

UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE ESPECIALIDAD EN LA APLICACIÓN DE LAS TENDENCIAS ACTUALES DE LA INGENIERÍA

C. Jiménez Ybarra¹
A. Zambrano Santacruz²
A. Vargas Gaxiola³

RESUMEN

Las tendencias actuales de la ingeniería, sugieren la implementación de competencias globales, para generar en nuestros egresados la posibilidad de incurrir más allá del ámbito regional. Es oportuno aprovechar el espacio del Módulo de la Especialidad, para orientar nuestros esfuerzos en la aplicación del uso de las nuevas tecnologías; tanto de software, como de hardware, que brinden a nuestros estudiantes la posibilidad del intercambio académico, y de participar en empresas con proyectos nacionales e internacionales. En el caso particular de Ingeniería Civil y Arquitectura; el desarrollo que ha tenido la empresa de Autodesk, facilitando para educación sus programas de Revit, Robot Structural Analysis (RSA), Autocad, Autocad Civil 3D, entre otros, es posible lograr la deseada sustentabilidad de los proyectos de ingeniería, logrando la interacción de varios especialistas, (estudiantes de cada una de las materias) en grupos de trabajo colaborativo. A partir del 2013 se ha iniciado con el Módulo “Construcción” con este enfoque, y los resultados son inmediatos, mayor participación de los estudiantes, mejorando el entusiasmo por desarrollar competencias globales, mostrando un mayor conocimiento y habilidad en el manejo de esta tecnología. Próximamente para el 2015 se tendrá la primera generación, y se podrá evaluar el desempeño de su profesión.

ANTECEDENTES

Se requiere que nuestros egresados de ingeniería civil cuenten con competencias más globales, con capacidades para trabajar en grupos interdisciplinarios, aplicando las nuevas tecnologías de la información, de acuerdo con el perfil de egreso del programa educativo que se tiene.

Se ha investigado ampliamente el tipo de software que conviene en estos momentos, la experiencia sugiere algunas opciones que han dado buenos resultados pero con un gran esfuerzo por parte del equipo de ingeniería, siempre al final dejando la documentación del proyecto muy incompleta y no actualizada a la hora de la construcción. Esto recientemente ha ido cambiando con el desarrollo tecnológico principalmente en el área de las computadoras personales y software de ingeniería más integral.

Recientemente Autodesk ha desarrollado un software adecuado por medio de una serie de programas dedicados al diseño y construcción en el área de; arquitectura, estructura e instalaciones, y obras de Infraestructura, lo que se conoce ahora como la tecnología Building Information Modeling (BIM).

También ésta empresa ha generado un ambiente educativo virtual a través del internet con su página de Autodesk Student Community, en donde los estudiantes pueden interactuar de una manera más dinámica en el aprendizaje y aplicación de esta tecnología.

¹ Profesor de tiempo completo. Instituto Tecnológico de Matamoros. cjimenez61@hotmail.com.

² Profesor de tiempo completo. Instituto Tecnológico de Matamoros. ag.zambrano@hotmail.com.

³ Jefe del Departamento de Ciencias de la Tierra. Instituto Tecnológico de Matamoros. avargas_gaxiola@hotmail.com.

Las escuelas líderes nacionalmente e internacionalmente han adoptado el desarrollo de proyectos con la tecnología (BIM), como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Monterrey (ITESM), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entre otras. En el ámbito internacional la comunidad Europea para el 2015, ha considerado convenientemente que se presenten todos los proyectos de ingeniería en este modelo para su trámite de construcción, según menciona (Valtierra 2014). En general, las universidades que ofrecen programas de ingeniería civil y arquitectura en Europa con programas acreditados internacionalmente ofrecen la plataforma BIM. También aquí en México algunas empresas han adoptado esta metodología para desarrollar sus proyectos como la empresa ICA.

Anteriormente se manejan los programas como el Revit extracurricularmente o en definitiva como capacitación o actualización profesional. Se ofrecen también certificaciones que son muy importantes y que se deberán de seguir promoviendo, pero sin embargo, es conveniente que se integre esta metodología en su formación académica para que cuando egresen puedan desarrollar más ampliamente su capacidad en el manejo de esta tecnología.

En el área de arquitectura se tiene experiencia universitaria con el Revit (De la Cruz, 2007) promotora de esta metodología en el ITESM campus Monterrey, manifiesta en su artículo que ha tenido muy buena aceptación en los alumnos, a los cuales les ha tenido que dar seguimiento con cursos avanzados para que perfeccionen esta tecnología.

