

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Programa de
colaboración
de la Red
Académica
Tecnología
BIM**

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

BIM en la UAM

**Arq. César Jorge Carpio Utrilla
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

BIM en la UAM

Arq. César Jorge Carpio Utrilla
cju@correo.azc.uam.mx
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ABSTRACT

During the Project development inside the workshop, you must take care of the defects probability when implementing it, researchers insists that a big rate of defects originate from actions and decisions taken at the design stages.

The actual procedures fails the standards of cost, time, quality, safeness and sustainability caused by the differences between design and construction.

This report reviews the existing problematic and proposes the BIM (Building Information Modeling), It uses different software that not always are compatible between them or there are not related with the design activities, Civil engineering or constructive and they allows the architect manage the different architectonic work stages at the same time. This methodology, which is already used in other countries and reduces the defects to its minimal expression, also the methodology presents huge advantages inside the architecture education, because it allows the interaction between different specialists when developing a project, reaching the quality and all the standards requested.

KEYWORDS

Defects, actions and decisions, construction standard, interaction specialists, advantages inside the architecture education, building modeling with different kind of software

RESUMEN

Durante el desarrollo del proyecto ejecutivo en taller, se tiene que tomar en cuenta la posibilidad de que éste presente defectos importantes en el momento de llevarlo a su realización, investigadores han insistido que porcentajes importantes de ellos tienen sus orígenes en decisiones y acciones tomadas durante las etapas de diseño. Los procedimientos actuales no logran los estándares en costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad que se requieren debido al divorcio que existe entre el diseño y la construcción.

En este trabajo se examina la problemática existente y se propone una metodología BIM (Building Information Modeling), que utiliza diferentes programas de software, no siempre compatibles entre sí, o no relacionadas a las actividades de Diseño, Ingeniería Civil o constructivas, y que permiten al Arquitecto administrar las diferentes etapas del trabajo arquitectónico. A su vez, ésta es una Metodología ya utilizada en otros países que reduce los defectos de todo tipo a su mínima expresión, la metodología presenta grandes ventajas en cuanto a la enseñanza en arquitectura, porque permite que interactúen distintos especialistas en la realización del proyecto, logrando la calidad y demás estándares solicitados.

PALABRAS DE LA CLAVE

Defectos, decisiones y acciones, estándares constructivos, interacción. acciones, modelado edificios con programas de software diversos, ventajas en la enseñanza de la arquitectura.

INTRODUCCIÓN

En arquitectura, un proyecto puede contener más de quinientos conceptos que van desde el reconocimiento y rectificación o ratificación de las características del terreno hasta la inspección del control de calidad de lo realizado, actividades y documentos que se almacenan en diferentes programas de software no siempre compatibles, que al finalizar los trabajos de diseño el arquitecto integra en una serie de planos y documentos que son revisados en una junta general entre diseñadores y realizadores y en la que cada uno de los involucrados en el proyecto deberá opinar sobre cualquier elemento que parezca confuso o poco claro, presente errores o deficiencias o falta de claridad de los mismos.

Sin embargo, a través de los años arquitectos e ingenieros han manifestado su descontento ante los resultados en las obras realizadas, y aquí presentamos lo que algunos investigadores opinan sobre el particular. Tomando en cuenta las opiniones aquí expresadas, los estudios que vienen realizando investigadores de la Red Diseño Construcción han encontrado que el avance en los medios de computación manejados adecuadamente, están en la posibilidad de aportar procedimientos para delimitar los problemas y ofrecer software que reduzca o minimice la presencia de tales defectos, errores, omisiones y demás, que tantos problemas generan a los involucrados en el desarrollo arquitectónico.

El avance tecnológico de los últimos cincuenta años ha revolucionado no solo la forma de enseñar sino también la de construir tanto en países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. Cuando los planos se hacían a mano, el sueño de todo arquitecto era tener una máquina sobre el plano que escribiera directamente sobre el papel.

Ahora los diseñadores con la computadora escriben, dibujan, analizan, programan, realizan secciones estructurales con armados y detalles, proponen instalaciones y equipos, presentan calendarios de trabajo, presupuestos, cotizaciones y todo lo que se requiere para materializar un proyecto de arquitectura, lo presentan en el monitor y con un clic imprimen planos, documentos, gráficas, etcétera.

