

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Gestión de Proyectos

Recibido: 10/06/2019 | Aceptado: 10/10/2019 | Publicado: 22/10/2019

## **Acercamiento a la Tecnología BIM. Softwares ArchiCAD®-Tekla® aplicado a proyectos de ingeniería en CCrea**

### ***Approach to BIM technology. Softwares ArchiCAD®-Tekla® applied to engineering projects in CCrea***

**Lester Comas García <sup>1\*</sup>, Armando Juan Velázquez Rangel <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Empresa de Construcción y Montaje ECM Mariel. 32100. lestercg@nauta.cu

<sup>2</sup> Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV). 50100. velazquez@uclv.edu.cu

\* Autor para correspondencia: [lescomgar@gmail.com](mailto:lescomgar@gmail.com)

---

#### **Resumen**

El trabajo es el resultado de la investigación y desarrollo de la tecnología Building Information Modeling que supone una auténtica revolución, que en muy poco tiempo ha logrado suplantar los antiguos métodos de trabajo, imitando el proceso real de construcción con una perspectiva que abarca más allá de la tercera dimensión de trabajo. La realidad de la construcción para el futuro predecible muestra la clara necesidad de su uso, evidenciando mayor control en la gestión, planificación y ahorros de tiempo y dinero, a la vez que incrementa los índices de colaboración e intercambio de información, claves fundamentales en el éxito de un proyecto. A partir de la experiencia en la tercera dimensión del Grupo Empresarial de Diseño y Construcción CCrea, se propone un flujo de trabajo utilizando las herramientas BIM, ArchiCAD® y Tekla Structures®. La demostración de esta metodología en la elaboración de un proyecto real de la empresa, demuestra cuán beneficioso es el uso de la tecnología Building Information Modeling al reducir el tiempo de creación del proyecto, eliminar los errores de diseño y generar ahorros significativos de recursos. Esta investigación, además, abarca la gestión (cuarta dimensión) y el control de costos (quinta dimensión) de la obra, dimensiones que no han sido desarrolladas en la empresa, que la convierten en un centro más productivo y vanguardista, e integral en la oferta de sus servicios. Fueron utilizados para su realización métodos de investigación empíricos, teóricos y matemáticos.

**Palabras clave:** Building Information Modeling, BIM, proyecto, vanguardista.

### **Abstract**

*This work is the result of the research and development of the Building Information Modeling (BIM) technology that represents a real revolution, which in a very short time has managed to supplant the old methods of work, imitating the real construction process with a perspective that covers beyond the 3-dimensional. The reality of construction for the predictable future shows the clear need for its use, evidencing greater control in the management, planning and savings of time and money, while increasing the rates of collaboration and exchange of information, fundamental issues in the success of a project. Based on the 3D experience of the CCrea Design and Construction Business Group, a workflow is proposed using BIM tools, ArchiCAD® and Tekla Structures®. The demonstration of this methodology on a real project of the company, shows how beneficial is the use of BIM by reducing the time of creation of the project, eliminates design errors and generates significant savings of resources. This research also includes the management (4D) and cost control (5D) of the work, aspects of which the company lacks and which makes it as more productive and avant-garde center, as integral in the offering of its services.*

**Keywords:** Building Information Modeling, BIM, project, avant-garde.

## **Introducción**

Evidentemente el sector de la construcción actual demanda pasos de avance en todos los sentidos, si bien es conocido que el cambio de una tecnología a otra implica un cambio en la manera de pensar, no debe sorprender el que exista tanta contención a él.

El sector constructivo a nivel global hace unos años atravesó un estancamiento en su formas y métodos de trabajo, considerados por muchos como una crisis, fundamentado en aspectos tan importantes en la construcción como el tiempo y el costo de los proyectos, solamente en la Unión Europea, las deficiencias de la etapa de proyecto rondaban el 42% de las obras anuales, inferior a las deficiencias en ejecución que constituían un 50% del total, en Cuba la situación actual no es muy diferente, según documentos revisados pertenecientes a la Inspección Estatal de Precios y Tarifas del MICONS específicamente IEC No.5.4.116 en enero del 2017 para el Estado de las Viviendas, fueron evaluados de mal: el funcionamiento, control y atrasos en documentación; y deficiente: la etapa de ejecución de las mismas con 7 desviaciones de 9 totales, lo que representa un 77% de deficiencias en esta etapa.(MICONS 2016/2017) Es claro que en la actualidad se atraviesa un proceso de crisis que desemboca en pérdidas anuales para el país, en momentos donde no es una opción tenerlas. Así entonces como la crisis trae cambios, la aparición de una nueva tecnología de trabajo revolucionaria, la tecnología Building Information Modeling (BIM), ha traído lo que puede significar un gran avance en el sector constructivo.

La metodología BIM es un sistema tan abarcador que, a la vez que sustituye el modelo anterior (CAD), lo eleva a niveles sorprendentes de sustentabilidad y eficiencia, recientemente descubierto por algunos países, en vías de implementación en otros y con un carácter obligatorio en muchos, viene a solucionar problemas que parecen crónicos en un sector tan complejo como lo es la construcción. Someterse al cambio o quedar rezagados, es hoy la principal pregunta de empresas de proyectos del país, pero que debería ser también el gran tópico del mundo académico de la construcción, las universidades cubanas, Alma Máter de los profesionales, que deberían ser las primeras involucradas en este tema, apoyada sin lugar a dudas por los ministerios correspondientes.

