

# LA GERENCIA BIM COMO SISTEMA DE GESTIÓN PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

## BIM AS THE MANAGEMENT SYSTEM FOR BUILDING PROJECTS



### AUTOR

JUAN GABRIEL OCAMPO HURTADO  
Ph.D. en Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Magister en Multimedia Educativa  
Especialista en Desarrollo Gerencial en el Sector de la Construcción  
\*Universidad Nacional de Colombia  
Profesor Asociado en Dedicación Exclusiva  
Escuela de Arquitectura y Urbanismo  
jgocampoh@unal.edu.co  
COLOMBIA

### \*INSTITUCION

Universidad Nacional De Colombia  
Sede Manizales  
UNAL  
Universidad Pública  
Cra. 27 # 64-60 Manizales, Caldas  
Dima\_man@unal.edu.co  
COLOMBIA

**INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO:** Este artículo forma parte de la investigación "Lógica y Arquitectura" con código HERMES 12579 del sistema de investigación de la Universidad Nacional de Colombia. En esta investigación se estudiaron aplicaciones de la lógica a los procesos de gestión de la información en la arquitectura. Como parte de las aplicaciones de esta investigación se encontró que los sistemas de información a partir de plataformas BIM, demostraron mayor eficiencia y efectividad que los sistemas CAD.

**RECEPCIÓN:** Junio 7 de 2014

**ACEPTACIÓN:** Octubre 28 de 2014

**TEMÁTICA:** Gestión de Calidad de Proyectos y Procesos en General: Sistema de Información Empresarial

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de Investigación Científica e Innovación

---

**Forma de citar:** Ocampo Hurtado, J.G. (2015). La gerencia BIM como sistema de gestión para proyectos de construcción. En R, Llamosa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 14(38), 17-29. ISSN 1657-8236.

**RESUMEN ANALÍTICO**

BIM, sigla de la expresión Building Information Modeling significa modelado de información para la construcción. Es la evolución natural que sigue a CAD, Computer Aid Design o diseño asistido por computador. Si bien los métodos empleados por CAD o BIM llevan a la elaboración de datos técnicos que sirven para la construcción de un proyecto urbano o arquitectónico, BIM trasciende hacia la idea de sistema de gestión en el que la tecnología informática tiene un papel preponderante como medio para la concepción, diseño, construcción, administración y en términos generales, la gestión de proyectos del sector de la construcción.

Si bien, los sistemas de gestión aplicados al sector de la construcción han tenido un considerable avance a nivel global en los últimos años, en Colombia su presencia es incipiente y salvo algunos escasos ejemplos que comienzan a tener liderazgo gracias a su elevado nivel de competitividad, se mantiene una resistencia al cambio generalizada. ¿Cómo vencer el letargo en la gestión de proyectos del sector de la construcción?

Se propone como objetivo el planteamiento de estrategias que permitan agilizar la transferencia de tecnología BIM ya que la hipótesis sobre el incremento de niveles de competitividad a partir de la implementación de sistemas de gerencia tecnológica informática. El cambio de paradigmas incluye estrategias donde el BIM como didáctica o el entendimiento de los procesos arquitectónicos constructivos son sistemas gerenciados de gestión de la información que pueden llevar a la elevación de indicadores de calidad en el sector de la construcción.

**PALABRAS CLAVES:** BIM, Building Information Modeling, Gestión de proyectos de construcción.

**ANALYTICAL SUMMARY**

BIM, stands for Building Information Modeling. It is the natural evolution following CAD, Computer Aid Design. While the methods used by CAD or BIM lead to the development of technical data used for the construction of an urban or architectural Project, BIM transcends into the idea management system in which information technology plays an important role as a means the conception, design, construction, management and overall, the Project management of the construction sector.

Although management systems applied to the construction industry have had significant progress globally in recent years, its presence in Colombia is incipient and except for some rare examples which begin to have leadership thanks to its high level of competitiveness, widespread resistance to change is maintained. How to overcome the lethargy in the management of projects in the construction sector?

