

DOI: <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i4>

Análisis del sistema BIM en construcción de viviendas respecto al método tradicional en Manabí-Ecuador

Analysis of the BIM system in housing construction compared to the traditional method in Manabí-Ecuador

Análise do sistema BIM na construção de moradias em comparação com o método tradicional em Manabí-Ecuador

Alex Geovany Junqui-Cedeño^I
alexjunqui@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9994-579X>

Horacio Antonio Cedeño-Muñoz^{II}
horacioantonio_3@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6799-5979>

María Belén Santana-Briones^{III}
santana-maria@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8807-7835>

Andrea Yulexy Villamar-Cedeño^{IV}
villamar-andrea@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3279-117X>

Correspondencia: alexjunqui@gmail.com

* **Recepción:** 22/10/2022 * **Aceptación:** 12/11/2022 * **Publicación:** 10/12/2022

1. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
2. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
3. Investigadora de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Ecuador.
4. Investigadora de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Ecuador.



Resumen

Esta investigación tiene como propósito realizar un análisis comparativo entre dos métodos de diseño, un primer análisis con el método tradicional, el cual utiliza herramientas CAD, diseño y cálculos manuales junto a Microsoft Excel y un segundo análisis con la metodología BIM el cual integra la utilización de varias herramientas integrales tales como Revit, Microsoft Project. Empleados en una vivienda unifamiliar. Evidenciando que, en tiempos de comparación y resultados, la metodología BIM demuestra un coronamiento exitoso en más de un ámbito en todas las etapas tanto de diseño, calculo y ejecución programada. El trabajo se plantea que en el Ecuador poco se conoce sobre la metodología BIM y de forma general en la actualidad lo que las cámaras de construcción solicitan al momento de presentar un proyecto constructivo a ejecutar son los planos digitales CAD. Por último, el trabajo tiene como objetivo general Analizar el cálculo y diseño de una vivienda unifamiliar ubicada en Manta, por el Método Tradicional y el Método BIM Para determinar cuál es el más efectivo.

Palabras claves: Análisis comparativo; CAD; BIM; Método Tradicional; Revit.

Abstract

The purpose of this research is to carry out a comparative analysis between two design methods, a first analysis with the traditional method, which uses CAD tools, design and manual calculations together with Microsoft Excel and a second analysis with the BIM methodology which integrates the use of several integral tools such as Revit, Microsoft Project. Employees in a single-family home. Evidencing that, in comparison times and results, the BIM methodology demonstrates a successful crowning in more than one area in all stages of both design, calculation and scheduled execution. The work considers that in Ecuador little is known about the BIM methodology and in general at present what the construction chambers request when presenting a construction project to be executed are the digital CAD plans. Finally, the work has the general objective of analyzing the calculation and design of a single-family home located in Manta, by the Traditional Method and the BIM Method to determine which is the most effective.

Keywords: Comparative analysis; EXP; BIM; Traditional Method; Revit.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise comparativa entre dois métodos de projeto, uma primeira análise com o método tradicional, que utiliza ferramentas CAD, projeto e cálculos manuais em conjunto com o Microsoft Excel e uma segunda análise com a metodologia BIM que integra o uso de várias ferramentas integrais como Revit, Microsoft Project. Empregados em casa unifamiliar. Evidenciando que, na comparação de tempos e resultados, a metodologia BIM demonstra um coroamento bem sucedido em mais de uma área em todas as etapas tanto de projeto, cálculo e execução programada. O trabalho considera que no Equador pouco se conhece sobre a metodologia BIM e, em geral, atualmente o que as câmaras de construção solicitam ao apresentar um projeto de construção a ser executado são os planos de CAD digital. Finalmente, o trabalho tem como objetivo geral analisar o cálculo e projeto de uma casa unifamiliar localizada em Manta, pelo Método Tradicional e pelo Método BIM para determinar qual é o mais eficaz.

Palavras-chave: Análise comparativa; EXP; BIM; Método Tradicional; Rev.

Introducción

En el mundo de la construcción lo habitualmente conocido y utilizado es la metodología tradicional la cual conlleva la utilización de varios documentos físicos y digitales que entre ellos se encuentra toda la información y especificaciones técnicas utilizadas para el desarrollo del proyecto a ejecutar, esperando cumplir con las mismas de forma íntegra. Contrario a ello, la realidad es que a menudo existen errores de tipeo, cálculos, información incompleta; debido al manejo erróneo y poca o mala comunicación entre el equipo de trabajo. Trayendo consigo un sin número de consecuencias; por mencionar, mal ejecución de la construcción, longevidad del proyecto y mal manejo del presupuesto.