El Grupo Empresarial de Diseño y Construcción: Crea, Construye, Rehabilita y Estudia la Arquitectura (CCrea), realiza importantes acciones para implantar BIM en su empresa, como estrategia para ganar en calidad documental, coherencia y eficiencia; fomentando el trabajo en equipo y acortamiento de plazos en ejecución como metas, para pasar de constructora convencional a basada en entorno virtual (HARDIN and MCCOOL 2015), (MARTÍNEZ and DOMÍNGUEZ 2018).

La Empresa CCrea, se integra a estas acciones adaptándolas a su entorno específico a través de un plan de implantación, empleando el flujo de trabajo ArchiCAD® -Tekla Structures® con el objetivo de evaluar la factibilidad de la implementación de las tecnologías, en la optimización de sus procesos de gestión y reducir los riesgos asociados al desarrollo de los proyectos; de manera que se puedan explorar conceptos y formas del diseño desde el inicio, como herramienta para optimizar, documentar y apoyar decisiones en la ejecución de obras.

Este flujo de trabajo ArchiCAD® -Tekla Structures®, se utiliza de manera ineficiente durante la etapa de modelación y diseño estructural, producto de numerosas incoherencias en el modelo que aumentan los tiempos en etapas tempranas del proyecto.

Objetivo general:

- Elaborar una metodología que facilite el uso del flujo de trabajo ArchiCAD® -Tekla Structures®, de manera eficiente durante la etapa de modelación y diseño estructural.

Objetivos Específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica de la temática de investigación, el BIM y los softwares ArchiCAD® y Tekla Structures® que permita elaborar el marco teórico a partir del criterio de especialistas en la temática, consultados en la bibliografía nacional e internacional.
- Diagnosticar la situación actual del BIM, y del software ArchiCAD® y Tekla Structures® en la empresa CCrea.

- Proponer una metodología que facilite el uso del flujo de trabajo ArchiCAD® -Tekla Structures®, de manera eficiente durante la etapa de modelación y diseño estructural
- Valorar la metodología propuesta por criterio de especialistas.
- Validar la metodología propuesta mediante su aplicación a un caso real en la elaboración de un proyecto en CCrea.

## **Materiales y métodos o Metodología computacional**

### **Hipótesis:**

Si se elabora una metodología funcional para el flujo de trabajo ArchiCAD® -Tekla Structures®, se podrán evitar las incongruencias que se producen durante la etapa de modelación y diseño estructural.

### **Novedad científica**

La novedad de la presente investigación es la propuesta de una metodología de trabajo con los softwares ArchiCAD®-Tekla Structures® que evite las incongruencias que se producen durante la etapa de modelación y diseño, que pueda ser generalizada a otras empresas interesadas.

Aporte Práctico: La metodología propuesta.

### **Métodos de Investigación Científica:**

#### Métodos Teóricos

Histórico- Lógico: Se basa en la caracterización de la tecnología BIM, estudiando sus antecedentes, ventajas, herramientas y posibilidades para su implementación, así como en los softwares ArchiCAD® -Tekla Structures®.

Analítico- Sintético: Se desarrolla a partir del análisis de la temática de investigación, específicamente la tecnología BIM, para sintetizar lo concerniente a los softwares ArchiCAD® -Tekla Structures®

Inductivo- Deductivo: A partir de la inducción en el proceso de investigación, se deducen las conclusiones y recomendaciones que se plantean en la presente investigación.

#### Métodos Empíricos

Revisión de Documentos: Se revisan documentos, como los manuales y guías de usuario de los softwares ArchiCAD® -Tekla Structures® y otros relacionados con la temática de investigación.

Encuesta: Con el objetivo de diagnosticar la situación del BIM y los softwares ArchiCAD® -Tekla Structures® en las empresas del territorio.

Criterio de especialistas: Para valorar la propuesta de la metodología elaborada.

#### Métodos Matemáticos:

Análisis Porcentual: Método basado en la estimación de valores que posteriormente afirmen la obtención de la solución.

### **Población y Muestra:**

Población: Empresa del territorio que utilizan BIM.

Muestras: Empresa CCrea.

### **Análisis del proceso productivo.**

La situación diaria en el proceso productivo cubano, no garantiza la integridad ni la coherencia de la documentación que circula entre los profesionales de distintas ramas. La deficiente y tardía actualización de la información es el escenario de casos en que la información que llega a la obra en el momento de la construcción ya ha sido modificada en la oficina de proyecto.

