

DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA INTEGRACIÓN DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, HIDRÁULICAS Y SANITARIAS

I.C. Carlos Adrián Maldonado Echeverría

I.C. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé, M.I.

Universidad Autónoma de Yucatán

Mérida, México

Unidad de posgrado e investigación

carlosadrian.maldonado@gmail.com

zgrife@gmail.com

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de investigación es desarrollar un modelo conceptual apoyado en el uso de tecnología BIM (Building Information Modeling, por sus siglas en inglés), que coadyuve a la integración del diseño y la construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, desde la fase de diseño hasta la fase de construcción del ciclo de vida del proyecto. Para lograr esto se van a establecer una serie de estrategias que se deben seguir durante la fase de diseño y hasta la fase construcción del ciclo de vida de un proyecto de construcción que permitan lograr la integración diseño-construcción, identificando los aspectos técnicos, arquitectónicos y de funcionalidad, y necesidades futuras del usuario, que se deben tomar en cuenta para que la construcción de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se haga de manera correcta y tengan un adecuado funcionamiento; así como también los “entregables” necesarios de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, y la información necesaria que debe contener cada uno, que el diseño de un proyecto de edificación debe proporcionar al constructor para la correcta ejecución de la fase de construcción.

PALABRAS CLAVE

Palabras clave: Instalaciones, Modelo, BIM, Diseño, Construcción

INTRODUCCIÓN:

En el ámbito de la construcción, el diseño de las partes de un proyecto debe ir acompañado de un conjunto de “entregables” que contengan la información suficiente para la correcta construcción del proyecto. Entendiéndose por “entregables” el conjunto de documentos tales como: planos, croquis y especificaciones que resulten del proceso de diseño, los cuales son entregados físicamente al constructor.

Es común que el diseño de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se haga de manera deficiente, ya que se toman en cuenta de manera superficial aspectos técnicos, arquitectónicos y de funcionalidad, así como también las necesidades futuras del usuario. Estas deficiencias, limitan la correcta construcción y el adecuado funcionamiento de dichas instalaciones. La correcta construcción de un proyecto depende de manera significativa de su “constructabilidad”, es decir, que el diseño del proyecto se base en propuestas de construcción factibles como respuesta a las dificultades constructivas que hayan sido previstas mediante un análisis profundo en la fase de diseño. Estas propuestas deben estar reflejadas en el conjunto de “entregables” del diseño con el objeto de evitar que se cometan errores en la fase constructiva, que afecten directamente al costo, duración y calidad del proyecto.

Muchas investigaciones hechas en varios países demuestran como el concepto de “constructabilidad” tiene potencial de cambiar la manera en la que se plantean los objetivos para los proyectos que se desarrollan dentro de la industria de la construcción, lo que podría llevar a una disminución significativa en los costos, ahorro de tiempo, e incrementar la calidad del producto, todo esto considerando la experiencia que posea el constructor y aplicando sus conocimientos al proyecto desde etapas tempranas dentro del desarrollo del mismo.

En Malasia se llevó a cabo una investigación en donde se pudo constatar que las empresas constructoras, o dedicadas a otros ámbitos similares de la industria de la construcción, en países miembros del G7 (Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido) es común que estén familiarizadas con el término “constructabilidad” y lo pongan en práctica desde etapas tempranas en los proyectos que se encuentren desarrollando. En Malasia no era el caso, e incluso, las empresas que si conocen el término no creen en que aplicar la constructabilidad en sus proyectos, por más pequeños que sean, no les traería mayores beneficios [1].

Otro estudio llevado a cabo en Indonesia reveló que, aun con las limitaciones que existen, muchas empresas dentro de la industria de la construcción han estado implementando parte del concepto de constructabilidad dentro de sus proyectos. Cuando los constructores se han involucrado en etapas tempranas dentro del ciclo de vida del proyecto han provisto de sugerencias respecto a sistemas estructurales, selección de métodos constructivos y materiales a utilizar, y preparación de presupuestos y programas de obra. Así mismo, durante la etapa de diseño y procuración, los constructores se han involucrado en la adquisición de personal, materiales y equipo; y analizando y revisando las especificaciones del diseño, de manera que se verifique en qué grado apoyan a la constructabilidad del proyecto [2].