Gracias al avance de la tecnología, hemos sido capaces de obtener resultados óptimos y soluciones integrales de forma rápida. Dando paso a la metodología BIM (Building Modeling Information), la cual permite visualizar de una forma más fácil y sencilla los documentos digitales del proyecto para así operar en las distintas fases de este, permitiendo que dentro del diseño y planificación se pueda minimizar y evitar las deficiencias constructivas.

Adentrando a la historia, el Cad nace de la necesidad de que el mundo constructivo avanzase junto a la tecnología de la época, en la cual se deja de usar el papel para emplear el uso de las



computadoras, donde se podría realizar modificaciones y alteraciones de forma rápida. Al pasar los años la necesidad de seguirse actualizando ha sido innegable debido a que coexistimos en un mundo globalizado que está expuesto constantemente al cambio y la evolución. Es ahí donde entra la tecnología BIM, la misma que permite ya no solo realizar cambios y agilizar el proceso, sino que también hace que el mismo sea un trabajo simultaneo y concordante, integrando de forma fácil más de dos especialidades diferentes que forman parte de un proyecto constructivo.

Al recorrer la información virtual se pudo conocer que, en varios países a nivel mundial, tales como, Australia, Canadá, España, Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Portugal, Chile, entre otros; la metodología BIM es de uso obligatorio para cada uno de los proyectos a diseñarse y ejecutarse sin restricción alguna a diferencia del Ecuador, donde aún nos vemos situados en el uso de la metodología tradicional utilizando CAD.

Este proyecto investigativo está constituido por 3 capítulos generales; en el primer capítulo, se presenta el problema junto a la justificación de estudio, dando paso a un marco teórico acerca de la tecnología BIM y su evolución junto a la aplicación de esta, en comparación de la metodología tradicional que abarca los programas CAD, EXCEL, como entre otros. En el segundo capítulo se plantea la metodología para desarrollar esta investigación la cual se implementó al proyecto de una vivienda multifamiliar ubicada en Manabí-Ecuador, utilizando los programas digitales REVIT y MICROSOFT PORYECT que son parte de la tecnología BIM. En el tercer capítulo se muestran los resultados y conclusiones comparativas, las cuales permiten proponer la implementación del sistema BIM como un recurso óptimo de ejecutar para los proyectos a futuro dentro de la nación.

La industria de la construcción, arquitectura e ingeniería es de las en que poco se ha avanzado desde la utilización de papel y lápiz como herramientas de dibujo y cálculo en la cual a partir de los años 90 continuó hasta poder digitalizar estos dibujos a una segunda dimensión (2D) con la revolución de los programas CAD. Por ende, todo el proceso constructivo toma un proceso largo y muchas veces llenos de falencias por la falta de coordinación y comunicación entre todos los agentes involucrados en el proceso. Nos encontramos en un mundo digitalizado el cual permite obtener beneficios en los ámbitos; económico, social y medioambiental. Así mismo el sector de construcción ha empezado a ser parte de esta digitalización global, con la implementación del

sistema BIM, el cual emplea la utilización de modelos 3D que contengan la información suficiente y necesaria de todo el proceso constructivo incorporando hasta 7 dimensiones digitales que se sitúan hasta el final del proyecto conceptualizándolo como un ser, pudiendo así identificar y definir todos los elementos que intervienen para luego poder tomar decisiones sobre los mismos antes de que se materialice la obra y por ende evitar fallos, gastos y sobre todo ahorrar tiempo que a diferencia del sistema tradicional manejado con modelos 2D podrían ocasionar; y que en la actualidad es un sistema empleado en muchos países y obligatorios a nivel gubernamental. Pero ¿Qué ha ocurrido con las construcciones en el país? ¿Por qué nos mantenemos con la utilización de los programas CAD?

En base al problema mencionado anteriormente, en el Ecuador poco se conoce acerca de la metodología BIM y de forma general en la actualidad lo que las cámaras de construcción solicitan al momento de presentar un proyecto constructivo a ejecutar son los planos digitales CAD, cálculos estructurales ETABS-SAB2000 y presupuesto en formato xlsx (Excel), pese a la alta demanda de aplicaciones y softwares que existen. En el sector constructivo del Ecuador aún no se conoce a totalidad el uso de la metodología BIM por falta de difusión de información de la misma, trayendo como consecuencia la resistencia al cambio ya que la mentalidad y desconocimiento que se tiene de la metodología conlleva a la incredulidad y confusión, creyendo que es un sistema único y complejo a emplear, cuando la realidad es totalmente adversa, por ello, es importante demostrar lo que estas herramientas digitales permiten gestionar e implementar en los proyectos de una forma coordinada, coherente y ágil al momento de planificar y diseñar una obra. Considerando esto, se decidió comparar el diseño y planificación de un proyecto mediante la tecnología tradicional aplicando la tecnología BIM, para así demostrar las ventajas que se obtienen con esta implementación.