El hecho de que no exista un canal de comunicación global entre todos los profesionales que intervienen en la redacción de un proyecto y no bidireccional entre el autor y los colaboradores del proyecto, dificulta la coherencia de las soluciones que definen el producto resultante (el factor conocimiento no se aprovecha al máximo). El factor industria, es decir, la empresa consultora en el modelo que seguimos en otro país no entra en juego en el proceso productivo hasta que la documentación esté terminada y se han concedido los permisos. Vemos por tanto como reiterativamente parece una falta de información global, porque la información se fragmenta para cada una de las empresas subcontratadas en ámbito. Al final esta fragmentación se traduce en un aumento de los costes y plazo iniciales(PITARCH 2015)

### **BIM (Building Information Modeling)**

- Es el proceso donde se introduce información a cada una de las partes del modelo (Parametrización).
- Vincula a todas las especialidades en un trabajo colaborativo.
- Permite el trabajo con diferentes softwares en un ambiente común
- Brinda información en tiempo real de la obra y en cualquier ubicación.
- Permite la toma de decisiones en edades tempranas del proyecto.
- Agiliza el proceso de diseño y construcción, eliminando posibles errores con tiempos récords de ventaja.

La interoperabilidad es prerequisite para hacer multi-dimensional a BIM. Tanto la obtención de cantidades de obra como los costos y los análisis de eficiencia energética, ventilación, iluminación, eficiencia térmica, entre otros, requieren de intercambio de información común entre programas especializados para cada tarea. Adicionalmente las

posibilidades no se limitan a los programas producidos por una única compañía de diseño de software. Hay múltiples formatos asociados a BIM que sirven para exportar archivos digitales entre software de diversos fabricantes. De esta forma un modelo paramétrico creado inicialmente en un producto Revit puede ser exportado a Tekla®, ArchiCAD® o Bentley Architecture® para generarle cambios. La interoperabilidad de BIM está en constante evolución y ha sido una de las limitaciones principales en su desarrollo, el costo de interoperabilidad adecuada para la industria AEC de Estados Unidos fue de US \$ 15.8 billones según un reporte de The National Institute of Standards and Technology (NIST) publicado en 2004 (Eastman et al., 2010). Este tipo de deficiencias propias de las herramientas BIM se han contrarrestado con normativas especificadas en el NBIMS-US del 2011 (National BIM Standards). (ARBOLEDA and RIVERA 2012), (MARTÍNEZ and DOMÍNGUEZ 2018).

### **Servidor BIM**

Se trata de una nube donde se encuentran los proyectos de la empresa en tiempo real y al que pueden acceder todas las especialidades, ya sea independientemente unas de otras o incluso pueden trabajar a la vez sobre un mismo proyecto al mismo tiempo. La existencia de este servidor es la única que asegura realmente un trabajo colaborativo entre especialidades y permite la exportación /importación del modelo en cada una de las fases del proyecto.

### **Concepto de archivo único:**

Para el flujo de trabajo típico de ArchiCAD®, el modelo 3D (datos BIM) incluyendo sus representaciones (planos de pisos, secciones, vistas 3D, programación de la obra, etc.) y las hojas finales de dibujo (layouts) están todas incluidos en un solo archivo de ArchiCAD®.

### **Propuesta de flujo de trabajo para la elaboración del modelo estructural en la empresa Ccrea**

Utilizando un modelo para cada una de las disciplinas, pero vinculados unos con otros no se tiene una división frente a las disciplinas a pesar de cada una trabaja en su área específica. Al tratarse de bases de datos representadas gráficamente por un modelo tridimensional, la obtención de cuantificaciones se realiza en definitiva con mucha mayor rapidez y confiabilidad respecto al trabajo con el método convencional que se usa actualmente. Una mejor organización y la facilidad de obtener información generan un claro ahorro de tiempo y, por ende, un ahorro en los costos.

La metodología de trabajo propuesta en esta investigación debe aplicarse de la siguiente forma:

### **Simplificación del modelo arquitectónico a modelo estructural en ArchiCAD®**

A través del software base ArchiCAD® es compartida la información del arquitecto al ingeniero estructural, dicha información contiene el modelo arquitectónico o de referencia que debe ser simplificado a modelo estructural para su análisis y diseño, dicho proceso queda descrito a continuación:

### Asignación de propiedades funcionales a elementos de interés. (Columnas, Vigas, Losas)

Para obtener del modelo arquitectónico solamente la información deseada se debe primeramente designar qué elementos representan interés estructural para la edificación y asignar a cada elemento o conjunto de ellos que puedan ser agrupados según su categoría: (Vigas, Columnas, Losas etc.), (DAINTY *et al.* 2017), (ZHANG *et al.* 2015) la prioridad y función que realmente tiene dentro de la estructura.