Pero... ¿Cuál es el estado del arte de construir?

OBJETIVO GENERAL

Integrar los archivos de los diferentes estudios y programas de software (diseño de las instalaciones, cálculo de la o las estructuras, presupuestos, calendario de barras) en un solo documento que contenga los conocimientos y la experiencia de los realizadores sobre las etapas de diseño y la construcción a través de una nueva metodología, BIM (Building Information Modeling). Conocimientos y experiencias que forman parte del acervo profesional de los integrantes de los Cuerpos Académicos de la Red de Investigación. Beneficiar a los Cuerpos Académicos en las licenciaturas y posgrados de Arquitectura, Ingeniería, Diseño Gráfico e Industrial, al contar con una experiencia de aplicación del conocimiento orientada a la integración del diseño y la construcción. Con el fin último de aplicarlas

a la docencia en la enseñanza del diseño, la construcción, la administración y el control de los procesos.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Crear una base dinámica de conocimientos sobre la integración del diseño y la construcción aplicables tanto a Ingeniería como a Arquitectura y Diseño. Desarrollar un marco de referencia que propicie de una manera práctica la integración del diseño y la construcción y sea aplicable a la docencia en las distintas universidades del país y de las extranjeras involucradas en la Red. Así como la difusión y enriquecimiento de la base de conocimientos sobre la integración del diseño y la construcción.

DESARROLLO

El arte de construir

Realizar un plano a mano lleva de 15 a 20 horas, ¿y en la computadora? Hasta el doble, bueno, la computadora tiene otras ventajas; si se quita la calidad de muros se puede indicar la instalación hidráulica o si se tiene plantas, cortes y fachadas, la máquina realiza la o las perspectivas.

Si, pero no siempre el cliente está dispuesto a esperar. **¿Cuál es la realidad entonces?**

Desde el punto de vista del arquitecto:

- La comunicación. En una empresa, la gerencia solicita el desarrollo de un proyecto determinado, el jefe de proyectos realiza lo solicitado y entrega al taller de dibujo el anteproyecto del mismo. En el desarrollo de estas actividades existen otras involucradas, que de no llevarse a cabo en tiempo, generarán los primeros errores del proyecto. Errores tales como: no verificar en el terreno pendientes, desniveles, espacio disponible, la existencia de barrancas, arroyos, paso de instalaciones, carreteras con derecho de vía, etcétera.
- Control de la ejecución del proyecto y el tiempo. La comunicación con los realizadores del proyecto ejecutivo –dibujantes, especialistas, ingenieros, etcétera- de parte del o los responsables del proyecto deberá ser continua, rápida y expedita, ayudando a resolver problemas, aclarando dudas, indicando qué debe aparecer en el documento correspondiente, esto reduce el tiempo de ejecución y los errores hasta en un 30%.
- Compromiso y calidad del ejecutor. La experiencia y habilidad del dibujante o ejecutor del plano o documento para la actividad anterior resulta fundamental en ésta etapa, por ejemplo tamaño de las cotas, ejes, indicaciones varias, número y localización de cotas, calidad de dibujo, intensidad de líneas, escala utilizada, cuadro de datos, simbologías utilizadas, tablas, diagramas, y toda aquella información que permita el mejor entendimiento del documento. Esto es importante cuando el o los dibujantes se inician en la empresa.
- Conocimiento de las necesidades del proyecto. Este es un punto crucial para el buen desarrollo

del proyecto ejecutivo y una obra arquitectónica de calidad. Evita por ejemplo, que el ingeniero en aire acondicionado atraviese traveses y columnas del edificio, poniendo en riesgo su estabilidad – caída del Banco de Nicaragua, sismo de 1979¹ - No puede entregarse el documento sin la revisión previa del Departamento de Ingeniería.

- Conocimiento de las especialidades involucradas. No podemos realizar el plan de una escalera mecánica, sin el conocimiento de las necesidades del equipo, espacios requeridos tanto vertical como horizontalmente, toma de energía, funcionamiento, tiempo disponible y todos los trabajos de colocación y puesta en marcha del equipo, preparaciones y terminaciones requeridas en el edificio.
- Realizar evaluaciones aplicables a otros casos y a otros proyectos. Retroalimentación conjuntos. La empresa deberá evaluar todo el trabajo, de principio a fin, lo bueno y lo malo, ya que tanto las experiencias obtenidas como la información sobre procedimientos, materiales y equipos facilitarán el trabajo futuro, reduciendo tiempos, costos y trabajos, obteniendo productos de mejor calidad.