En la facultad de Arquitectura de la UANL, ofrecen cursos de Revit, incluyendo el estructural y de instalaciones, pero no se han logrado integrar los diseñadores con los ingenieros calculistas. En la facultad de ingeniería civil solo están manejando el RSA, y el Civil 3D, entre otros cursos, sin lograr integrarse como plataforma BIM.

Es por eso que la academia de Ingeniería Civil, ha decidido definir un grupo de materias orientadas al manejo de la tecnología BIM formando un módulo de especialidad denominado “CONSTRUCCION”, el cual consiste en las siguientes materias: Diseño estructural, Instalaciones en edificios, Evaluación de costos, Administración y control de obra e Infraestructura urbana. Se contempla las obras de edificación y de infraestructura que requiere el desarrollo urbano, usando la plataforma de Revit y Autocad Civil 3D.

Es importante considerar las experiencias de otras universidades, y aprovechar la experiencia con otro software de nuestros docentes, para poder validar los resultados que se obtienen con esta tecnología. Siempre teniendo como marco de referencia los reglamentos de construcción vigentes.

METODOLOGÍA

El concepto de la tecnología BIM

Esta nueva tecnología contempla una interacción y gestión de información entre los principales actores del diseño y construcción, como son: la arquitectura, la estructural, la de instalaciones, y la de costos, principalmente. Es una plataforma de intercambio de información de diferentes tipos; geométrica 3D, reglamentos de diseño, productos

industriales, los cuales intervienen desde la etapa del diseño hasta la construcción y posteriormente en su mantenimiento y operación.

La empresa de Autodesk ha desarrollado esta tecnología a través del programa Revit y para su promoción mantiene una interacción de sus usuarios de diferentes sectores a través de internet en donde se comunican continuamente los avances en la aplicación, experiencias en la universidad, generando una comunidad de intercambio, foros de consulta, certificaciones, etc., de tal manera que se puede ir creciendo en la aplicación de esta tecnología. Esta disposición y acercamiento al usuario y la calidad de sus productos ha hecho que se extienda rápidamente.

Además esta tecnología contempla una actualización constante de los códigos de diseño, de tal manera que quedan incluidos automáticamente en los desarrollos de los proyectos (Xiangyang 2010). Esto se logra uniendo la tecnología BIM con los Smart Codes que es una iniciativa de la international Code Concil (ICC) (Nawari, 2012).

La integración de la ingeniería con la arquitectura en fundamental, con esta plataforma se podrá interactuar en forma eficiente, formando un equipo de trabajo interactivo, que dará respuesta a las exigencias del mercado más exigente.

La industria de la construcción y materiales juega un papel importante en la estandarización y certificación de sus productos. La Industry Foundation Classes (IFC), surge de organizaciones que dan apoyo a esta estandarización como la Buiding SMART International, generando la plataforma BIM.

Definición del módulo de especialidad

Antes que nada se convocó a la comunidad de ingenieros, contratistas y constructores de la región, agremiados en los diferentes colegios de ingenieros civiles y arquitectos, así como los representantes de la secretaria de desarrollo urbano y obras públicas.

Se integró un foro de consulta con estos integrantes tratando temas de calidad de nuestros egresados y deficiencias que se pudieran corregir. Esto se realizó en Junio del 2012.

En general la mayoría estuvo de acuerdo en el nivel de desempeño de nuestros egresados. Solo que deberíamos incluir más competencias en el manejo de software y aplicación práctica, esto nos dio pie a realizar una investigación de qué tipo de software era el conveniente, y gestionar los recursos para la compra de las licencias respectivas.

Se estudiaron algunos programas ya conocidos por nuestros maestros, se investigaron los costos y se realizó una propuesta. En ese entonces un grupo de alumnos de primeros semestres se dio cuenta por internet que se podían usar los programas de Autodesk y que no tenían costo alguno para ser utilizados, pero solamente se podían instalar en computadoras personales. El problema ahora es que estos programas eran muy modernos para ser utilizados en clase y que nuestros maestros deberían de actualizarse y capacitarse, para posteriormente ser analizados convenientemente para su uso de formación académica del estudiante.

