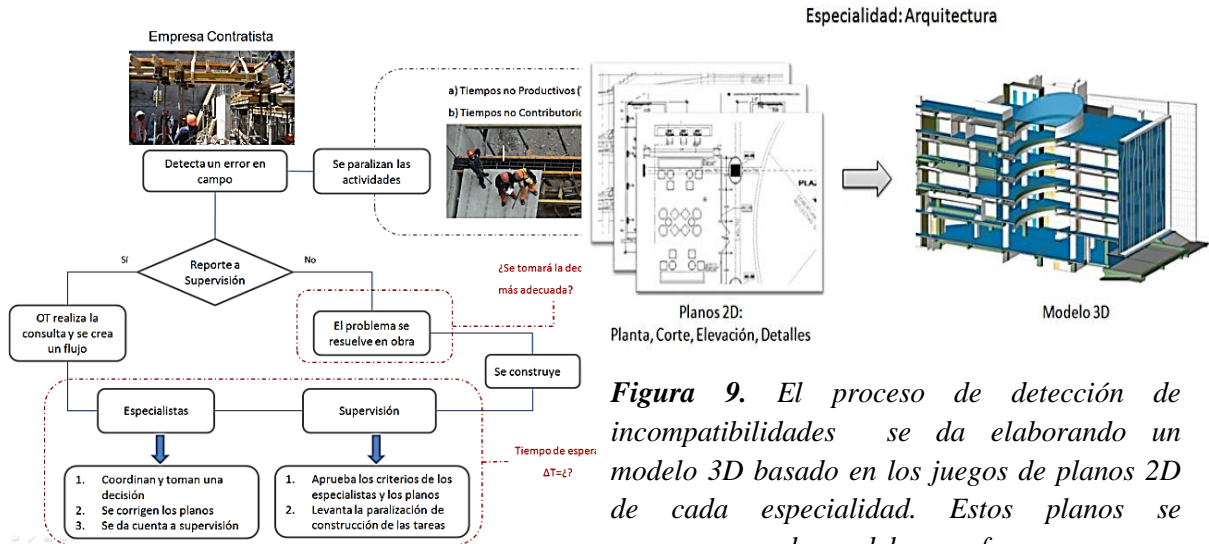


Figura 8. Flujo de actividades que se tiene que seguir cuando en campo se detecta algún error en los planos.

Figura 9. El proceso de detección de incompatibilidades se da elaborando un modelo 3D basado en los juegos de planos 2D de cada especialidad. Estos planos se superponen al modelo conforme se vaya realizando.

Por esa razón los planos que se envían a obra deben indicar impecablemente todos los detalles, niveles, y dimensiones en cortes y elevación de los elementos que serán replanteados y construidos, debiéndose haber resuelto a priori todos los errores que figuran en los planos debidos a un mal diseño u omisiones como resultado de una inadecuada representación gráfica bidimensional.

Conforme se modela la edificación, se tiene que dar al modelo tridimensional una mayor precisión que se ajuste lo más cercanamente posible a la realidad, de esta manera se irán detectando interferencias e incompatibilidades en los planos por una cuestión de lógica constructiva. Para esto se requiere que el modelador ponga su atención en esta etapa de modelado ya que es como si se “pre-construyera la edificación”, en tal sentido los elementos que forman parte del modelo 3D deben tener geometría tal y como se les daría en campo para su construcción real.

En ese sentido, el Modelado de la Información de la Edificación (BIM), es una herramienta útil y poderosa para revisar, corregir y optimizar toda la información que llega a la constructora a través de planos 2D de los proyectistas.

5.3 Procedimiento práctico de detección de incompatibilidades

Para modelar en 3D usando un software BIM, se requieren, sin excepción, todos los planos de las especialidades que se pretende modelar, es decir se debe usar simultáneamente