En cuanto a los constructores:

- La industria considera por separado el diseño de la construcción. Algunas empresas desarrollan el proyecto ejecutivo completo pero tienen poca o ninguna relación con las empresas constructoras, en otras, el departamento de proyectos se encuentra en otro edificio o incluso en otra parte de la ciudad, obstaculizando la comunicación y a veces invirtiendo el orden de las comunicaciones entre las partes.

En 1975 realizábamos en la Dirección General de Habitación Popular el proyecto del Conjunto Habitacional “Ejército de Oriente” a ubicar en la Calzada Zaragoza, saliendo hacia la ciudad de Puebla, el Departamento de Ingeniería consideró elevar el terreno del conjunto de 60 a 80 centímetros para conectar la red sanitaria al colector de la avenida, al enterarse, el Director realizó una visita al desarrollo y canceló dicho trabajo. Años después una tromba inundó el conjunto y destruyó los bienes de sus habitantes.

- Varios investigadores en trabajos publicados señalan desde los años setentas porcentajes importantes de defectos cuyos orígenes se encuentran en decisiones y acciones tomadas durante las etapas de diseño. No es de extrañar por lo ya dicho en los puntos anteriores que el resultado sea un proyecto constructivo con defectos de cierta importancia, proyectos incompletos, con información incompleta o poco realista, etcétera.
- Los procedimientos actuales no logran los estándares en costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad que se requieren (Solís Carcaño, Congreso Internacional Diseño Construcción, junio 3 2013). Sobre este particular, en la vivienda de interés social no es difícil encontrar vigas de losas nervadas rotas por insuficiencia de cimbra de apoyo, pisos de cemento pulido con huellas de los trabajadores, bastante común tubos de ventilación inservibles, llenos de basura, etcétera.

1 Para mayor detalle, ver la revista IMCYC. 1980.

Por lo tanto, la separación de diseño y construcción redundante en:

- Producción inestable e insuficiente. Estas empresas destinarán tiempo, dinero y esfuerzos adicionales para corregir las anomalías, reduciéndose las oportunidades de realizar nuevas obras, no solo por lo ya mencionado, sino por que denotan una falta de organización necesaria en la realización de este tipo de obras.
- Altos niveles de ineficiencia. Alta incertidumbre y bajas utilidades. Rechazo de trabajos vueltos a realizar. Niveles importantes de desperdicio. (Vrijhoef, 75¹). A ello habrá que agregar que el desconocimiento de algunas empresas de nuevos materiales y/o procedimientos constructivos terminan con la aplicación de sistemas constructivos inadecuados, tal es el caso de casas de interés social con cimientos de piedra o losas de azotea sin refuerzo integral de fibras de polipropileno.
- Un diseño escueto (con el mínimo de información) e incompleto impacta fuertemente en la calidad, el costo, el tiempo y en ocasiones en la seguridad en el producto, (en el nivel de eficiencia durante la producción. Ferguson 1989) Este es un error bastante frecuente en empresas pequeñas o de reciente creación.
- Josephson señala en 1996 que los defectos originados en los procesos del diseño son los más significativos, medidos en términos de costos. Por ejemplo, no considerar que un desnivel de la calle hacia arriba que amerite la realización de una escalera completa significará la colocación de elevadores en edificios de cinco niveles con escaleras.
- El investigador Sverlinger en 1996 determinó que las causas más frecuentes que originan severas desviaciones durante el diseño son debidas a: Deficiencias en la distribución o en la planeación de los espacios, deficiencias en los recursos materiales y humanos, o falta de información, y a cambios continuos durante el proceso.
- Los impactos debidos a cambios durante el proceso de diseño no son claramente entendidos y casi nunca se les da el reconocimiento que merecen, en cuanto a costo y tiempo. Curiosamente, no sólo para algunos clientes sino también para algunos profesionistas, el pago de un proyecto muy detallado no entra dentro de la planeación de sus actividades, considerándolo como un gasto superfluo, innecesario para la realización del mismo.
- Las horas invertidas por los diseñadores en los cambios han sido estimadas entre un 40 y 50% del número de horas invertidas en un proyecto (Koskela, 1992). No hace falta abundar en la explicación precedente.
- En los países latinoamericanos se estima entre un 20 y un 25% del total del tiempo de la etapa de construcción el que se pierde o es improductivo debido a deficiencias en el diseño (Undurraga, 1996²). En 1972 una empresa dedicada a la prefabricación solicitó a la Dirección General de

2 Investigadores encerrados entre paréntesis, indican los trabajos utilizados. Durante el desarrollo de ésta investigación durante los últimos tres años.