Se estudió el programa Revit Architecture, Revit Structure y Revit Mep como base para adoptar esta tecnología. Ya se tenía experiencia profesional (más de 12 años) de algunos de nuestros maestros en el manejo del programa Robot Millennium, que recientemente había adquirido la empresa Autodesk con el nombre Robot Structural Analysis (RSA), y que le daba toda la potencia estructural que se requería para el diseño de estructuras, y ésta fue una de las variables a favor de Autodesk, se vio la potencia de dibujo en Revit y que se comunicaba convenientemente con el RSA. Finalmente se vio la utilidad del programa Civil 3D para las obras de infraestructura, y con esto se definió el módulo.

En Mayo del 2013 se autorizó el módulo para que se impartiera dentro del programa de la carrera de Ingeniería civil conteniendo un total de 25 créditos en el Sistema de Asignación de Transferencia de Créditos Académicos (SATCA), quedando registrado ante la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST).

Aportación al perfil de egreso

El módulo de especialidad aporta al perfil de egreso de nuestros alumnos la capacidad técnica y habilidad para aplicar nuevas tecnologías en los estudios y proyectos de obras de Ingeniería Civil, desarrollándolos para su implementación en la construcción.

A continuación se presenta el perfil de egreso del programa de Ingeniería civil de los Institutos Tecnológicos:

1. Planear, proyectar, diseñar, construir, operar y conservar Obras Hidráulicas y Sanitarias, Sistemas Estructurales, Vías Terrestres, Edificación y Obras de Infraestructura Urbana.
2. Dirigir y participar en estudios para determinar la factibilidad ambiental, económica, técnica y financiera de los proyectos de obras civiles.
3. Formular y ejecutar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito de la Ingeniería Civil.
4. Innovar, crear, generar, adaptar y aplicar nuevas tecnologías en los estudios, proyectos y construcción de obras civiles, aplicando métodos científicos.
5. Optimizar el uso de los recursos en los procesos constructivos de obras civiles.
6. Emplear técnicas de control de calidad en los materiales y procesos constructivos.
7. Utilizar Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's).

Grupo de materias del módulo de Especialidad

- 1.- Diseño Estructural.
- 2.- Software en instalaciones de edificios.
- 3.- Evaluación de costos.
- 4.- Infraestructura Urbana.
5. Software en administración de la construcción.

Todas con 5 créditos dando un total de 25 créditos. Su ubicación se muestra en la retícula a partir del séptimo semestre, y hasta el noveno semestre como se indica en la Figura 1.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS INGENIERÍA CIVIL ICIV - 2010 - 208										
FUNDAMENTOS DE INVESTIGADOR ACC - 0906 2 2 4	ALGEBRA LINEAL ACF - 0903 3 2 5	ESTÁTICA ICF - 1014 3 2 5	FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS ICE - 1015 3 1 4	MECÁNICA DE MATERIALES ICF - 1024 3 2 5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL ICF - 1004 3 2 5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL AVANZADO ICF - 1005 3 2 5	DISEÑO ESTRUCTURAL DE OMENTACIONES ICC - 1010 2 2 4			
CALCULO DIFERENCIAL ACF - 0901 3 2 5	CALCULO VECTORIAL ACF - 0904 3 2 5	ECUACIONES DIFERENCIALES ACF - 0905 3 2 5	MÉTODOS NUMÉRICOS ICC - 1027 2 2 4	DESARROLLO SUSTENTABLE ACC - 0908 2 3 6	INSTALACIONES EN LOS ESPACIOS ICI - 1011 2 3 6	DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO IC - 02 3 2 5	DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO IC - 01 3 2 5	RESIDENCIA PROFESIONAL 10		
TALLER DE ÉTICA ACA - 0907 0 4 4	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA ICC - 1029 2 2 4	GEOLOGÍA ICC - 1017 2 2 4	MECÁNICA DE SUELOS ICI - 1025 4 2 6	MECÁNICA DE SUELOS APLICADA ICI - 1026 4 2 6	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE FUNDAMENTOS IC - 03 3 3 6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I ACA - 0910 0 4 4	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS ICC - 1016 2 2 4	SERVICIO SOCIAL 10		
CALCULO INTEGRAL ACF - 0902 3 2 5	TOPOGRAFÍA ICT - 1024 2 6 8	CARRETERAS ICG - 1006 3 3 6	INGENIERÍA PESADA Y MOVIMIENTO DE TIERRA ICC - 1021 2 2 4	COSTOS Y PRESUPUESTOS ICC - 1007 2 2 4	TALLER DE INVESTIGACIÓN II ICA - 0909 0 4 4	ABASTECIMIENTO DE AGUA IC - 04 4 2 6	ALCANTARILLADO IC - 05 2 2 4			
SOFTWARE EN INGENIERÍA CIVIL ICA - 1002 0 4 4	MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ICC - 1023 2 2 4	TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ICC - 1022 2 2 4	DINÁMICA ICF - 1009 3 2 5	ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN ICC - 1003 2 2 4	HEROLOGÍA SUPERFICIAL ICC - 1020 2 2 4	DISEÑO ESTRUCTURAL CCP - 1001 2 3 5	INFRAESTRUCTURA URBANA CCP - 0902 2 3 5	SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CCP - 1005 2 3 5		
DIBUJO EN INGENIERÍA CIVIL ICM - 1008 2 4 6	QUÍMICA ICC - 1030 2 2 4	MÓDULOS DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS ICC - 1028 2 2 4	SISTEMAS DE TRANSPORTE ICC - 1021 2 2 4	HEMÁULICA BÁSICA ICC - 1018 3 3 6	HEMÁULICA DE CANALES ICC - 1019 3 3 6	SOFTWARE DE INSTALACIONES EN ESPACIOS CCP - 1003 2 3 5	EVALUACIÓN DE COSTOS CCP - 0904 2 3 5	CREDITOS COMPLEMENTARIOS 5		
*28 CREDITOS DE ACUERDO AL SATCA										
NOMBRE DEL ALUMNO: _____ NUMERO DE CONTROL: _____										
RESIDENCIA PROFESIONAL — 10 SERVICIO SOCIAL — 10 CRED. COMPLEM. — 5 ESPECIALIDAD — 25										