LA FRAGMENTACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción trabaja de manera fragmentada por naturaleza, separando a los profesionales de acuerdo al área en la que se desempeñen y tengan mayor experiencia. Al desarrollar proyectos con esta segregación de profesionales se ocasiona que ocurran malos entendidos y una disminución en la productividad [3].

En la actualidad los diseñadores trabajan individualmente, realizan el diseño sin consultar al equipo constructor sobre lo que se esté planteando, muchas veces sin que el dueño o cliente tenga ya designado a un constructor, y se limitan únicamente a entregar la información producto del diseño. Llevar a cabo estas malas prácticas frecuentemente resulta en errores durante el proceso de construcción, propiciando que se deban hacer cambios en el proyecto debido a las complicaciones surgidas y no estimadas durante la planeación y el diseño, dificultando su contingencia y afectando directamente al costo y duración del proyecto [4].

La integración de los procesos de diseño y construcción permite que, el trabajo que se lleve a cabo entre los equipos de diseño y de construcción, sea más eficiente y los resultados sean mejores. El equipo diseñador debe aportar los conocimientos y experiencia referentes al aspecto conceptual y espacial del proyecto al equipo constructor, de manera que se conozca a detalle el proyecto ejecutivo, y especificaciones planteadas en el diseño, conforme se va desarrollando. Así mismo, el equipo constructor debe complementar la información que el equipo diseñador le vaya proveyendo, verificando que la contractibilidad del proyecto se esté logrando, de manera que se tomen en cuenta los problemas que pudieran surgir durante la construcción y planteando estrategias para contenerlos de manera correcta, todo esto con el objetivo de minimizar la cantidad de errores que puedan surgir durante la construcción. Se requiere que cada equipo, independientemente de la colaboración que deben tener durante el desarrollo del proyecto, sea responsable de la especialización que le corresponda, es decir, el equipo diseñador debe mantener el control del diseño y hacerse responsable por los resultados, mientras que el equipo constructor debe hacerse responsable de los riesgos tomados respecto a los medios y métodos de construcción que plantee durante el proceso integrado de diseño-construcción [5].

La exitosa integración del diseño y la construcción ocasiona un cambio positivo en estructura y la cultura de los involucrados en el proyecto. Se fomenta el trabajo en equipo apoyando a la innovación y la tolerancia en caso de que se presenten errores. Así mismo, se forman fuertes vínculos laterales contribuyendo a un proceso descentralizado de toma de decisiones y transparencia en todos los procesos. La integración diseño-construcción apoya y fomenta internamente la mejora continua y el aprendizaje mediante el uso eficiente del conocimiento y una iterativa retroalimentación [6].

Adicionalmente al trabajo en equipo que se requiere para que la integración de los procesos de diseño y construcción sea exitosa, también es menester contar con la información adecuada y detallada para llevar a cabo la ejecución de lo que se haya planteado en la etapa de diseño. Este detalle se hace cada vez más necesario a medida que la complejidad de los nuevos proyectos de construcción va incrementando.

Actualmente el intercambio de información dentro de la industria de la construcción se lleva a cabo de manera segregada, separando los planos, documentación técnica, especificaciones para procuración, documentos legales, etc. Por lo tanto se pone en duda la habilidad para entregar la información en tiempo y forma, y con calidad y cantidad adecuada.

Teniendo esto en cuenta, las empresas que se desempeñan dentro de la industria de la construcción deben tomar la iniciativa para comenzar un proceso de estandarización que defina la información relevante que deben contener los proyectos [7].

Un poderoso aliado para que esto pueda lograrse es el uso de la tecnología BIM, la cual no solo ayudaría con el manejo de la información, sino también con todo el proceso de integración diseño-construcción.