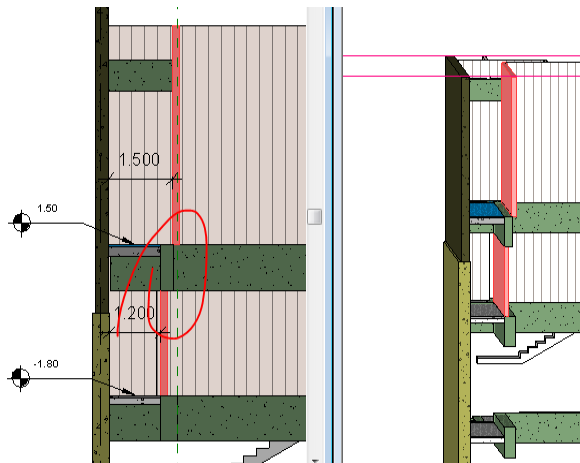


Figura 10. Modelar en BIM es como pre-construir la edificación. Esto permite, que por una cuestión de lógica constructiva, se detecten incompatibilidades en pleno proceso de modelado.

Se muestran dos ejemplos en las que visualmente y sin mucho esfuerzo, se identificaron dos casos de incompatibilidades en los planos (ver Figuras 11 y 12).

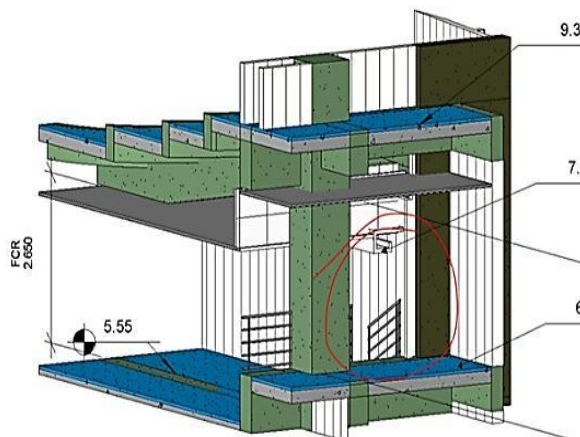


Figura 11. La cenefa interfiere con la altura mínima para el ingreso al desnivel.

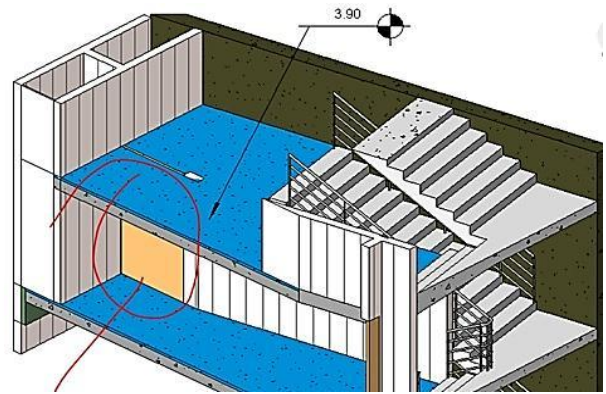


Figura 12. La puerta interfiere con la losa.

5.4 Detección de interferencias (Clash Detection)

Las interferencias son problemas que por lo general ocurren entre los planos de las distintas especialidades debido a su deficiente integración y, como vimos, usualmente y sobre todo en las instalaciones, las interferencias son detectadas y resueltas en campo, los cuales generan posteriormente órdenes de cambio, causando retrasos y sobrecostos. De ahí la necesidad de usar herramientas adecuadas que permitan alertar con tiempo la presencia de interferencias, de esta forma habrá un mayor tiempo que se le puede destinar para resolverlo y, lo que es mejor aún, mucho antes de llegar a campo. (Berdillana, 2008)

El proceso de modelado comienza con la elaboración de un modelo BIM-3D de la estructura de la edificación, luego de la arquitectura y después de las instalaciones. Es decir, al final se tienen distintos modelos BIM-3D por especialidad, que pueden ser integrados y centralizados en uno solo de tal manera de visualizar el proyecto como un todo y encontrar interferencias y conflictos entre los elementos sólidos 3D de estas especialidades (ver Figura N° 13), (Tatum, 1987).