Para ello, se desarrolló como objetivo general Analizar el cálculo y diseño de una vivienda unifamiliar ubicada en Manta, por el Método Tradicional y el Método BIM Para así determinar cuál es el más efectivo.

Lo que permite entonces plantear la hipótesis que la implementación del sistema BIM en la planificación y diseño constructivo mejora el rendimiento, facilita el trabajo de constructibilidad y mejora la producción.



Materiales y métodos

Para lograr que esta investigación sea comprendida en detalle, es importante conceptualizar y aclarar elementos claves dentro del contenido del trabajo. Para ello, a continuación se desarrollarán tanto materiales y métodos a implementar en estas propuestas.

Entre las más básicas e importantes están la planificación y programación de obras de construcción, que consiste en ordenar la realización de todas las actividades que son parte del proceso de construcción. La Planificación puede dictar pautas o poner restricciones a la organización del Proyecto. Esta sección pretende entregar aspectos generales sobre los sistemas de planificación y control de proyectos de construcción.

A propósito, los objetivos principales de la planificación y programación son racionalizar actividades del proceso constructivo, evitando conflictos en el proceso y disminuyendo los riesgos. Permite racionalizar el empleo de los recursos y permite establecer un control de los recursos si la planificación y programación tiene asociada a su estructura una metodología de control de procesos. (Constructor Civil, 2013)

La planificación y programación tiene mucha importancia, pues un proyecto de construcción involucra el uso de diferentes materiales, según el tipo de recursos humanos, con variación de especialidades y de equipo principalmente. Por ello, es necesario contar con un plan de la obra para establecer una buena comunicación con los diversos recursos humanos, debido a que cada quien tiene diversas perspectivas y formas de pensar en relación al mismo proyecto. También las formas de hacer las cosas y se necesita contar con herramientas que logren transmitir efectivamente lo que se pretende hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo y sobre todo la necesidad de terminarlo, dentro de un tiempo establecido, en la documentación correspondiente. Es decir, cada quien planea a su estilo y según la magnitud del proyecto.

Al respecto, en ciertos proyectos de construcción se requieren materiales poco comerciales, los cuales deben ser pedidos con anticipación e incluso puede ser que algunos necesiten someterse a pruebas de calidad antes de ser utilizados. Esto se aplica para materiales, piezas estructurales, piezas de concreto, vigas de acero, tuberías, cables, especificaciones para la instalación de algún equipo especial, entre otras. Estas deben ser pedidas con anticipación y someterse a ciertas pruebas, para considerar según sus requerimientos al momento de la ejecución.

Muchas veces tanto los materiales como las piezas estructurales deben ser transportados desde el banco de extracción o lugar de fabricación, según sea el caso. Se debe contemplar, por lo tanto, el tiempo de traslado y las posibles demoras. Si no se cuenta con una adecuada planeación de la obra, puede haber retrasos en la llegada del material, de las piezas prefabricadas, teniendo material almacenado por mucho tiempo de forma innecesaria. Esto último implica un aumento en los costos, debido a que si el material no está bien almacenado o está a la intemperie pierde sus propiedades físicas. En el caso de los materiales de agregados finos puede haber pérdidas que ocasionan gastos de recursos no necesarios, afectando el flujo de efectivo del proyecto, de igual forma sucede en la mano de obra calificada.

Ahora bien, conforme pasa el tiempo, los costos de mano de obra, y los precios de los materiales y equipo se elevan. En la mayoría de las veces, la ganancia en una obra consiste en el máximo aprovechamiento de los recursos con la finalidad de minimizar costos. Con una buena planeación de la obra se logra determinar, en primera instancia, el equipo más adecuado en cuanto a operación y costo. (Rivera, 2015)

Por lo planteado, se debe exponer los equipos más seguros y utilizados dentro del área y sin dudo uno de ellos es el Computer-Aided Desing (CAD), que mejora la fabricación, desarrollo y diseño de los productos con la ayuda de la computadora. Con este proceso se pretende fabricarlos con mayor precisión, a un menor precio y mucho más rápido que con si se hiciera solamente por el hombre.

El diseño asistido por computadora nos muestra el proceso completo de fabricación de un determinado producto con todas y cada una de sus características como tamaño, contorno, etc. Todo esto se graba en la computadora en dibujos bidimensionales o tridimensionales. Estos dibujos o diseños se guardan en la computadora. Así si creador puede con posterioridad mejorarlos, o compartirlos con otros para perfeccionar su diseño. La fabricación de productos por medio del diseño asistido por computadora tiene muchas ventajas respecto a la fabricación con operarios humanos. Entre estas están la reducción de coste de mano de obra, o la eliminación de errores humanos.