3 Investigadores encerrados en paréntesis, indican los trabajos utilizados. Durante el desarrollo de

Habitación Popular del D D F, -en donde el que relata trabajaba- permiso para entrar al programa de vivienda de interés social, mi oficina le asignó dos proyectos a realizar como prototipos en una nueva unidad habitacional “picos de Iztacalco”.

Pasado un tiempo razonable, el no tener noticias de ellos nos llevó a investigar qué estaban haciendo con los proyectos encomendados, encontramos las casas ya con las dos plantas realizadas, pero con los muros sin terminar, no habían materiales, equipos ni personal, evidentemente abandonadas, en la parte trasera un montículo de escombros de muros, sobre una plataforma de concreto se encontraba un muro terminado si remover, lo habían colado totalmente invertido al punto de fijación -la casa con techo a dos aguas- ¡la pendiente colada en el muro estaba invertida!

Para muchas constructoras la principal fuente de conflictos en la ejecución de obras, son los continuos cambios en el proyecto, afectando la calidad y la productividad y teniendo un impacto negativo en los tiempos de ejecución y los costos de los proyectos.

Resolver esta problemática no es simple como puede verse, sin embargo con el avance tecnológico, la aparición de las computadoras y la constante generación de programas que apoyan el desarrollo de las ciencias, aunado a la velocidad de trabajo de las nuevas computadoras que raya en lo inimaginable, países como Alemania, Estados Unidos o Chile, están desarrollando nuevos métodos de trabajo que permiten no perder de vista los puntos neurálgicos del proyecto y la realización.

Se trata de una nueva metodología, BIM -Building information modeling-, que da continuidad a los trabajos iniciados por la Red Diseño Construcción con la metodología Cinco en 2009, software generado ya hace algunos años y que Autodesk como otras empresas, permite la integración de la información de cada uno de los componentes a través de RVT y de “Familias” como “*Estructural Design*” en un solo documento y los presenta como información contenida en un modelo virtual en 3D.

Presentando tanto información física como paramétrica por ejemplo el estudio del espacio disponible con equipos de rayos láser en tiempo real en diferentes etapas de realización. Debido a la reducción casi a cero de errores, pérdidas de tiempo, desperdicio de materiales y otras bondades como la eliminación de la corrupción -los avances y toda la información correspondiente pueden presentarse en tiempo real, es decir al mismo tiempo que se lleva a efecto- dichos países han optado por la realización de obra pública **sólo con esta metodología**.

Con éstas ideas en común la Red Académica Diseño-Construcción, compuesta por el Cuerpo Académico (CA) “Ingeniería de la Construcción” como Líder, de la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), El Área de Investigación de “Administración y Tecnología para el Diseño” de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM-A) y el Grupo de Investigación “Master Builder” del Worcester Polytechnic Institute (WPI), (EUA).

En una reunión específica, las tres Áreas de Investigación acordaron realizar la investigación sobre BIM aplicada a un proyecto común a las tres Instituciones Educativas. El proyecto permitiría la realización de un Manual práctico que puede ser utilizado por los equipos de un proyecto para diseñar

ésta investigación durante los últimos tres años.

su estrategia de implementación BIM y desarrollar un plan de ejecución del proyecto.

Este Manual puede ser implementado no sólo para la enseñanza en las Universidades, sino para toda la Industria AICPO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Propietario y Operador), AECO por sus siglas en inglés, para mejorar la eficiencia y la eficacia de la aplicación BIM en proyectos. Se definió un procedimiento de ejecución del proyecto bajo los siguientes puntos:

- 1.- Identificar los objetivos de BIM y sus usos.
- 2.- Diseñar el proceso de ejecución del proyecto BIM
- 3.- Definir cómo realizar los intercambios de información.
- 4.- Definir la infraestructura para la implementación de BIM.