Figura 1. Reticula de Ingeniería Civil

Aplicación de una encuesta a un grupo de alumnos

Con un grupo de 15 alumnos interesados (que fueron los que tuvieron esta iniciativa), en actividades extraescolares se impartió un primer curso taller de dos horas seguidas por semana los viernes. Esta actividad se realizó durante un semestre, tiempo que nos permitió conocer lo básico del programa Revit e introducirnos en los demás programas que ofrece Autodesk.

Fue muy nutrida la participación de los estudiantes, con lo que se rompían los paradigmas tradicionales de la enseñanza aprendizaje. Aquí se les exponía solo el tema a desarrollar y juntos maestro y alumnos se desarrollaba la exposición con el apoyo de información de video de internet. En este caso fue muy valiosa la comunicación por video ya que juntos se desarrollaban las prácticas.

La experiencia profesional del docente es la mayor fortaleza, principalmente por su conocimiento de los reglamentos vigentes, que ahora se deberá buscar la forma de considerarlos desde el modelo estructural para el análisis. Para el diseño ya están incluidos en el propio programa solo se deberán verificar. Se ha encontrado que el programa Revit es la plataforma de intercambio más eficiente de información con los demás diseñadores.

Los conocimientos básicos que los alumnos tenían y que habían desarrollado en sus materias previas, sirvieron de apoyo para que este nuevo conocimiento no quedara en el aire. Siempre se mantuvo el respeto por la ciencia, la reglamentación y la nueva tecnología, logrando definir la metodología que se debería de seguir en este tipo de cursos.

El primer curso con la tecnología BIM

Se tiene ya la metodología a seguir con la experiencia del curso extraescolar impartido en el semestre anterior, y ahora se imparte el curso formal a los alumnos dentro del módulo de especialidad.

Para este primer curso de **Diseño Estructural**, se aprovecha lo avanzado y solo se cubre el programa con mayor rigor. Se utiliza un tema introductorio para el estudio del reglamento general de construcción del estado, siempre observando los demás reglamentos y normas que dicho reglamento permite. También se ve la necesidad de investigar reglamentos europeos, ya que el software contempla una serie de reglamentos a nivel mundial.

Esta materia tradicionalmente se ofrecía en el último semestre con carácter integrador de conocimientos y procedimientos de diseño, con ayuda de software que estaban desligados entre sí, el alumno tenía que hacer la conexión para formular el proyecto estructural. Ahora juega un papel introductorio al diseño, formulando propuestas viables y compatibles con la arquitectura ya que en todo momento se puede verificar. No se alcanza la revisión estructural de cada uno de los elementos, ya que el objetivo principal es la estructuración y modulación. Hemos observado por la experiencia que la mayoría de los ingenieros se les dificulta esta tarea y generalmente se deja al calculista, que con poca información no puede sugerir la estructuración más adecuada al proyecto arquitectónico.