También en la computadora se simula en funcionamiento de un determinado producto, se comprueba por ejemplo en un engranaje cual son sus puntos de fricción críticos y poder corregirlos. Con el diseño asistido por computadora se puede fabricar productos complejos que



serían prácticamente imposibles de realizar por el ser humano. Se estima que en un futuro se eliminar por completo la fabricación de costosos simuladores, ya que todo será comprobado por el diseño asistido por computadora. (Revista Informatica , 2015)

Existen dos tipos de sistema CAD, el analítico y el paramétrico. El analítico es el que usa procedimientos analíticos para definir sus límites o acciones. Los programas del tipo CAD analíticos, surgieron después de los primeros métodos gráficos por la necesidad de cuantificar y permitir evaluar los resultados de las variables que involucra el diseño estructural. En los CAD analíticos el dibujo o trazado permanece en la memoria de la computadora como una serie de relaciones de puntos-coordenadas, sentido y dirección en programas vectoriales o como un grupo de pixeles, en programas de renderizado y tratamiento de imágenes.

El otro CAD es el que usa parámetros para definir sus límites o acciones. Un programa paramétrico de CAD difiere básicamente de cualquier otro tradicional, en un aspecto clave. En un programa paramétrico la información visual es parte de la información disponible en el banco de datos, o sea, una representación de la información como un objeto, en la memoria de la computadora. Cada elemento del dibujo (paredes, puertas, ventanas, etc.) es tratado como un "objeto", que no es definido únicamente por sus coordenadas espaciales (x, y, z), sino que también por sus parámetros, sean estos gráficos o funcionales.

Esta tecnología es muy usada dentro de la ingeniería, pues existe una gran variedad de sectores en los que se utiliza CAD de manera muy regular, sobre todo en ingenierías, civil o aeronáutica, pero también lo usan arquitectos o la industria de la automoción, entre otros.

El CAD permite la agilización del trabajo, automatizando los procesos manuales del proceso de diseño de producto, reduciendo errores, ganando velocidad y aumentando la calidad. Con esto las empresas consiguen así una mayor eficacia y productividad, puesto que permite visualizar de manera previa el producto final y además jugar de una forma interactiva con diferentes diseños, sin necesidad de crear un número elevado de prototipos.

Existen 2 tipos de software CAD, el 2D y el 3D. El primero de ellos, CAD 2D trabaja con dibujos técnicos bidimensionales simples que suelen ser la base para otros proyectos mayores, en cambio el 3D permite crear dibujos tridimensionales con mayor precisión y detalle y que además

muestran el espacio de trabajo y la profundidad, por lo que ofrece una visión más real de los objetos. (Integral Innovations experts, 2019)

Por otro lado existen otras tecnologías como el Building Information Modeling (BIM), que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes y supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación. (Building Smart Spain, 2018)

Sin embargo, es importante aclarar que BIM no es un software, aunque obviamente el software forma parte del BIM. BIM es un método de trabajo que se define en el contexto de la cultura colaborativa y de la práctica integrada, y supone una profunda transformación que afecta a todos los procesos de diseño, constructivos y de gestión de activos que hemos conocido hasta ahora.

Este nuevo método de trabajo, integra a todos los agentes que intervienen en el proceso de edificación, arquitectos, ingenieros, constructores, promotores, facilities managers, etc., y establece un flujo de comunicación trasversal entre ellos, generando un modelo virtual que contiene toda la información relacionada con el edificio durante todo su ciclo de vida, desde su concepción inicial, durante su construcción y toda su vida útil, hasta su demolición.

La información concentrada y registrada en este modelo virtual es muy diversa y cada vez más completa. Va desde los agentes intervinientes en el proceso, el propio modelo del edificio, aspectos técnicos, estructurales, de instalaciones, de eficiencia energética, económicos, de materiales, comerciales, fases de ejecución, mantenimiento, administración, etc.

Cada agente que interviene en el proceso de edificación, es parte del método de trabajo BIM, cada uno de ellos tiene unas competencias propias y acceso a la parte de información que le es relevante. Por eso es fundamental que todos ellos conozcan el método BIM y cómo funcionan sus herramientas. (KAIZEN , 2018)



Por otro lado, está el Level of Development (LOD) del inglés “Level Of Development”, el cual es un indicador que nos dice el nivel de desarrollo que en cada caso tiene o se ha de ejecutar en el modelo BIM de cualquier edificación o infraestructura.