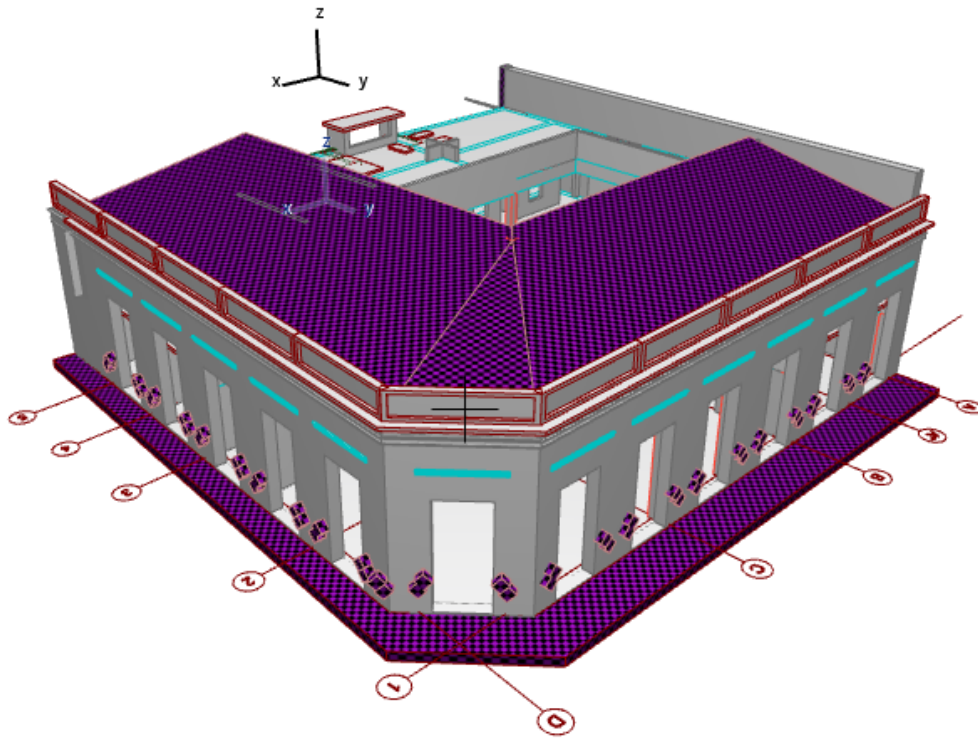


Figura 1. Vista del modelo arquitectónico en ArchiCAD®.

### Filtrado del modelo:

En la barra de herramientas a través de la ruta Documents/ Partial Structure Display se filtra el modelo con solo los elementos de carga de la estructura (Core of load-bearing elements only)

### Exportación del modelo

Utilizando la ruta File/Save as se guardará el modelo, es necesario revisar que en las opciones de guardado este puede configurarse dependiendo del programa en el que se importará a continuación, en este caso se selecciona la opción de exportación para análisis estructural (Structural Analysis Export)



## Importación el modelo estructural en ETABS®.

El modelo filtrado será introducido en ETABS® utilizando la ruta file/Import/ifc puede ocurrir que la importación del modelo se realice con algunas incoherencias, principalmente en la unión de los elementos en sus nudos, debido a dos causas fundamentales: los elementos importados del modelo estructural no tienen su unión definidas en sus centroides y las excentricidades en las columnas que resultan en desplazamientos visibles de los elementos. Para realizar el análisis se deben unir todos los nudos utilizando la herramienta Align Joints/Frames/Edges en la pestaña Edit y luego extendiendo los elementos (extend Frames objects) hasta su convergencia.

Para el caso de las columnas excéntricas se utiliza la herramienta Move Joints/Frames/Shell en la pestaña Edit, y ajustando su desplazamiento en los ejes x, y, z. A pesar de este inconveniente el resultado es igualmente favorable pues este no implica el remodelado de la estructura en su totalidad y elimina gran cantidad de tiempo en el diseño de la obra.

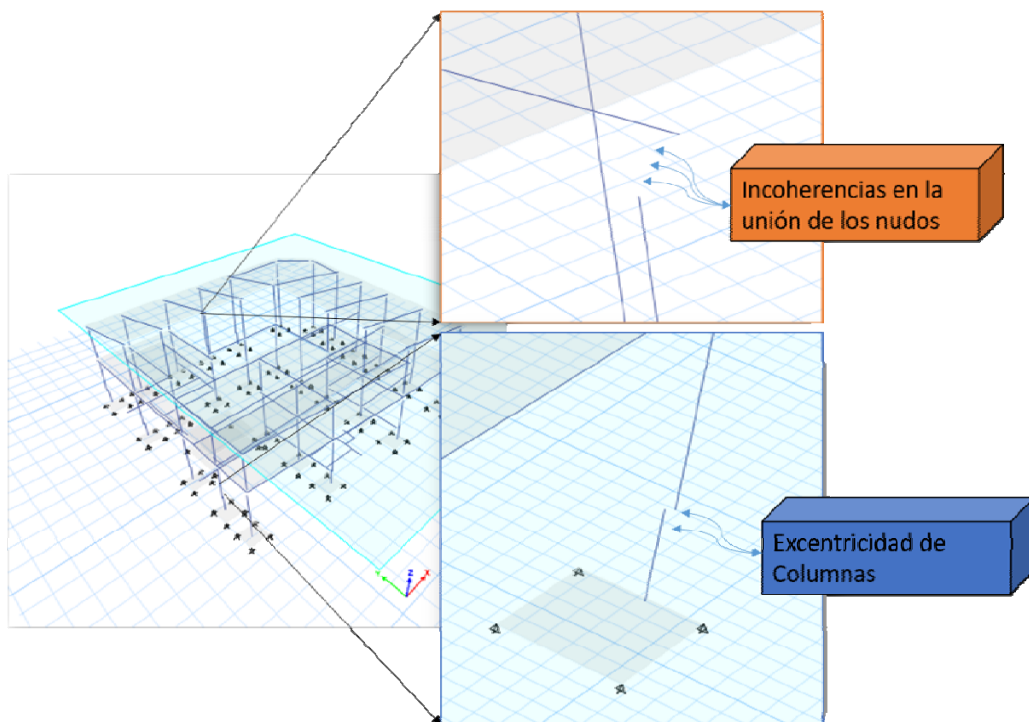


Figura 2. Principales incoherencias detectadas en la importación del modelo en ETABS®