Has as objective the approach of strategies to accelerate technology transfer BIM since the hypothesis on increasing levels of competition from the implementation of information systems technology management. The paradigm shift includes strategies where BIM as a teaching or understanding of the construction management can lead to elevated quality indicators in the building sector.

**KEYWORDS:** BIM, Building Information Modeling, Building Project Management.

**INTRODUCCIÓN**

El proyecto arquitectónico constructivo ha pasado por una evolución paralela a la historia de la humanidad. Ya fuera la roca como elemento de expresión en el pasado remoto, la pluma en el medioevo, o el rapidógrafo en el pasado reciente. El dibujo de planos y la construcción

de maquetas han servido como medios de comunicación que sirven para construir algo.

Los sistemas de gestión de la información hacen uso de técnicas y tecnologías disponibles para hacer efectiva la gerencia de un organismo complejo como la planeación, construcción o gestión de una ciudad. Medina y Rico

plantean: “Teniendo en cuenta la necesidad de alinear el negocio con el uso de las TI, se requiere optimizar la tecnología en cualquiera de los niveles de la organización a fin de mantener procesos eficientes y de esta manera crecer a costes razonables y predecibles”. [17]

En Colombia los sistemas de gestión de la información que apoyan el desarrollo de proyectos urbano arquitectónicos han pasado por el uso de tecnologías tradicionales como la pluma, el lápiz o el rapidógrafo. Hay excelentes ejemplos de planos técnicos elaborados en diversos momentos de la historia. Todos ellos han tenido como fin formar parte del sistema de información que se utiliza para la construcción. En el presente y gracias a los avances en las tecnologías de la información y la comunicación, la forma de enfrentar un proyecto arquitectónico constructivo ha llegado a un nivel de complejidad en donde la participación de expertos en diferentes disciplinas puede conjugarse simultáneamente en el desarrollo de un proyecto.

Tradicionalmente esta participación se lleva a cabo a partir de reuniones de consultoría o la comparación entre planos elaborados por los diferentes expertos. Hoy es posible la participación simultánea de varios expertos en el diseño de un proyecto. Es decir, arquitectos, ingenieros y especialistas en estudios técnicos pueden diseñar y planear sobre un mismo documento donde el proyecto arquitectónico constructivo va tomando forma virtualmente. Dicho proyecto se encuentra en un servidor que no tiene que estar necesariamente en ninguna de las oficinas de los expertos, puede estar en la “nube”, y puede ser alterado de acuerdo con el rol asignado para cada especialista. En esto se basa el sistema de gestión para proyectos de construcción a partir de BIM [7].

Este tipo de sistemas se están implementando paulatinamente en Colombia. Las ventajas competitivas de BIM sobre plataformas como el CAD demuestran ahorro significativo en proyectos de inversión y esto puede evidentemente, llevar al cambio de paradigmas. Lo anterior implica una demanda potencial de expertos relacionados con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Frente a la ley 1286 de 2009 destinada a fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Carrillo, Arias, Arenas y Flórez afirman que: “A pesar de que estas políticas nacionales crean una plataforma para la innovación y las actividades relacionadas con la misma se desarrollan en el ámbito regional o metropolitano, a nivel de los trabajadores, empresas y universidades, la verdadera innovación emerge regionalmente y cada región es un bloque de construcción de la capacidad nacional de innovación”. [6]

La importancia de tomar la iniciativa regional en la implementación de BIM implica el conocimiento del estado del arte sobre como son los sistemas de trabajo

en el sector de la construcción en cada región. Ello abre un nicho de investigación para las universidades ya que ellas tienen la responsabilidad de apoyar el desarrollo regional.

## 1. BIM EN LA GESTION DE LA INFORMACION.

Uno de los factores que afectan directamente la viabilidad de un proyecto de construcción es la referente a los recursos financieros. La falta de liquidez o la debilidad en una estructura económica que permita la inyección de recursos externos se presenta como dificultad mayúscula al considerar la realización de este tipo de proyectos. De hecho, esta dificultad se encuentra presente a cualquier nivel de una forma independiente al perfil financiero del propietario del proyecto. Por otra parte, este tipo de inversiones tienen un impacto significativo en la economía de las empresas. Como ejemplo:

Para una persona con baja capacidad de ahorro, la adquisición de vivienda puede considerarse literalmente la inversión de la vida. Al mismo tiempo para una institución educativa de tamaño medio la construcción de un edificio de aulas o laboratorios puede significar el 50% del presupuesto anual de gastos durante tres años. Del mismo modo, un macro proyecto requiere la concentración de capital para que un problema macro pueda ser resuelto.