BIM PARA LA INTEGRACIÓN DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

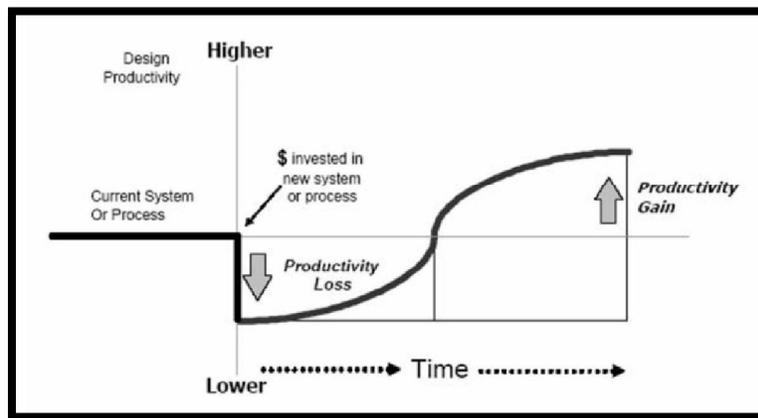
Se puede considerar que la tecnología BIM surge a partir del deseo de llevar al siguiente nivel la tecnología CAD (Computer-Aided Design), buscando mejorar los procesos de diseño e incorporar las demás actividades que se llevan a cabo durante un proyecto de edificación.

CAD es una tecnología 2D y 3D que produce un conjunto de líneas y texto en una página de dibujo que no tiene ningún significado, ya que se tratan de sólo dibujos y representaciones gráficas [8]. BIM construye modelos virtuales de cómo un edificio lucirá una vez que su construcción concluya. Cuando dichos modelos son completados cuentan con la información y geometría necesaria para llevar a cabo la construcción, fabricación y procuración a lo largo del desarrollo del proyecto de edificación [9].

Recientemente la industria de la construcción ha estado experimentando un cambio gradual en la manera que se llevan a cabo los procesos de diseño y construcción en los proyectos de construcción. Esto es debido al surgimiento de la tecnología BIM, que permite que la información necesaria, para la coordinación del diseño, construcción y operación del proyecto, sea capturada en modelos digitales conforme dicha información se está generando. Las ventajas que este tipo de tecnología ofrece la posibilidad de contrarrestar la fragmentación de procesos que existe en la industria de la construcción [10].

A medida que el uso de BIM se incrementa dentro de la industria de la construcción, también lo debe hacer la colaboración entre los diferentes equipos involucrados en el proyecto, lo cual llevaría hacia un aumento en las utilidades que se generen por el proyecto, reducción de costos, mejor manejo de tiempo y recursos, así como mejorar la calidad del servicio que se le otorgue a los clientes [11].

Figura 1. Grafica de la productividad del diseño durante la implementación de un sistema BIM.



Fuente: (Autodesk, 2007)

Mediante la implementación de un sistema BIM para la planeación, diseño y desarrollo de un proyecto se incrementa significativamente la productividad durante la fase de diseño, hecho que también puede resultar en incrementar la productividad en otras fases del proyecto (Figura 1).

Una posibilidad que ofrece BIM es el desarrollo de modelos 4D, los cuales permiten que los profesionales involucrados en la industria de la construcción evalúen diferentes alternativas de diseño y de programación de obra. Los modelos 4D involucran el factor del tiempo, enlazando cada parte del diseño con su correspondiente tiempo de construcción, según lo programado o calendarizado. Un objeto generado dentro de un modelo 4D tiene el potencial de apoyar un razonamiento automático de constructabilidad, y a su vez, ayudar al equipo desarrollador del proyecto a identificar problemas relacionados con la constructabilidad del mismo, desde etapas tempranas [13].

INTEGRACIÓN DISEÑO-CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES

La planificación para la distribución adecuada de espacios para la colocación de equipos y paso de ductos de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, entre otro tipo de instalaciones, es uno de los aspectos más complejos y menos definidos del proceso de diseño en un proyecto de edificación.

A menudo las empresas encargadas del desarrollo de un proyecto sub-contratan el diseño de las instalaciones necesarias para el edificio que se esté planeando, debido a la complejidad de dichas instalaciones y falta de especialización dentro de la misma empresa y en el medio.

Los conocimientos de diseño son aplicados durante la coordinación de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias para asegurar que los sistemas satisfagan los requerimientos de operación que se hayan planteado para el proyecto, y que cumplan con las normas y estándares relacionados. Estos conocimientos incluyen aspectos de funcionalidad, determinación y priorización de rutas, relación con los otros sistemas dentro del edificio, localización y configuración [14].