### Importar el modelo diseñado y analizado, en Tekla Structures®:

Una vez realizado el análisis estructural, se utiliza el modelo exportado desde el ArchiCAD® con extensión IFC y con preferencias definidas para su importación y trabajo en Tekla Structures®, asegurando así el mínimo de incoherencias, evitando posibles remodelados y reajustes en las propiedades del objeto de obra.

### Conversión de los elementos en objetos nativos de Tekla®.

La finalidad de la conversión es evitar el trabajo duplicado en esta etapa del proyecto y facilitar el trabajo del modelo estructural dentro del programa. Además sin una conversión previa el programa Tekla®, no reconocería elementos provenientes de otros programas, por tanto esta función representa la interoperabilidad entre software de diferentes familias.

### Reforzamiento de elementos.

Las propiedades del refuerzo deben ser establecidas según los resultados del análisis obtenido en ETABS®, de esta forma se modifican sus propiedades con un clic derecho sobre la armadura.

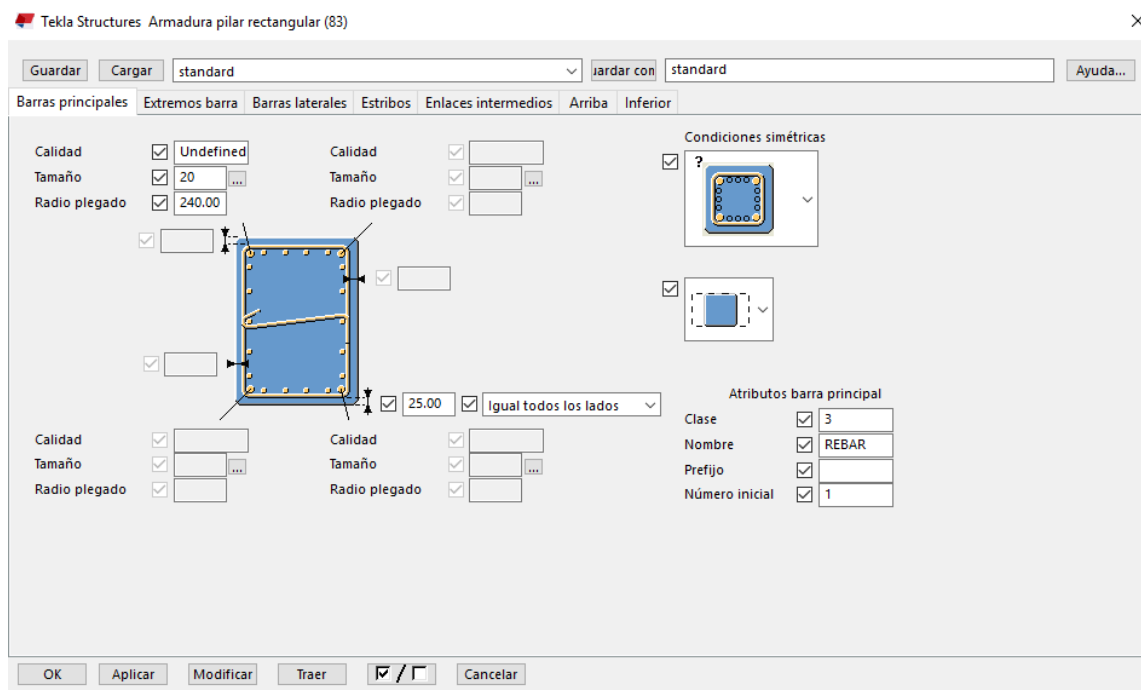


Figura 3. Ventana de Edición de las propiedades del refuerzo de la columna

El programa proporciona todo el paquete de elementos constructivos incorporando todo tipo de material por tanto el empalme de barra y las uniones en elementos metálicos ya sean por pernos o soldaduras también puede llevarse a cabo con facilidad.

### Control de Choques:

Este proceso evita errores constructivos en la fase de ejecución de la obra muy fácilmente en la pestaña Gestión/Control de Choques el programa analiza si existe algún elemento en conflicto con otro, esta opción es muy productiva para los estructurales evitando por ejemplo que el acero de refuerzo de una viga evite el paso o choque con las tuberías que el ingeniero hidráulico diseño para el edificio, además ahorra tiempo en etapas posteriores, pues un mal control del proyecto definitivamente conducirá a errores constructivos que deberán ser replanteados por segunda vez con el equipo de proyecto.