A través del LOD sabrás el nivel de datos, parámetros y geometría de los que está dotado un modelo BIM. Esto, de forma directa, puede hacerse evidente en el aspecto visual del modelo resultante en 3D, pero no todos los parámetros son visibles observando el modelo virtual, pudiendo ser necesario interactuar con el mismo para conocer la profundidad del nivel de desarrollo (ej. datos sobre el proveedor de un elemento o instrucciones de instalación). (BIMnD, 2020)

De igual manera es importante conocer los software con sistema BIM, como los son: REVIT (Autodesk): Es el sucesor del AutoCAD en BIM y actualmente podemos afirmar que es el más utilizado en el sector, ya que permite una conectividad total con todos los productos de Autodesk como pueden ser Dynamo, BIM 360° o las diferentes versiones de AutoCAD; ArchiCAD (Graphisoft): Pertenece a la empresa Graphisoft y aunque originalmente se había desarrollado solo en el sistema operativo de Mac ya está disponible su versión de Windows. La principal diferencia que tiene con Revit podemos decir en que es un poco más intuitivo y flexible; Allplan (Nemetscheck): Es el software BIM más utilizado en Alemania, y como dice su eslogan “un sistema CAD orientado a BIM”. Una herramienta para aquellos que quieren pasar del 2D al 3D de manera gradual, donde destaca sobre todo el CineRender que lleva incorporado permitiendo la creación de imágenes de alta calidad y su herramienta de maquetación de la información que nos ayudará en las presentaciones finales; Aecosim Buildin Designer (Bentley System): Poco a poco es utilizado por más arquitectos, pero realmente su campo de aplicación son las infraestructuras. Igual que Revit es sucesor de AutoCAD para BIM, podemos decir que Aecosim Building es el sucesor de MicroStation.; Vector Works: Es un programa enfocado más hacia el ámbito de la construcción que del diseño arquitectónico. Uno de sus principales virtudes es la posibilidad de la edición de la imagen dentro del propio Vectorworks sin necesidad de tener que exportar a otros programas como pueden ser Photoshop® o Illustrator®. (Consuegra, 2019)

El BIM tienen muchas Ventajas frente al método de trabajo tradicional como se evidencia a continuación: Las plataformas BIM actualizan automáticamente la información que es editada en

cualquier parte del modelo; Al trabajar todos los agentes sobre un único modelo, no hay posibilidad de pérdidas de información debidas a la descoordinación entre versiones que manejan los distintos profesionales; Al establecer este método de trabajo en paralelo, todos los agentes pueden plantear desde el principio las opciones que consideren más convenientes para el proyecto, implicando directamente a toda la organización; El BIM permite disponer en todo momento de cualquier información que se requiera, tanto de diseño como técnica, de costes, plazos de ejecución, mantenimiento, etc; Las tareas de facility management se vuelven mucho más eficientes, al tener toda la información real del activo bajo demanda.

Estas ventajas tienen como resultado una optimización de todo el proceso de edificación y gestión de activos durante todo el ciclo de vida, que se vuelven infinitamente más eficientes y cuyos costes y plazos de ejecución se reducen considerablemente. (KAIZEN , 2018)

Otra tecnología investigada es el Autodesk Revit que es un software de diseño inteligente de modelado BIM para arquitectura e ingeniería, que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo. Lo más característico de este software es que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (familias paramétricas) y obtenidos en 3D sobre la marcha a medida que vamos desarrollando el proyecto desde la planta baja hacia las plantas superiores. Revit se basa en BIM: metodología de trabajo colaborativa y usando el modelado paramétrico de objetos y elementos constructivos del edificio.

Revit es conocido por su uso y su utilidad con respecto al modelado de información de construcción. Es decir, que Revit es un programa que se utiliza para el modelado BIM. Con esta tecnología se puede abordar y tratar todo lo relacionado con el proyecto de un edificio o una construcción, desde su diseño hasta su levantamiento y puesta en marcha, pues el programa nos permite simular y trabajar en la construcción con una exactitud y unas características y funciones muy amplias y útiles que ayudan mucho en el día a día de los arquitectos y los profesionales de este sector. (ESDIMA, 2019)

Ahora bien, en el marco teórico destaca la metodología BIM sobre la metodología tradicional por ser mucho más práctica, ahorrando tiempo y dinero lo cual es funcional al momento de planificar, diseñar y ejecutar una obra constructiva. Recordando que la metodología tradicional a pesar de ir de la mano de software no tiene las ventajas ya mencionadas.