El diseño de cualquier sistema requiere de la coordinación e interacción de diferentes disciplinas relacionadas con la ingeniería, para ello es necesario conformar un adecuado equipo de diseño para cada situación. Adicionalmente a los especialistas del área correspondiente al sistema que se pretenda diseñar, generalmente se debe contar con un administrador del proyecto, con el propósito de que éste lleve a cabo la supervisión de todo el proceso de diseño. Se debe contar con especialistas que se encarguen de los aspectos arquitectónicos, aspectos constructivos y aspectos ambientales, este último es particularmente necesario en el diseño de instalaciones relacionadas con el manejo de agua [15].

La coordinación para el diseño de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias es un esfuerzo multidisciplinario para ubicar, estratégica y discretamente dentro del edificio, los equipos y ductos necesarios para el funcionamiento y distribución de las instalaciones. Para ello es necesaria una coordinación eficiente entre los diferentes tipos de instalaciones que se estén diseñando, así como también entre los aspectos arquitectónicos y estructurales del edificio. De lograrse esta coordinación de manera eficiente se puede aspirar a reducir las complicaciones que pudieran presentarse durante la fase de construcción de las instalaciones que se estén diseñando [16].

El resultado de esta coordinación es, idealmente, el arreglo más económico que cumpla con los parámetros críticos del diseño y especificaciones de desempeño, así como permitir una eficiente instalación y operación. A continuación se describe de manera general cómo se lleva a cabo este proceso en la actualidad [17].

El proceso actual para coordinación en instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias está pensado para diseñadores, o para constructores que hacen diseño, para diseñar cada sistema de manera independiente, los cuales preparan diagramas indicando en donde desean que estén colocados los equipos y pasen los ductos para las instalaciones que estén diseñando. La coordinación se hace mediante un proceso secuencial de comparación y superposición que permita involucrar a todos los contratistas especializados para las distintas instalaciones que se estén diseñando, para que aporten opiniones y se realicen las revisiones que sean necesarias hasta obtener el resultado deseado. Esto se hace posterior a que se tengan una serie de planos preliminares.

Sin embargo, existen muchos problemas con el proceso actual que se sigue para la coordinación en el diseño de instalaciones. Este proceso es lento y costoso, a menudo retrasa la conclusión del proyecto ejecutivo e incrementa los costos para todos los involucrados en el proceso, esto porque el proceso de coordinación no

se considera dentro del presupuesto. De igual manera este proceso es muy fragmentado, debido a que tanto el diseño como la coordinación de los diferentes sistemas, se lleva a cabo de acuerdo a como se vayan presentando las necesidades para el proyecto, por lo que el diseño y la integración de los sistemas de las diferentes instalaciones no se hace simultáneamente.

Otro problema que existe es la falta de conocimiento específico de las diferentes disciplinas involucradas, siendo un problema que ocasiona que se deban realizar modificaciones a los diseños originales, o incluso cambiarlos completamente, en casos drásticos, y adicionalmente se dificulta la inclusión de conocimiento constructivo al proceso. Debido a esto no se toma en cuenta la constructabilidad de las instalaciones durante la fase de diseño.

Los costos de las complicaciones que puedan surgir, debido a una mala coordinación entre sistemas a la hora de diseñar, son difíciles de predecir y pueden variar dependiendo del tipo de interferencia que presente y el momento dentro de la programación del proyecto en que suceda, las modificaciones que se deban hacer al diseño, y la manera en la que pueda afectar a las negociaciones con el cliente referentes al proyecto. Mediante la realización de proyectos integrados de sistemas de instalaciones se puede mejorar la calidad al mismo tiempo que se reducen el tiempo y costo de los proyectos [18].

Para que este proceso de coordinación pueda considerarse completo es menester contar con la información completa del proyecto de instalaciones, esto se encuentra dentro de diversos documentos, como lo son: planos, especificaciones, fichas técnicas, manuales de mantenimientos, etc. El manejo de esta información se puede realizar de manera correcta colocando y concentrando dicha información en un modelo gráfico con distintos tipos de vistas multidimensionales, y permitiendo la manipulación de los datos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Aquí es donde se involucra el uso de BIM para permitir la integración diseño-construcción de las instalaciones [19].

METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación consistirá en desarrollar un modelo conceptual apoyado en el uso de tecnología BIM, que coadyuve a la integración del diseño y la construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, desde la fase de diseño hasta la fase de construcción del ciclo de vida del proyecto.