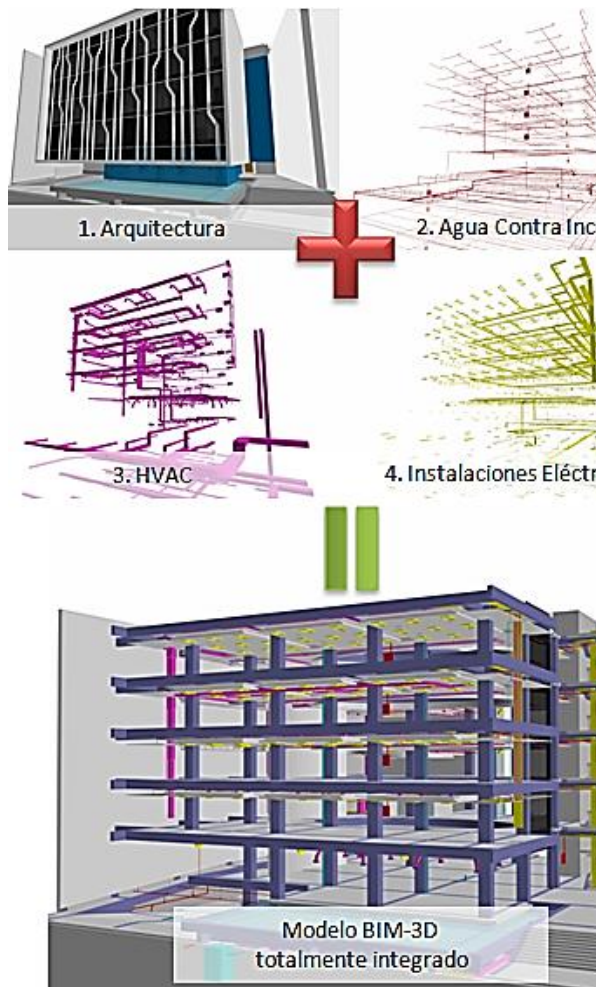


Figura 13. Los modelos 3D de cada especialidad pueden ser integrados en un solo modelo para realizar revisiones de constructabilidad y evaluaciones de detección de interferencias entre sus elementos sólidos 3D.

(Modelos BIM del Proyecto Edificio Educativo Universidad del Pacífico)

Aquí algunos problemas de incompatibilidad entre los planos detectados mediante un modelado BIM-3D del Edificio Educativo Universidad del Pacífico en las especialidades de estructuras y arquitectura. Estos modelos fueron elaborados, administrados y actualizados in-house (ver Figuras N° 14, 15 y 16).

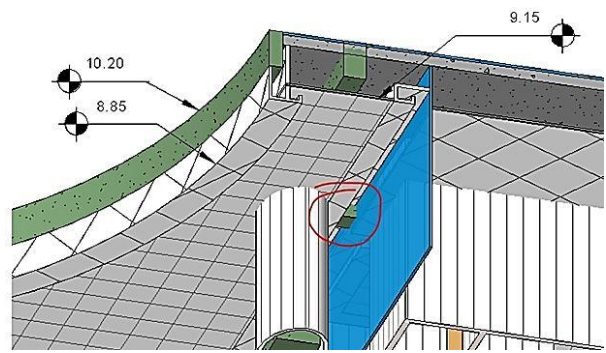


Figura 14. Viga de concreto expuesta bajo las cenefas y FCR.

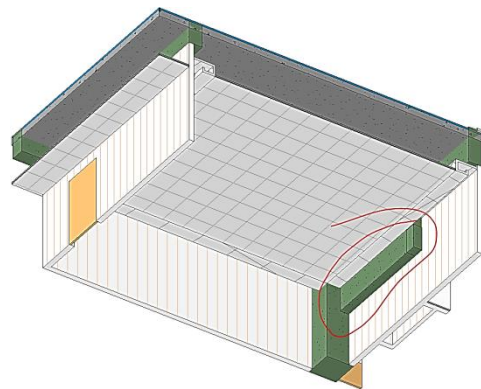


Figura 15. Viga de concreto expuesta bajo la cenefa y FCR.

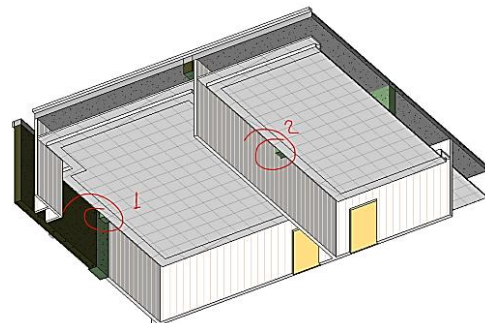


Figura 16. Viga de concreto expuesta bajo la cenefa y FCR.