Entre los parámetros a desarrollar se establecieron los siguientes:



- El diseño de la edificación es una serie de sistemas constructivos destinados a una residencia unifamiliar de urbanización.
- La vivienda unifamiliar consta de dos niveles, con su respectivo patio.
- El diseño consta de acabados internos y externos de la vivienda.
- Los materiales constructivos por utilizar serán establecidos para los dos sistemas, para realizar el análisis comparativo.
- El diseño eléctrico y diseño sanitario se representará en ambas metodologías de análisis.
- Los valores por considerar para el presupuesto serán tomados de la revista DOMUS y la Cámara de Construcción de Manta.
- El cronograma será desarrollado en Excel por representación de la metodología tradicional y en Microsoft Project por metodología BIM.

Como Estrategia, se debe tomar en cuenta que en Ecuador, el sistema tradicional es el utilizado en el medio tanto en el diseño y construcción, pero en algunos casos existe la pérdida de información e inconsistencias en presupuestos, errores de tipeo y cálculo al momento de obtener cantidades para la obra y prolongación de plazos en diseño y construcción. Por lo que el sistema BIM, a través de una plataforma virtual donde los implicados del proyecto pueden compartir datos e información en tiempo real, facilitando así la construcción virtual de una edificación; en el momento que exista alguna inconsistencia, errores de cálculo o fallos en el diseño los cambios se realizaran de forma rápida y eficaz, manteniendo informados a los demás implicados de los cambios a realizar. A demás de que la metodología BIM brinda información sobre el impacto que causa cada material de la construcción, para así crear edificaciones que sean sostenibles y eficientes, que en la actualidad se busca para erradicar los problemas ambientales.

En lo que respecta a la definición del caso de estudio, se establece el caso de estudio a una vivienda unifamiliar denominada RESIDENCIA ZAFIRO, el proyecto está ubicado en la Urbanización “Ciudad del Mar” Lote #07-09, en la Ciudad de Manta, Provincia de Manabí. Se escogió un terreno con dimensión de 427m² y consta de dos niveles, en planta baja (sala, comedor y cocina), y en planta alta (dormitorios).

Por otro lado, en el Análisis y Calculo Estructural, reúne los criterios y métodos de cálculo registrados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC 2015, los mismos que

determinaron para la obtención de diferentes tipos de cargas y los efectos en la estructura, definiendo así las dimensiones de los elementos estructurales que conforman la estructura. Este cálculo se realizó en el software ETABS V16.

De igual manera, se estudió un modelo estructural tridimensional en el cual se encuentran los elementos estructurales principales de acero estructural y hormigón armado. En el modelo se aplicó la acción dinámica de un sismo en función del espectro de respuesta para suelo tipo D de acuerdo a la tipología de suelo considerada para el lugar. Con este programa se demostrará el diseño de cada uno de los elementos estructurales considerando la combinación de carga crítica.

Al respecto, por un lado las cargas permanentes están constituidas por los pesos de los elementos estructurales, y son: paredes, recubrimientos, muros, instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas y todo artefacto que vaya integrado a la estructura de forma permanente. Se aclara que el programa calcula de forma automática el peso de los elementos estructurales y el resto de los valores son ingresados de forma manual.

2.5.2 Y por el otro la Carga Viva, que es toda la carga de uso, en otras palabras, toda la carga no permanente dentro de la edificación y depende de la ocupación que se le dé a la misma. Según normativa NEC 2015 las sobrecargas para uso residencial unifamiliar se considera carga uniforme de 0.20 Tn/m^2 y para cubierta de 0.07 Tn/m^2 .

De igual forma en este análisis se utiliza lo establecido en la NEC-15, el cual indica requisitos mínimos de cálculo y procedimientos de diseño sismorresistente, para cortante basal, cálculo de fuerzas horizontales, control de derivas de piso y otros efectos que pueden ser tomados en cuenta en un análisis y diseño estructural. De acuerdo con la NEC, el país está categorizado en 6 zonas sísmicas, considerando a la ciudad de Manta ubicada en la zona VI a la que corresponde un valor de $Z=0.5$ constituyendo a una zona de más alto riesgo sísmico.

Así mismo se dividen los tipos de suelos según ciertas propiedades donde se relaciona el tipo de suelo con la velocidad de las ondas sísmicas en una prueba sísmica de refracción. Para el caso de estudio el perfil del suelo está dentro del tipo de suelo D según NEC-15. Considerándose los factores de amplificación de la onda sísmica $F_a=1.12$, $F_d=1.11$ y $F_s=1.40$

Ahora bien, al realizar el chequeo de periodos de vibración se recomienda analizar los dos primeros modos de vibración, ya que en estos dos modos se verificará que más de la del 70% masa participa en correspondiente dirección predominante con una rotación menor e igual del 12%, es decir se verifica que la estructura tenga un movimiento traslacional y por ningún motivo



torsión, de esta manera se evita la llamada torsión en planta que puede llevar al colapso del edificio durante un sismo.