Se está impartiendo el segundo curso de Diseño Estructural, atendiendo a la experiencia anterior se han reforzado aspectos de detalle estructural y planos. Estos nuevos alumnos han tomado el curso desde cero y al principio se ven un poco abrumados por la forma de procesar la información para que pueda ser procesada por este tipo de tecnología. Este aspecto lo manifiestan en una encuesta que se les ha practicado a cada uno de los grupos, información que se muestra más adelante.

Capacitación de nuestros maestros

La experiencia profesional de nuestros docentes ha sido el principal ingrediente para iniciar el estudio del software, los ejemplos hechos con procedimientos tradicionales ha servido de base aunque se han tenido que adecuar para ser resueltos con esta tecnología.

Los cursos ahora tendrán que ser del tipo curso taller, con mucho análisis y discusión principalmente refiriéndonos a los reglamentos de construcción para su implementación. Se les ha impartido un curso del manejo del Revit en sus tres áreas; Arquitectura, Estructura e Instalaciones, quedando pendiente para el periodo el mes de Junio del 2014 el manejo del Civil 3D, para el curso Infraestructura Urbana.

Es necesaria mucha capacitación de la planta docente, y es aquí donde se pueden unir esfuerzos con otras instituciones más avanzadas con esta tecnología. De momento solo hemos localizado cursos básicos para el manejo del software, pero se requiere compartir experiencias en su implementación a proyectos académicos de ingeniería. En estos momentos contamos con una planta de maestros muy limitada y solo cubrimos la parte académica. Las instituciones de educación superior que ofrecen también Ingeniería Civil y que comparten con nosotros esta visión, será pertinente unir esfuerzos para la capacitación de la planta docente en forma permanente.

Resultados de encuestas a nuestros alumnos

Se ha hecho una encuesta a los alumnos que ya acreditaron el primer curso, y a los que la están cursando (grupo 1 y 2, respectivamente), los resultados de 11 preguntas que se les formularon indican en forma general que se les hace un ambiente fácil teniendo mayor dispersión de opiniones en los del grupo 2 (ver Figura 3). Los del grupo 1 se mostraron muy optimistas e informados a la vez sus opiniones muy unificadas, como se muestra en la Figura 2.

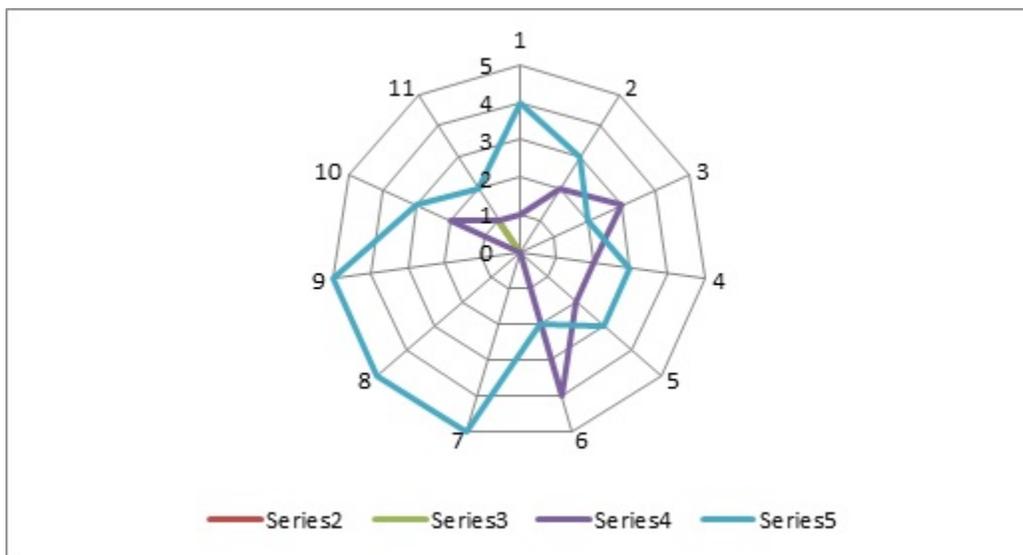


Figura 2. Resultados de la encuesta al grupo 1.