Cuando se integran los modelos BIM-3D con un software BIM-Manager, estos incluyen una opción de Detección de Interferencias (Clash detector) que generan, de forma automática, un reporte de interferencias y conflictos presentados entre los distintos objetos 3D que forman parte de cada modelo, que al ser revisadas se reportan a los proyectistas involucrados buscando una solución formal mediante Solicitudes de Información (RFI) o buscar resolverlos en una reunión de coordinación. Al final de este proceso de

revisión e identificación de interferencias se tiene que realimentar y actualizar la información de los modelos BIM afectados afín de levantar estos conflictos (Vea la Figura 17 y 18).

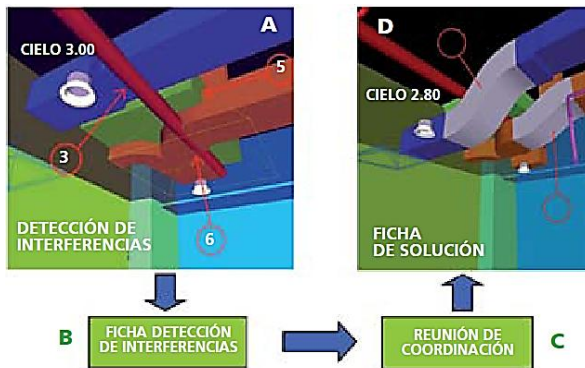


Figura 17. Esquema de detección y solución de interferencias e incompatibilidades usando tecnologías BIM. Esto requiere la integración de los modelos 3D del proyecto de todas las especialidades.

Asimismo, los software BIM-Manager, permiten realizar recorridos virtuales a cualquier sector de la edificación, con un nivel de realismo que facilitan a los ingenieros realizar análisis y revisiones de constructabilidad con el propósito de mejorar la planificación y coordinación con los distintos subcontratistas que se encargarán del montaje e instalación de los elementos de arquitectura e instalaciones del proyecto, evitando con ello problemas como los mostrados (ver Figuras N° 2, 3 y 4) (Tatum, 1987)



Figura 18. La integración de los modelos BIM de todas las especialidades, con ayuda de un software BIM-Manager, permite realizar recorridos virtuales a cualquier sector de la edificación.

VI. CONCLUSIONES

1. El uso de modelos BIM-3D permite identificar fácilmente las incompatibilidades presentadas en los distintos planos de los especialistas en una etapa inicial de modelado por especialidades y después en una etapa de integración de estos modelos por medio de software BIM-Manager.

2. Con el uso del BIM-3D, los mayores esfuerzos se dan en la etapa de elaboración de los modelos 3D por especialidades. Luego, son etapas en las que se le puede dar múltiples aplicaciones y usos al modelo que sin mucho esfuerzo resultan muy beneficiosos en la etapa de construcción, como las revisiones y análisis de constructabilidad así como la generación de reportes automáticos de Detección de Interferencias (Clash Detection).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer uso de tecnologías BIM para optimizar los planos que forman parte del diseño del proyecto y detectar tempranamente los problemas de incompatibilidades e interferencias a fin de tener tiempo para resolverlo y sean solucionadas mucho antes de llegar a campo.

VIII. AGRADECIMIENTOS

VIII. REFERENCIAS

1. BERDILLANA, F. (2008). *Tecnologías Informáticas para la Visualización de la información y su uso en la Construcción – Los Sistemas 3D Inteligente*. Tesis para optar grado de maestro. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería –Lima-Perú.
2. JAMES E. KOCH, DOUGLAS D., KEITH R. (2010). *Project Administration for Design-Build Contracts. A Primer for Owners, Engineers, and Contractors*. ASCE Press

3. PAULA CHAPPLE C. (2009), *Aplicación del BIM – Herramienta Modelo*. Revista BIT septiembre 2009

4. SIGURÐUR ANDRI SIGURÐSSON. *Benefits of Building Information Modeling* (2009), Copenhagen School of Design and Technology.

5. TATUM, C. B. (1987), “*Improving Constructability during Conceptual Planning*”. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 113 (No 2).