Al aplicar dichos chequeos se obtiene que en el primer modo de vibración el 76.46% de la masa de la estructura se mueve en dirección X, mientras que en Y el 8.55% con una rotación en Z del 4.56%, por lo cual la estructura va a tener un modo trasnacional en Y. En el segundo modo de vibración el 76.07% de la masa de la estructura se mueve en dirección Y, mientras que en X el 11% con una rotación en Z del 2.86%, por lo cual la estructura va a tener un modo trasnacional en X. En los demás modos de vibrar se permite la torsión por que las masas que participan en las mismas son bajas.

Con respecto a las propiedades mecánicas de los materiales, para el diseño de los diferentes elementos estructurales en acero y hormigón armado se consideraron las siguientes resistencias según NEC 2015:

Cimentación (zapatas corridas) hormigón armado $f'c$: 240 Kg/cm².

Columnas de Acero rellenas de hormigón armado $f'c$: 210 Kg/cm².

Módulo de Elasticidad del Hormigón E_c : $15000\sqrt{f'c}$ según NEC.

Acero de refuerzo F_y : 4200 Kg/cm².

Módulo de Elasticidad del Acero E_s : 2100000 Kg/cm².

Acero Estructural de columnas A36 Gr 36 F_y : 2530 Kg/cm².

Acero Estructural A572 Gr 50 F_y : 3500 Kg/cm².

Pernos de anclaje ASTM F1554 Gr 105 o similares.

Luego de este punto, se desarrolla punto a punto el diseño en el sistema tradicional y el sistema BIM, considerando los puntos tales como; la elaboración de planos, cálculos de cantidades, presupuestos y cronogramas.

El plano arquitectónico se procede a realizar el dibujo con ayuda del software AutoCAD, tanto detalle constructivo, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y acabados básicos; utilizando comandos básicos para la representación de la planta en 2D.

Una vez limitado y determinados los espacios dentro del proyecto se procede a dibujar todas estas especificaciones para la idea visual del proyecto en 2D dentro del software AutoCAD, junto a la fachada del proyecto para después continuar con su detallamiento cálculo y presupuesto. Es de

resaltar que los detalles técnicos no son abordados en esta investigación, más si se quiere resaltar lo referente a los resultados de esta investigación.

Análisis y discusión de resultados

Resultados y comparación de tiempo en diseño

De acuerdo a los diseños, se calculó el tiempo utilizado para la realización de cada diseño, dividiéndolo en cuatro etapas: diseño de vivienda, cálculo de cantidades, presupuesto y cronograma.

En el diseño de la vivienda por la metodología tradicional utilizando AutoCAD los dibujos en 2D y 3D se realizaron en ocho días, obteniendo los planos arquitectónicos y estructurales se calculó las cantidades de los rubros en Excel en un tiempo de ocho días. El presupuesto realizado en Excel los valores fueron referenciados de la Cámara de la Construcción se realizó en cinco días y el cronograma de actividades en Excel se realizó en tres días.

En BIM el diseño de la vivienda utilizando REVIT 2018 se realizó en cuatro días, en REVIT disponiendo de las propiedades paramétricas en cada una de las familias o bloques establecidas en el diseño se obtienen las cantidades de los rubros en dos días, para el presupuesto en REVIT 2018 se utilizaron los valores de la revista DOMUS y se realizó en tres días y el cronograma de actividades se realizó en Microsoft Project en dos días.

Resultados y comparación de cálculo de presupuesto entre la metodología tradicional y la metodología BIM

Respecto al presupuesto, en cantidades y rubros a utilizar en la construcción de la vivienda unifamiliar se generaron tablas y graficas comparativas, en el presupuesto de la metodología tradicional se muestra la simplificación en varios rubros y aumento del monto en construcción, debido al poco o nulo detalle entre actividades y generalizando precios en Excel. En el presupuesto de la metodología BIM se muestran los rubros más detallados y un monto de construcción exacto, debido que los rubros y cantidades obtenidas se vinculan directamente con los bloques paramétricos de REVIT.



Resultados y comparación de cronograma de actividades entre la metodología tradicional y la metodología BIM

En el cronograma de actividades, en la metodología tradicional se realizó en Excel donde se generalizaron las actividades y respecto al tiempo se mostró en meses, donde se determinaron seis meses, tal se muestra en la tabla 69. Respecto a la metodología BIM se realizó en Microsoft Project, las actividades son detalladas y el tiempo se mostró en días dando como resultado 142 días.