Apoyándose en el documento *Level of Development Specification (LOD)*, que permite a los profesionales de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. El LOD define e ilustra las características, los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción considerando cinco niveles de desarrollo.

RESULTADOS

Se decidió desarrollar un prototipo de aplicación de BIM que permitiera la aplicación de la enseñanza del Diseño y la construcción de manera conjunta es decir, integrando en un solo documento ambas partes, a manera de poder analizar cualesquiera de sus elementos, tanto por la parte del diseño como por la parte de realización. Los integrantes de la red en conjunto concluyeron por generar un prototipo que contara con instalaciones y servicios no muy complejos, en un edificio de pequeñas dimensiones, con el objeto de poder cumplir con los tiempos disponibles y aplicar la metodología.

El edificio debería ser algo útil, aplicable por ejemplo a la UAM Azcapotzalco.

Que debido a problemas de seguridad dentro y fuera de la UAM, y a la necesidad de contar con un prototipo no muy complejo que integrara diferentes conceptos que el proyecto de integración de BIM que fuese útil a la Unidad. Ésta caseta debería tener un espacio de almacenamiento, lo cual se investigó para que cumpliera con los requisitos de la escuela, o el conocimiento del suelo.



Figura 1. Propuesta de localización del proyecto, salida sur-poniente de la Unidad

Se inició el desarrollo del catálogo de conceptos y de las especificaciones constructivas generales. Se efectuó el cálculo de las instalaciones y su implementación en los planos correspondientes en plantas y cortes: Proyecto de instalación hidráulica, proyecto de instalación sanitaria y el proyecto de instalación eléctrica.

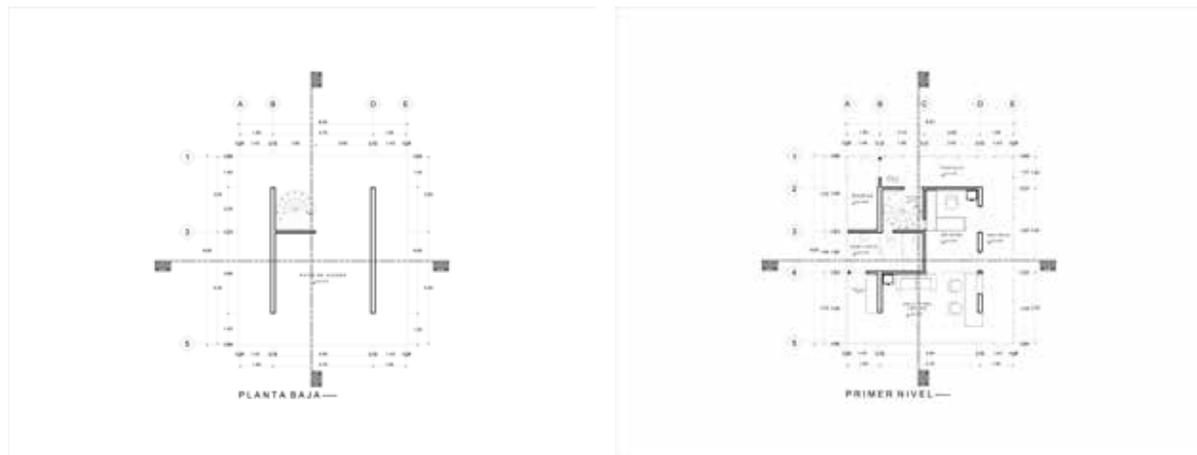


Figura 2. Planta baja y Primer nivel del proyecto de una Caseta de Vigilancia en la UAM Azcapotzalco

Teniendo el proyecto con instalaciones, se pudo avanzar al nivel cuatro (LOD 400) con el desarrollo de la guía mecánica, ligando las instalaciones al mobiliario, al catálogo de muebles, al de especificaciones; dibujando a escala todos los elementos involucrados.