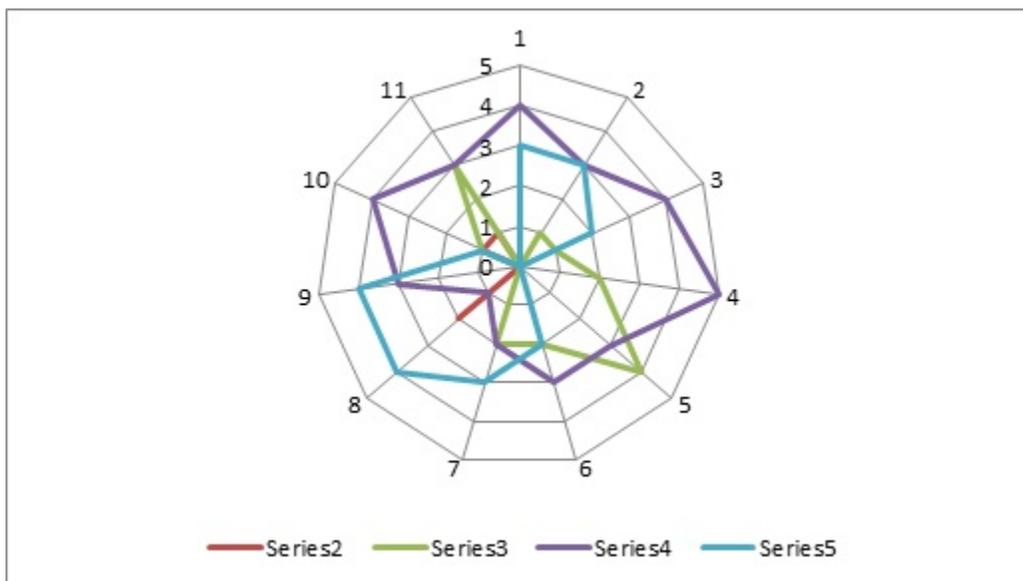


Figura 3. Resultados de la encuesta al grupo 2.

En las Figuras 2 y 3 se presentan 4 opciones de respuestas a las 11 preguntas realizadas, la mayor amplitud de la gráfica indica una mayor unificación de criterios del grupo, indicando

el número más grande de las cuatro respuestas la de mayor afinidad y menor complicación en el entendimiento de la tecnología empleada.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación de esta tecnología básicamente depende de la capacidad académica de la institución, los jóvenes son por naturaleza adaptables a nuevas tecnologías, como se muestra en las encuestas realizadas. Una gran adaptabilidad y capacidad de asimilar nuevas formas de manejar información, además el software lo hace simple e intuitivo.

Se observa una gran diferencia de conocimiento y habilidad entre los alumnos que ya acreditaron el primer curso a los que actualmente lo están cursando.

CONCLUSIONES

Los alumnos han tenido muy buena respuesta, han actualizado sus computadoras personales para soportar este tipo de software, y han logrado su registro ante Autodesk.

De acuerdo al avance de la aplicación de esta tecnología, no se ha requerido que la planta docente este totalmente capacitada, ya que se genera un binomio maestro-alumno en la búsqueda de información para resolver los problemas.

La experiencia docente y profesional tiene una gran importancia aunque se debe orientar a esta nueva forma de procesar la información, cambiando los paradigmas de enseñanza aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

De la Cruz, A. M. (2007). *Revit en la Universidad*. Autodesk User Group International. Obtenida el 14 de Marzo del 2014, de

<http://communities.autodesk.com/comlaude/sites/default/files/secure/docs/Articulo-Revit-en-la-Universidad-AMCM.pdf>

International home of open BIM. (n.d.). *Industry Foundation Classes (IFC) data model*. Obtenida el 14 de Marzo del 2014, de <http://www.buildingsmart.org/standards/ifc/model-industry-foundation-classes-ifc>

Nawari O. (2012). *Automating Codes Conformance*. Obtenida el 23 de Febrero del 2014, de [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000049](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000049)

Valtierra A. (2014). El poder de la tecnología. *Construcción y Tecnología en Concreto*, 11(3), 42-45.

Xiangyang T., Amin H., Pazio P. (2010). *Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design*. Obtenida el 23 de Febrero del 2014, de [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2010\)24:2\(203\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2010)24:2(203))