### Importación y gestión del modelo final en ArchiCAD®:

En esta etapa, se utiliza la opción que ofrece la pestaña interoperabilidad para actualizar el modelo en el que trabaja el arquitecto con los datos técnicos del modelo estructural, portanto, se trata de una unión de los dos modelos anteriores en uno.

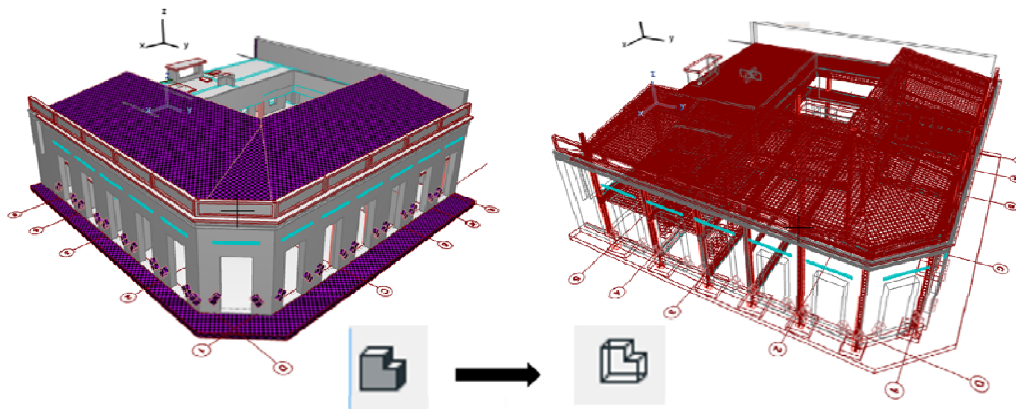


Figura 4. Vista del modelo arquitectónico (Izquierda) y modelo reforzado (Derecha) visible mediante la opción de alambrado

### Creación de Planos de Estructura en el ArchiCAD®.

La creación de planos en ArchiCAD® sustituye el proceso de dibujo manual que utiliza la empresa, este proceso se realiza creando, en primer lugar, una combinación de Layers que muestren solo los elementos deseados, en este caso se realiza para una de las Columnas C-1 Nivel 0+0.00 y su refuerzo interior, en esta se quieren obtener los planos de elevación, corte transversal y longitudinal del elemento. Con la Combinación de Layers activada en la vista de mapa, se editan las opciones añadiendo una escala visible del elemento en planta en este caso 1:20 y creando una nueva

combinación de cancelación de gráficos donde se añaden nuevas reglas de visualización para el hormigón(Columna) y los objetos(Acero) haciendo visible el hormigón y aplicando un relleno metálico al acero, de esta manera queda visible todos los elementos metálicos que se encuentran dentro de la columna y la creación de cortes y elevaciones facilitan el proceso sustituyendo dibujos manuales, nivelaciones, acotamientos, asignación de cantidades y espaciamientos de aceros, etc.

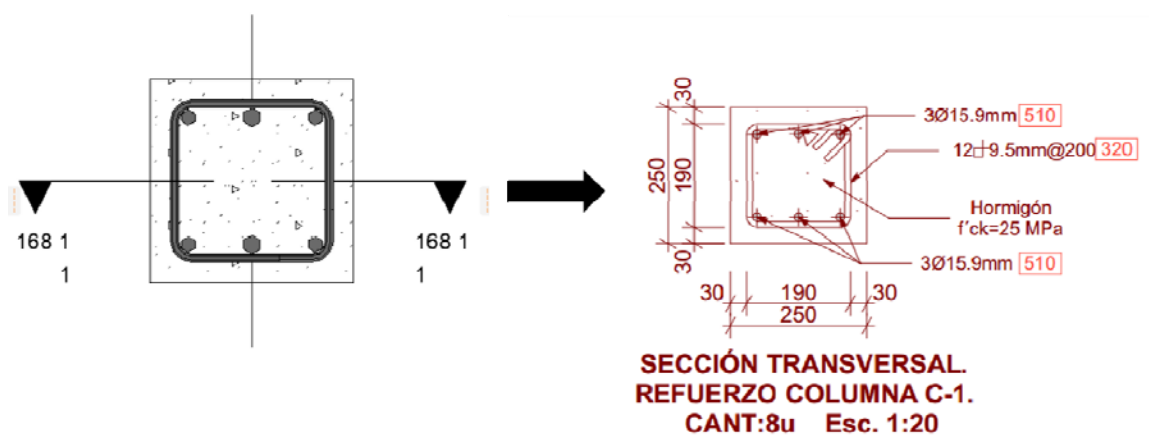


Figura 5. Vista de corte 1:1 y Sección transversal de la columna C-1 utilizando la información paramétrica del modelo

### Organización, control y costo de obra:

Utilizando el programa Tekla® la organización de obra se realiza de manera intuitiva, la asignación de tareas a un grupo de elementos en 3D facilita la rapidez en el trabajo, el cálculo automático de volúmenes complejos de grupos de objetos evita el cálculo manual, la información paramétrica del elemento automáticamente categoriza la unidad de medida a cuantificar y al tratarse de los elementos reales tal y como van a ser construidos, una vez detectadas las posibles colisiones entre ellos el programa muestra un aviso, así mismo la programación por barras de Gantt se hace muy fiable a la realidad.