Lo que se pretende lograr mediante el desarrollo de este modelo para la integración del diseño y la construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias es:

- Establecer una serie de estrategias que se deben seguir durante la fase de diseño y hasta la fase construcción del ciclo de vida de un proyecto de construcción que permitan lograr la integración diseño-construcción.
- Identificar los aspectos técnicos, arquitectónicos y de funcionalidad, y necesidades futuras del usuario, que se deben tomar en cuenta para que la construcción de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se haga de manera correcta y tengan un adecuado funcionamiento.
- Identificar los “entregables” de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias necesarios que el diseño de un proyecto de edificación debe proporcionar al constructor para la correcta ejecución de la fase de construcción.
- Definir la información necesaria que debe contener cada “entregable” de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias para que se logre la “contractibilidad” de las mismas.

Para cumplir con estos objetivos se diseñó una metodología de investigación descrita en cuatro etapas:

1. Asimilación de la teoría especializada y normatividad

La primera etapa consistirá en una revisión profunda y detallada de la teoría para diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Durante esta etapa se revisará a detalle todo el material literario que dicte los procesos técnicos correctos para el diseño de las instalaciones mencionadas con anterioridad, así como las técnicas constructivas que se deban utilizar durante la fase de construcción.

Esta información se pretende extraer de diversas fuentes oficiales y validadas, como son: libros, artículos de investigación, tesis, manuales de diseño, normas de diseño, y estándares nacionales e internacionales. Adicionalmente se consultarán las restricciones que se establecen en los reglamentos de construcción, tanto de aplicación local dentro del Estado de Yucatán, como de carácter nacional que apliquen para todo el país.

La revisión profunda y detallada de la literatura se hará con el propósito de definir cuáles deben ser los aspectos técnicos, arquitectónicos y funcionales que se deban tomar en cuenta durante las fases de diseño y construcción de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. De igual manera se pretenden conocer los parámetros a seguir para el diseño de instalaciones, como pueden ser las fórmulas adecuadas para el cálculo de las instalaciones, factores, restricciones y criterios que deben ser utilizados para realizar un diseño que derive en un funcionamiento correcto en las instalaciones, siempre y cuando se sigan los procesos y técnicas adecuadas para que lo planteado en el diseño se cumpla en la fase de construcción. De igual manera se pretende buscar información

relacionada con un estándar de calidad deseable en los materiales utilizados para la construcción de las instalaciones.

Adicionalmente a los aspectos mencionados anteriormente, se pretende conocer cómo deben ser tomadas en cuenta las necesidades del usuario al diseñar el proyecto de instalaciones, y cómo estas necesidades inciden en los criterios de diseño que se deban utilizar para garantizar la constructabilidad del proyecto.

Otro motivo importante para realizar esta revisión exhaustiva de la literatura especializada de diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias es el dominio de la materia, ya que para poder proseguir con este trabajo de investigación es de suma importancia contar con un conocimiento de diseño y construcción de instalaciones lo suficientemente avanzado para que el desarrollo del modelo conceptual se haga de manera correcta.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, la revisión de la literatura no se hará considerándola como sólo una extracción de información, sino que será efectuada de tal manera que al revisar la literatura se esté adquiriendo y asimilando el conocimiento que permita tener la capacidad de diseñar y hacer propuestas de construcción factibles para un proyecto de instalaciones eléctricas, hidráulicas y/o sanitarias.

Ya asimilado el conocimiento necesario que otorgue la capacidad de diseñar correctamente las instalaciones y hacer propuestas de construcción factibles, se sintetizará el proceso adecuado de diseño dentro de lo que será la base para el modelo conceptual, objetivo de este trabajo de investigación, que detalle la forma correcta de realizar este proceso, que a su vez proponga opciones factibles de construcción, tomando en cuenta los aspectos técnicos, arquitectónicos y funcionales, así como las necesidades del usuario, que permitan que las

instalaciones diseñadas y construidas funcionen adecuadamente y satisfagan todas las demandas.

Mediante la información obtenida en esta etapa, de igual manera se pretende comenzar a definir cuáles deben ser los entregables necesarios para la construcción de las instalaciones, la información que deben contener y la forma en que los entregables, valga la redundancia, deben ser entregados.