Los escenarios anteriores podrían ilustrarse hipotéticamente con los siguientes valores a pesos de 2014:

- Adquisición de vivienda:  
\$300.000.000,00
- Edificio de Aulas:  
\$15.000.000.000,00
- Macroproyecto:  
\$5.000.000.000.000,00

Lo anterior ilustra el tipo de responsabilidad derivado del manejo de recursos públicos o privados que tiene el ordenador del gasto que tenga a cargo este tipo de proyectos. El éxito radica en la excelencia de su gerencia y ello evidentemente implica un efectivo sistema de gestión que permita tener información correcta y oportuna para asegurar la calidad de las decisiones.

El concepto complejidad se aplica a cabalidad en el sector de la construcción. La confluencia de diverso tipo de metas para materializar objetivos específicos que llevan a la culminación de un proyecto de construcción atiende a los siguientes tipos de variables:

Económicas.  
Técnicas.  
Legales.

Administrativas.  
Ambientales.

Tal cantidad de variables se traduce en una matriz de datos multidimensional de la que depende, en muchos casos, la efectividad de cuantiosas inversiones de recursos. Si bien, la experiencia como factor de éxito ha demostrado efectividad a la hora de hacer el balance a los resultados de la gestión, los niveles de exigencia en cuanto a especificaciones técnicas, normatividad y competitividad se han incrementado. Acudir a la gerencia tecnológica informática como estratégica para asegurar la calidad en los proyectos de construcción significa la estructuración a la gestión de la información. Los sistemas BIM están diseñados para gestionar la información en diferentes etapas del proyecto como:

- Diseño del proyecto de inversión.
- Diseño arquitectónico constructivo y estudios técnicos.
- Procesos contractuales.
- Construcción de la obra.
- Administración de la edificación.

## 2. DIFICULTADES EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA BIM EN COLOMBIA.

Si la transferencia de tecnología es el paso del conocimiento y descubrimientos al público en general [4], una de las responsabilidades actuales de las universidades debería ser el formar parte del sistema de transferencia tecnológica aplicada a la gerencia tecnológica informática y en este caso al BIM como sistema de gestión para la construcción.

La importancia de dicha transferencia radica en varios factores:

- Como primera medida, el diseño de software aplicado a los sistemas de gerencia informática dedicados a BIM requiere, además de una cuantiosa inversión, enfrentar empresas de nivel internacional como AUTODESK ó GRAPHISOFT, BENTLEY O NEMETSCHKE, las cuales tienen equipos de investigación que han desarrollado sus sistemas a lo largo de muchos años dedicados al sector del diseño y la construcción [7] Estas empresas con el liderazgo mundial de sus programas: Revit, Archicad, Bentley Architecture y Allplan han alcanzado un nivel de desarrollo inalcanzable ya que han tomado el carácter de sistemas estándar a nivel mundial. En este momento los dos programas líderes a nivel mundial son Revit y Archicad y en lugar de debilitar sus posiciones mantienen una competencia que en muy poco tiempo les llevará posiblemente a la absorción de Bentley y Nemetschke. Ante dicho

escenario, la competencia como diseñadores de software representa un reto inalcanzable.

- Por otra parte, si los sistemas de diseño y construcción en Colombia, persisten en mantenerse en los sistemas CAD, la pérdida de competitividad será paulatina, ya que empresas con sistemas gerenciales de BIM procedentes de otras naciones, podrán competir con alta calidad y eficiencia financiera en comparación con empresas tradicionales del sector de la construcción. Ya en algunas ciudades de Colombia se encuentran empresas que ofrecen este tipo de sistemas y que cuentan con el apoyo técnico o financiero proveniente del exterior. Si bien la competencia es bienvenida en términos de exigencia para cualificar los sistemas productivos colombianos, también es cierto que si no se atiende al reto impuesto por la gerencia tecnológica informática, el sector de la construcción en Colombia será liderado en poco tiempo por empresas constructoras extranjeras. De hecho, las exigencias en términos de calidad y capacidad de contratación dejan actualmente a muchas empresas nacionales por fuera de la competencia.