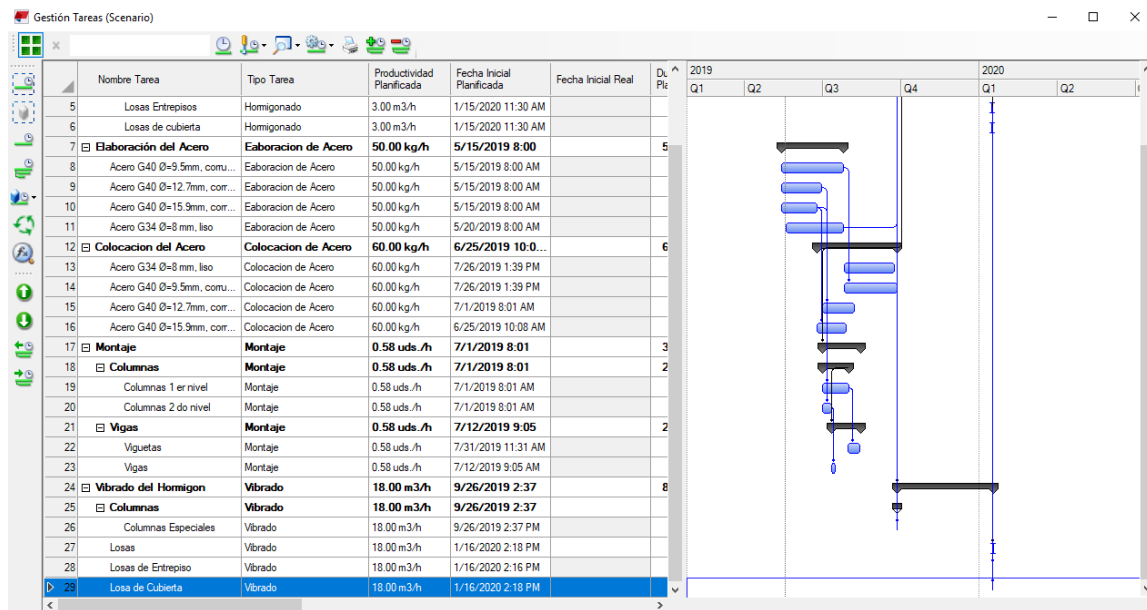


Figura 6. Barras de Gantt en Tekla® utilizando la información paramétrica del modelo.

## Resultados y discusión

La duración del proyecto basado en el antiguo flujo de trabajo culminó en 2 meses (40 días contables por la empresa), se invirtió el 50% en la modelación del proyecto y 50% en la generación de planos manuales. Con la utilización de la nueva metodología propuesta se reporta un ahorro de un 30% (12 días) en la elaboración del proyecto teniendo su mayor influencia en la generación de planos en la que se ahorra 10 días de trabajo. El ahorro en tiempo usando esta metodología es directamente proporcional a la magnitud del proyecto, mientras mayor sea el volumen de planos a entregar mayor será el tiempo ahorrado en la creación de los mismo.

El control de choques evitó la modificación de errores de replanteo, que causó una modificación del proyecto por el antiguo flujo de trabajo en el que se invirtió 30% más del tiempo total utilizado en el proyecto ejecutivo; la detección de interferencias a tiempo por la nueva metodología propuesta evitó un error de los pases para instalaciones que pudieron llegar a convertirse en un tema más costoso en obra por la demolición y reconstrucción del objeto en conflicto.

La oferta del servicio de organización de obra que puede ser ofertado a solicitud del cliente, puede incrementar el costo del proyecto en un estimado de \$8000 a \$10000, por tanto, se incrementan las ganancias para el personal de la empresa.

Las ganancias en tiempo, en cuanto a la creación de proyectos, no producen ganancias monetarias de acuerdo al sistema de pago de la empresa. Pero si ganancias en cuanto a la facilidad del trabajo y la corrección de errores. Apoyados en una futura legislación del BIM para la entrega de proyectos en Cuba, legislación que en muchos países del mundo se encuentra en vigor, la utilización de un nuevo método de pago que tenga en cuenta los beneficios que aporta las herramientas BIM en cuanto a calidad y tiempo, puede ser provechoso para los involucrados en el proceso inversionista, se trata de una construcción con la menor cantidad de pérdidas posibles y con la mayor calidad de entrega propuesta.