Conclusiones

A través de este trabajo se concluye que la metodología BIM es una herramienta considerablemente consolidada, que demuestra ser eficaz en cada una de las etapas del ciclo de vida de un proyecto ya que esta permite la realización de proyectos multidisciplinarios a través de un solo portal sin necesidad de duplicar o copiar existiendo información incoherente. Esta, además facilita la colaboración entre cada miembro participante del proyecto. Revit en especial es una herramienta potente que permite enlazar; dimensiones, resistencia, propiedades, costo y demás. A diferencia de la metodología tradicional la cual poco a poco va quedando en el pasado por la existencia de fallos e incoherencias al momento de trabajar de forma simultánea y en algunos casos hasta la pérdida de información.

Es importante aclarar que la metodología BIM no es solo un programa o solo REVIT. Es tal su nombre lo indica una metodología que abarca programas y procesos para un modelo BIM.

Se realizaron los planos arquitectónicos, eléctricos y sanitarios, tanto con el sistema tradicional como con el sistema BIM, para la misma única vivienda con los mismos materiales, donde se constata que en el sistema BIM el diseño de la obra es rápido lo cual permite ser eficiente en cada una de sus etapas. Esto se debe a la precisión computacional que ofrece la metodología BIM.

La cantidad de materiales no varían mucho en comparación de uno con el otro, ya que es una vivienda unifamiliar, en caso de ampliar el proyecto se refleja un cambio significativo, pero en el Sistema BIM es sin duda la metodología que muestra con exactitud las cantidades de materiales a utilizar ya que al momento de trabajar por bloques paramétricos permite el ahorro de desperdicios al momento de construir un proyecto.

El análisis presupuestario demuestra a su vez la diferencia de 5% nuevamente dándole el beneficio a la metodología BIM, al ahorrar materiales y presupuesto, sin olvidar los imprevistos, siendo así mucho más precisos.

Finalmente, en la comparación de resultados de tiempo entre el sistema tradicional y el sistema BIM. Se demuestra que el sistema BIM es eficaz con una diferencia de 2 días laborales. Se obtienen respuestas veraces mediante la metodología BIM ya que el programa permite seguir de forma simultánea.

El modelado de un proyecto con el sistema BIM, es muy práctico y eficiente en todas las etapas de diseño, análisis y proceso constructivo.

Referencias

1. BIMnD. (16 de Febrero de 2020). LOD en metodología BIM . Obtenido de BUILDING NEW DIMENSIONS: <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>
2. Building Smart Spain. (12 de FEBRERO de 2018). BIM. Obtenido de BUILDING SMART: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
3. Constructor Civil. (16 de Mayo de 2013). Obtenido de Constructor Civil: <https://www.elconstructorcivil.com/2013/05/planificacion-y-control-de-proyectos-de.html>
4. Consuegra, J. (4 de Abril de 2019). Programas BIM mas usados. Obtenido de KOMMERLING: <https://retokommerling.com/programas-bim-mas-usados/>
5. EcuRed Contributors. (5 de Agosto de 2019). Diseno Asistido por computadora. Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php?title=Dise%C3%B1o_asistido_por_computadora&oldid=3489576
6. ESDIMA. (17 de Marzo 2019). REVIT. Obtenido de ESDIMA: <https://esdima.com/que-es-revit-y-para-que-sirve/>
7. F., L. (1 de febrero de 2010). Obtenido de Word Press: <https://le0el.wordpress.com/2010/02/01/disenio-asistido-por-computadora-cad/>
8. IMASGAL . (31 de Enero de 2021). Nivel de desarrollo LOD en BIM. Obtenido de IMASGAL: <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>



9. Integral Innovations experts. (20 de Agosto de 2019). Que es CAD, y cuales son sus ventajas. Obtenido de INTEGRAL INNOVATION EXPERTS: <https://integralplm.com/blog/2019/08/20/que-es-cad/>
10. KAIZEN . (26 de Abril de 2018). BIM. Obtenido de KAIZEN Arquitectura & Ingenieria: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>
11. Revista Informática. (Abril de 2015). La Revista informática. Obtenido de <http://www.larevistainformatica.com/DISENO-ASISTIDO-COMPUTADORA.HTML>
12. RF AECO Competent Center. (7 de Febrero de 2020). AUTODESK. Obtenido de RF AECO: <https://www.rfaeco.com/que-es-revit-de-autodesk-y-para-que-sirve/>
13. Rivera, V. M. (octubre de 2015). Programación, planificación y control de obras de infraestructura. Obtenido de TESIS: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%C3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>
14. Structuralia. (14 de Febrero de 2018). 7 Dimensiones del BIM. Obtenido de STRUCTURALIA: <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).