2. Entrevistas a expertos y observación del medio

La segunda etapa consistirá en el diseño y aplicación de una entrevista a expertos en el tema de diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Mediante esta entrevista se pretende complementar la información extraída y sintetizada en la etapa anterior mediante la observación de cómo se llevan a cabo los procesos de diseño y construcción por los expertos en estas áreas de la ingeniería, y es menester complementar la teoría de diseño y construcción de instalaciones con los conocimientos que los expertos en este tema han adquirido a través de sus años de experiencia poniendo en práctica lo aprendido en los centros de estudio y en la literatura, conocimientos que le darán un panorama más claro a esta investigación.

Los expertos a entrevistar deberán ser profesionales consolidados dentro de las áreas de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, preferentemente con algún grado de especialización posterior a la licenciatura. Se entrevistarán expertos que se dediquen al diseño y/o construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, que laboren en empresas dedicadas a este tipo de actividades, o que se desempeñen de manera independiente como consultores o contratistas. El centro de trabajo, o bien, el lugar en dónde se vaya a llevar a cabo la entrevista de los expertos, deberá estar ubicado dentro de la ciudad de Mérida en el Estado de Yucatán, o en alguna de sus comisarías periféricas.

Mediante la entrevista a los expertos se pretende obtener información complementaria acerca de los aspectos técnicos, arquitectónicos, de funcionalidad y necesidades futuras del usuario que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar y construir instalaciones, para que éstas puedan ser construidas de manera correcta y funcionen de manera adecuada, satisfaciendo las demandas del cliente, así como cuáles deben ser los entregables que debe producir el proceso de diseño de instalaciones para ser facilitados en el proceso de construcción, para que este se lleve a cabo sin problemas de interpretación o cualquier otro problema que pudiera presentarse.

Para que la entrevista se haga de manera correcta es importante diseñar un adecuado instrumento para la recolección de información, esto con el fin de contar con una herramienta que satisfaga las necesidades del investigador y se obtenga la información que se desea de forma clara y ordenada.

La herramienta que se utilizará para la obtención de información será un cuestionario estructurado aplicado mediante entrevistas personales, el cual se basará en preguntas abiertas y cerradas, ya que de esta manera se podrán obtener respuestas concretas y fáciles de analizar [20].

3. Integración de la información y desarrollo del modelo

Posterior a las entrevistas hechas a los expertos en diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, esta información se deberá revisar, clasificar y analizar de acuerdo a los objetivos específicos que fueron planteados para esta investigación, de modo que desde etapa se comiencen a moldear las soluciones para cada uno de ellos.

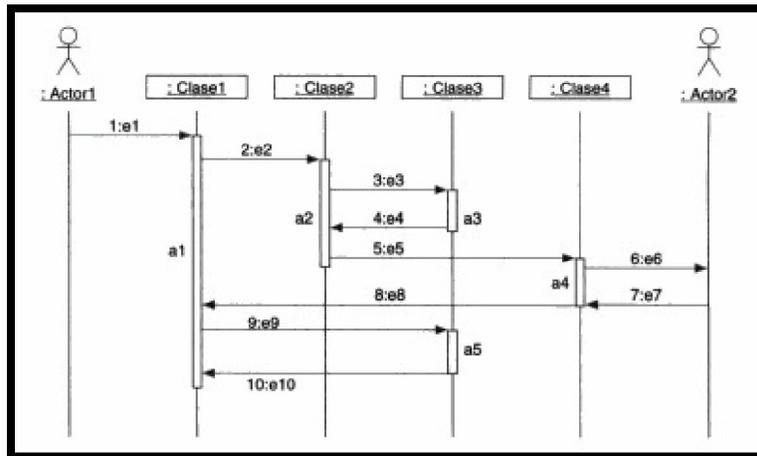
De esta etapa surgirá lo que será la primera versión del modelo conceptual para la integración del diseño y construcción de instalaciones. Como ya se ha

mencionado antes, el modelo conceptual consistirá en una serie de estrategias que permitan lograr que el diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se integren en un solo proceso coordinado donde intervengan durante todas sus etapas las diferentes disciplinas y profesionistas involucrados, las cuales tomarán en cuenta todos los aspectos necesarios para garantizar que las instalaciones funcionen adecuadamente, y que al final de la fase de diseño proporcionen un conjunto de entregables con información clara y precisa sobre cómo se debe llevar a cabo la construcción del diseño propuesto.