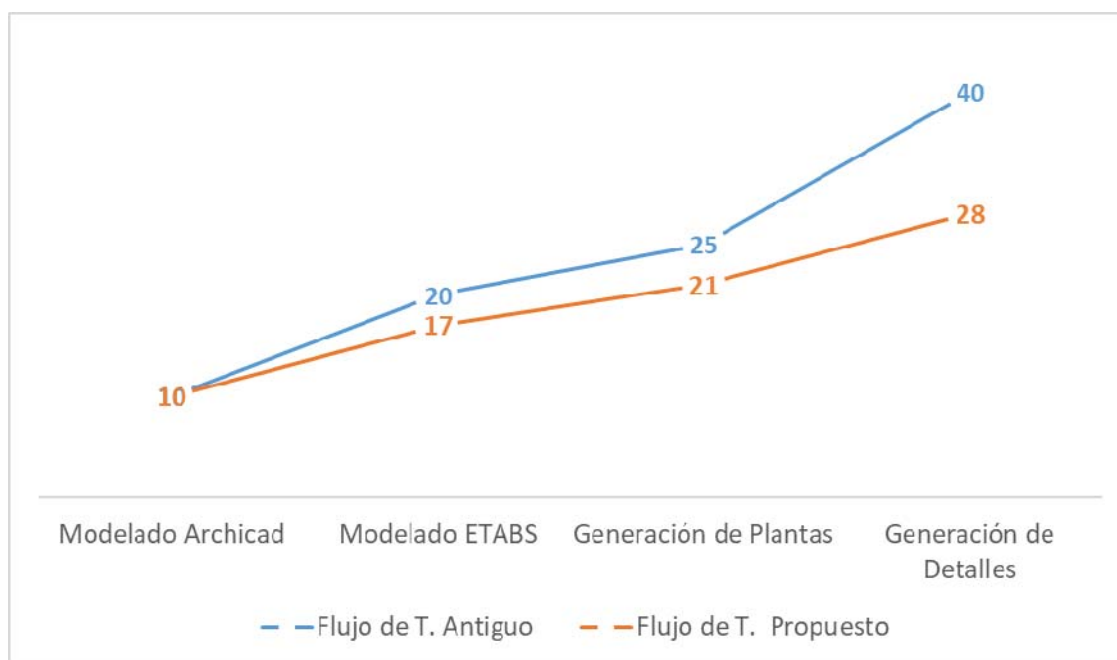


Figura 7. Comparación de métodos, análisis de tiempo acumulado por etapas. Gráfico, elaboración propia.

## Conclusiones

La empresa CCrema presenta un alto índice de conocimiento de la tecnología BIM, cuenta con aseguramiento necesario en hardware y software, pero carecen de los métodos que permitan hacer un uso real y eficiente de lo que supone BIM como concepto. La metodología propuesta soluciona las incoherencias causadas por el mal uso de los softwares en el departamento de estructura de la empresa CCrema, la implementación de la misma en un proyecto real demuestra cuán provechosa y aplicable resulta su uso. La eficacia del flujo de trabajo ArchiCAD® - Tekla® genera ahorros de un 30% en la elaboración del proyecto ejecutivo y ganancias monetarias agregadas por la corrección de errores y la

detección de interferencias en etapas tempranas. La utilización de las potencialidades del software Tekla®, ha permitido la ampliación del uso del BIM en la empresa CCREA al permitir el cálculo del tiempo y el costo de los proyectos, su posible uso la convierte en una empresa innovadora y vanguardista en el uso del BIM dentro de las empresas del territorio. Aunque ya se comenzó el camino para la propagación y uso de esta tecnología de la mano de la UNAIC en la provincia de Villa Clara a través del Evento Tecnología de Gestión del Proceso Constructivo, en el que se tomaron algunos acuerdos para su revisión por el frente de proyecto, se hace necesario que otras entidades apoyen también el uso de esta tecnología, que incorpore junto a su implementación métodos de pago acorde al ahorro que genera cada empresa en el uso de la misma, basándose para ello en la estandarización global ISO 19650: Organización y Digitalización de Información de Construcción y trabajos de ingeniería, incluyendo Building Information Modeling (BIM) dada a conocer en el mes de enero del 2019 por la Organización Internacional de Estandarización.

## Referencias

- Pitarch, C. M. (2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. Un proyecto con Revit. Universidad Politécnica de Valencia.
- Arboleda, A. M., & Rivera, D. F. V. (2012). Implementación de las metodologías bim como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.
- MICONS. (2016/2017). Informe del estado de las viviendas comprometidas a terminar por los organismos (DPV. CAP. Villa Clara) IV trimestre 2016.
- ARBOLEDA, A. M. and D. F. V. RIVERA. *Implementación de las metodologías bim como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, 2012. p.
- DAINTY, A.; R. LEIRINGER, *et al.* BIM and the small construction firm: a critical perspective *Building research & information*, 2017, 45(6): 696-709.
- HARDIN, B. and D. MCCOOL. *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. John Wiley & Sons, 2015. p. 1118942779
- MARTÍNEZ, J. S. and J. M. DOMÍNGUEZ BIM, realidad aumentada y técnicas holográficas aplicadas a la construcción= BIM, increased reality and holographic techniques applied to construction *Anales de Edificación*, 2018, 4(1): 27-36.

- MICONS. *Informe del estado de las viviendas comprometidas a terminar por los organismos (DPV. CAP. Villa Clara) IV trimestre 2016*. CLARA, O. D. I. E. D. L. C. V., 2016/2017.
- PITARCH, C. M. *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. Un proyecto con Revit*. Escola técnica superior d'arquitectura, Universidad Politecnica de Valencia, 2015. p.
- ZHANG, S.; K. SULANKIVI, *et al.* BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning *Safety science*, 2015, 72: 31-45.