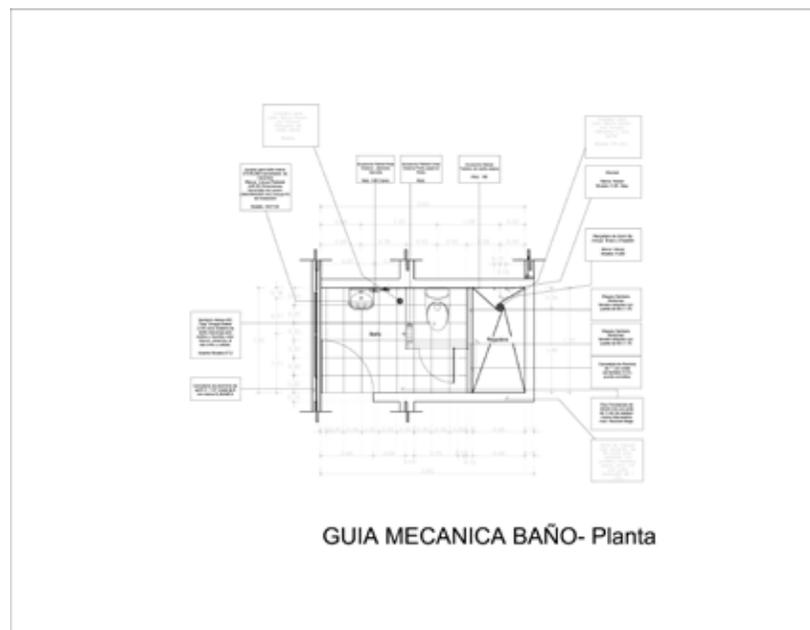
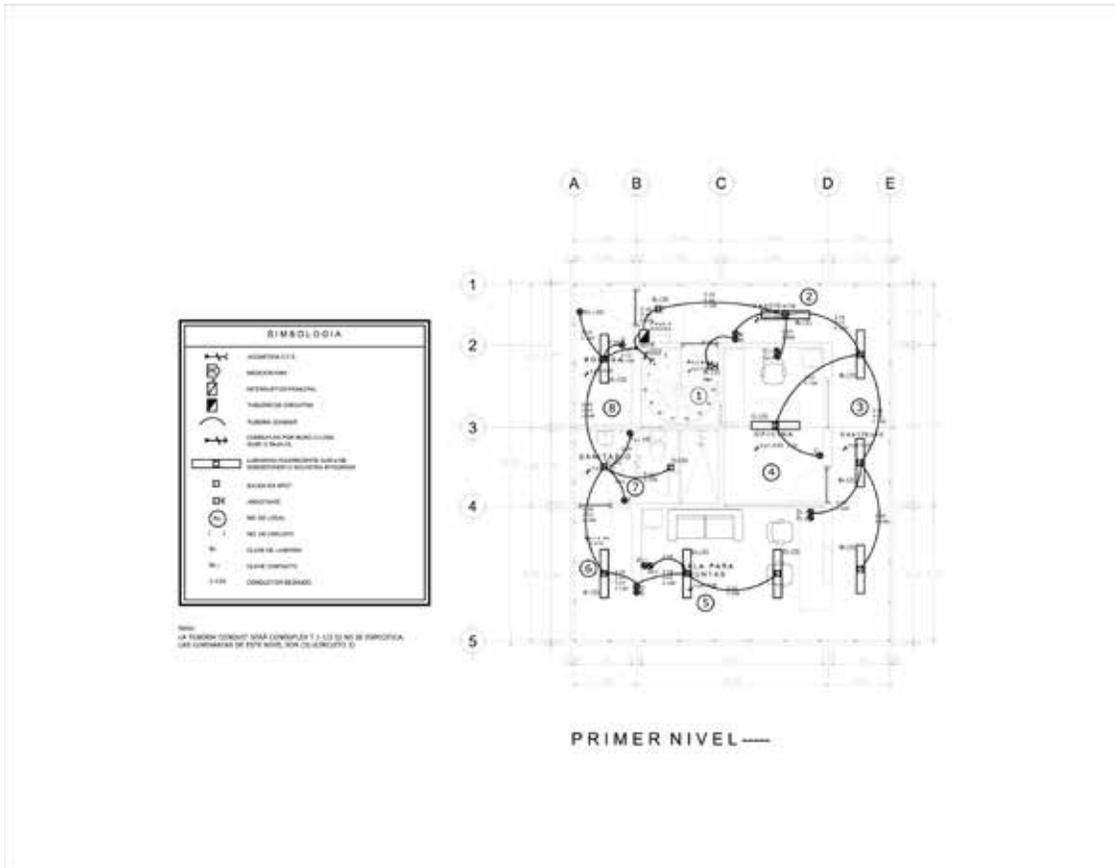


Figura 3. Guía mecánica de baño. Proyecto Caseta de vigilancia.