Este modelo conceptual será plasmado en un conjunto de diagramas de secuencias. Un diagrama de secuencias es un tipo de diagrama usado para modelar interacción entre objetos y actores en un sistema de Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language, UML), el cual muestra la interacción de un conjunto de objetos y actores en un sistema a través del tiempo y se modela para cada caso de uso. Un caso de uso es una secuencia de interacciones entre un sistema y alguien o algo que usa alguno de sus servicios o procesos. Los personajes o entidades que participarán en un caso de uso se denominan actores [21]. Si bien este tipo de diagramas es usado para modelar el diseño de un sistema informático, se considera que este tipo de diagramas puede ser útil para plasmar de manera sencilla el modelo conceptual.

Mediante este tipo de diagramas se puede representar cada actividad que los actores involucrados en los procesos de diseño y construcción deban realizar y el punto en el tiempo específico en que esa actividad deba ser realizada [22].

Figura 2. Ejemplo de un diagrama de secuencia.



Fuente: (Weitzenfeld, 2005)

4. Uso de BIM para complementar la propuesta para integración del diseño y construcción de instalaciones

Una vez descrito el modelo conceptual en un conjunto de diagramas de secuencias, se procederá a implementar el proceso descrito dentro del mismo, mediante la realización de un modelo BIM desarrollado con el software BIM de Autodesk® Revit® MEP.

El modelo BIM a desarrollar deberá estar basado en un proyecto de instalaciones real, esto con el propósito de identificar la manera de integrar el uso de tecnología BIM para el diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias al modelo conceptual y plasmarlo en el mismo. El proyecto de instalaciones a elegir será el de un edificio para súper mercado no mayor a dos mil metros cuadrados de construcción, ya que este tipo de proyectos, debido a las necesidades del edificio, tienen la suficiente complejidad para que se tomen en cuenta la mayoría de las situaciones que se pudieran presentar al manejar instalaciones de este tipo, y a su vez, dicha complejidad sería manejable durante el tiempo disponible para realizar esta etapa del trabajo de investigación descrito en este documento.

El desarrollo de este modelo BIM consistirá en implementar las estrategias de diseño descritas en el modelo conceptual y utilizar las herramientas con las que cuenta el software para realizar propuestas factibles de construcción, las cuales queden plasmadas en los entregables que produzca el diseño. Al término de esta etapa se deberá complementar el modelo conceptual con la información referente al uso de sistemas BIM para la integración del diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias y coordinación de los actores involucrados en el proyecto.

CONCLUSIONES:

En base a la revisión literaria hecha para la realización de este trabajo de investigación, es posible concluir que se ha hecho poca o nula investigación respecto a la integración del diseño y la construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. La mayor parte de los trabajos de investigación existentes que abordan el tema de la integración del diseño y la construcción, tratan el tema desde el punto de vista arquitectónico y estructural. Sin embargo resulta evidente que dichos trabajos de investigación se enfocan en gran medida a la implementación de software BIM para lograr la integración del diseño y la construcción y a la automatización de procesos, sin considerar la forma en la que los procesos de diseño y construcción deben coordinarse, entre personas y sus tareas asignadas, para lograr la integración. El objetivo final de este trabajo de investigación será una propuesta concreta para la coordinación correcta entre personas y procesos relacionados con el diseño y construcción de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, implementando software BIM como una herramienta de agilización de procesos.