Al realizar el proyecto estructural, en este caso de la planta de entresuelo, el mismo programa permite cuantificar acero y concreto, con lo que se obtiene la información de forma inmediata al pasar a 3D. Se diseñaron 8 detalles constructivos.

Se realizó el estudio de fachadas y acabados y se dibujaron los planos correspondientes, tanto de plantas como de cortes y fachadas, así como de las especificaciones constructivas y su migración a 3D.

Con un nuevo programa se mejoró la calidad de la perspectiva en RVT en cada una de las orientaciones. Rediseño de la fachada principal y laterales. Se realizó el estudio de orientación con la monte Solar. Se realizó la ambientación respetando los elementos reales del sitio.

Se eligieron los equipos y mobiliario de acuerdo a catálogos disponibles y se documentó en los planos correspondientes de la guía mecánica. También el detallado de guías mecánicas. Se colocaron especificaciones en guía mecánica. Se dividieron los archivos en función de los procesos bidimensionales y tridimensionales para su materialización, por ejemplo, mediante la exportación a un archivo DWG, nativo de Autocad y DXF de intercambio. En el caso del modelo tridimensional se exportó a un programa de modelado poligonal, 3dsMAX, al Blender, para después convertirse en un archivo STL (Estereolitografía) para su materialización a escala.

CONCLUSIONES

Como conclusiones hay que mencionar que para realizar la integración de los elementos del proyecto ejecutivo, es necesario que los practicantes de la metodología BIM aprendan a manejarlo, por lo que para ello, puede utilizarse el siguiente procedimiento

Ir a la página web: linda.com, indicar BIM en el buscador y ahí encontrarán diversos cursos para aplicar la metodología, por ejemplo: Get Started with BIM.

Los cursos también se encuentran habilitados en youtube, donde encontrarán los diferentes tópicos a utilizar, cursos que fueron empleados para el desarrollo del proyecto de la caseta de vigilancia.

Nota. Todos estos cursos o tutoriales están en inglés- Además, cada uno de estos cursos está compuesto de cinco o más segmentos independientes y forman parte de cada uno de los tutoriales de la bibliografía indicada al final del artículo en el mismo orden:

- Deberán buscar RVT Architecture 2015 temas como: ¿Qué es BIM?
- Entendiendo la jerarquía de elementos RVT
- Vistas de navegación y creación de esquemas del proyecto.
- Generar las plantas con todos los elementos involucrados.
- Generar las instalaciones y equipos necesarios.
- Ligar los archivos de Autocad-Dwg
- Teniendo conocimiento de lo anterior, estudiar los videos referentes (100)
- Con ello podrán manejar los temas siguientes:
- Líneas de alineación y rotación RVT.
- Trabajando con borradores y cubiertas prefabricadas.
- Agregando vanos y elementos.
- Creando escaleras y ampliaciones.
- Creando muros divisorios y de carga a diferentes niveles.
- Escondiendo y aislando objetos como tuberías, armados, instalaciones, etcétera.

Se utilizaron otros tutoriales, Autocad 2007, Archicad 2007, DWG, DXF, 3dsMAX, Blender y STL.

Siendo estos los principales temas a conocer, el estudiante deberá practicar todo lo que considere necesario, así como otros temas que le sean útiles en su proyecto, tales como el estudio de las instalaciones de aire acondicionado, albercas, adecuación al entorno, etcétera.

BIBLIOGRAFÍA

Building Roofs with Revit

Revit Architecture 2015 Essential Training

Revit Family Curves and Formulas

Revit Construction Modeling Tools

Revit for Interior Design: Interior Walls

Revit for Interior Design: Space Planning

Revit Architecture 2014 Essential Training

Migrating from Auto Cad to Revit

Revit Familys Work Shop

Revit Stairs Work Shop

Revit Architecture 2013 essential Training

Designing a House in Revit Rut Architectural

Revit Architectural Rendering