REFERENCIAS:

- ❖ Autodesk, 2007. BIM's Return on Investment.
- ❖ Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership & Management in Engineering*, Issue Julio 2011, pp. 241-252.
- ❖ Bosela, T. R., 2003. *Electrical systems design*. 1 ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- ❖ Corona Suárez, G. A. y otros, 2012. Marco de Referencia para la Integración Práctica del Diseño y la Construcción mediante la Tecnología BIM. Red Académica de Integración del Diseño y Construcción.
- ❖ Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- ❖ Gaidytė, R. & Stanionis, A., 2011. 2D and 3D Buildings Modeling by Geodetic Measurements Data. *Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development*, pp. 407-412.
- ❖ Halfawy, M. & Froese, T., 2005. Building Integrated Architecture/Engineering/Construction Systems Using Smart Objects: Methodology and Implementation. *JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING*, Issue Abril 2005, pp. 172-181.
- ❖ Hartmann, T. & Fischer, M., 2007. Supporting the constructability review with 3D/4D models. *BUILDING RESEARCH & INFORMATION*, pp. 70-80.
- ❖ Hijazi, W., Alkass, S. & Zayed, T., 2009. Constructability Assessment Using BIM/4D CAD Simulation Model. *AACE International Transactions*, pp. 1-14.
- ❖ Hjelseth, E., 2010. Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model. *ARCHITECTURAL ENGINEERING AND DESIGN MANAGEMENT*, Volumen 6, pp. 279-287.

- ❖ Korman, T. M. & Tatum, C. B., 2006. Prototype Tool for Mechanical, Electrical, and Plumbing Coordination. JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, Issue Enero-Febrero 2006, pp. 38-48.
- ❖ Love, P. E. & Edwards, D. J., 2011. Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling. Research in Engineering Design, Volumen Marzo 2011, pp. 173-187.
- ❖ Martínez H., B. Á., 2010. ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES POR MEDIO DEL CONTROL DE INFORMACIÓN POR MEDIOS GRÁFICOS. COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010. Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA, e invitados., pp. 137-143.
- ❖ Naoum, S., 2007. Dissertation Research and Writing for Construction Students. 2 ed. United Kingdom: Butterworth-Heinemann.
- ❖ Owen, R. y otros, 2010. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. ARCHITECTURAL ENGINEERING AND DESIGN MANAGEMENT, Volumen 6, pp. 232-240.
- ❖ Riley, D. R., Varadan, P., James, J. & Thomas, R., 2005. Benefit-Cost Metrics for Design Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing Systems in Multistory Buildings. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, Issue Agosto 2005, pp. 877-889.
- ❖ Rosenberg, D. & Stephens, M., 2007. Use Case Driven Object Modeling with UML: Theory and Practice. 1 ed. New York: Apress.
- ❖ Saghatforoush, E., Hasim, S., Jaafar, S. & Kadir, A., 2009. Constructability Implementation Among Malaysian Building Contractors. European Journal of Scientific Research, 29(4), pp. 518-532.
- ❖ Salazar, G. F., 2010. THE ROLE OF BUILDING INFORMATION MODELING IN A PROJECT-BASED COURSE FOR INTEGRATION OF DESIGN AND CONSTRUCTION AT WPI. COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010. Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA, e invitados., pp. 115-120.

- ❖ Tatum, C. B. & Korman, T., 2000. COORDINATING BUILDING SYSTEMS: PROCESS AND KNOWLEDGE. JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING, Issue Diciembre 2000, pp. 116-121.
- ❖ Trigunarsyah, B., 2004. Constructability Practices among Construction Contractors in Indonesia. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, Issue Septiembre-Octubre 2004, pp. 656-669.
- ❖ Weitzenfeld, A., 2005. Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet. 1 ed. México: Thomson.

ACERCA DE LOS AUTORES

El Ing. Carlos Adrián Maldonado Echeverría estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, en México. Se desempeñó por dos años en el ámbito profesional en las áreas de edificación y de vías terrestres, en las áreas de costos y control de obra. Actualmente cursa el posgrado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, buscando obtener el grado de Maestro en Ingeniería opción Construcción, mediante la redacción de una tesis de la cual forma parte el presente artículo de investigación.

El Ing. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé es Ingeniero Civil (UADY, 1996) y Maestro en Ingeniería -Construcción (UADY, 2001); empresario consultor (2005 - 2010) donde desarrolló software para el control de proyectos de 100 empresas constructoras en la Península de Yucatán. Profesor en la Maestría en Ingeniería – Construcción y de la Licenciatura en Ingeniería Civil; dirección de tesis de maestría y participación en al menos 3 proyectos de investigación, desarrollando con los estudiantes diversos planteamientos de mejoras tecnológicas para la industria de la construcción; autor o coautor de 15 artículos científicos, productos académicos y software para la construcción. Ha presentado al menos 12 ponencias.