Lo anterior demuestra la importancia de fortalecer la labor gerencial en el sector de la construcción a partir de la consciencia de lo que la tecnología informática tiene para ofrecer en el siglo XXI.

### 2.1 DIFICULTADES PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA BIM.

Si los sistemas BIM presentan tantas ventajas para los proyectos de construcción, entonces ¿por qué las empresas colombianas desconocen en un alto porcentaje esta forma de trabajar?

Uno de los factores que incide notablemente en la toma de decisión frente a la implementación de este tipo de tecnologías es la resistencia al cambio.

Una empresa que cuente con un sistema de elaboración de propuestas, diseño y presupuesto basado en tecnología CAD y con apoyo de software para costos y licitaciones puede sentir que cuenta con todas las herramientas para competir e incluso ganar un contrato de gran magnitud con el sector público o privado. Y puede tener razón. Bajo parámetros tradicionales, una licitación puede adjudicarse al menor valor de las propuestas, al valor promedio de las mismas o de acuerdo con una fórmula de análisis que determine la mejor opción para el contratante.

Sin embargo, cuando el objeto del contrato se torna complejo e incluye el trabajo simultáneo de varios subcontratistas, ello implica la simultaneidad de redes

y obras en puntos críticos del proyecto. Estos sitios son los que generan sobrecostos, adiciones y prórrogas a los términos contratados. El control que se puede tener sobre este imponderable, no determinado generalmente en ambiente CAD, implica un ahorro estimado entre el 10 y el 15% en el costo global de la obra.

Pero la posibilidad de este ahorro puede no ser visible si quienes toman la decisión de diseñar la forma de contratar o la de gestionar una licitación pública, desconocen este tipo de sistemas. Y es normal que ello ocurra, ya que si bien algunas empresas del sector privado ya están preparadas para trabajar en este ambiente, los sistemas de contratación del sector público aun no lo están.

La eficiencia en el gasto público es estudiada a posteriori por los estamentos de control cuando podría reducirse la incertidumbre en los presupuestos gracias a la gerencia tecnológica informática.

Pero ello implica inversión en hardware, en software y en preparación del equipo humano para asumir este reto.

La ignorancia en este tema da ventaja a los contratistas sobre los contratantes porque pueden controlar a su favor la economía de los proyectos.

Por otro lado, la ignorancia puede ser obstáculo si simplemente no se desea hacer el esfuerzo por prepararse para una competencia que llegará en el mediano plazo. Competencia que llegará con mejores propuestas financieras y tecnológicas para los contratantes.

En resumen, se pueden agrupar los diferentes factores que dificultan la transferencia de tecnología BIM en la resistencia al cambio [23]. Este se puede dar en el contratante y en el contratista. Se pueden encontrar dificultades a nivel legislativo o a nivel de formación post gradual. Valdría la pena que las universidades tomaran la iniciativa con programas de actualización o formación en la gerencia tecnológica informática aplicada al sector de la construcción y en este caso en BIM, con el propósito de cualificar las empresas del sector de la construcción en Colombia.

### 3. DESARROLLO METODOLOGICO.

Este planteamiento sobre la gerencia BIM, se deriva de la investigación "Lógica y Arquitectura" que ha sido realizada en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Como antecedente se tuvo varios años de los cursos medios de expresión cuatro y cinco que fueron dedicados en su momento a la enseñanza y aprendizaje de CAD desde el enfoque del programa Archicad. Estos cursos se realizaron entre 2000 y 2005.

En 2010 se aprobó el inicio de la investigación "Lógica y Arquitectura" que entre las formas de entender la arquitectura, se tuvo al BIM como sistema aplicado al proceso integral del proyecto arquitectónico. Como sujetos de la investigación se definió a los estudiantes de cuatro grupos de la asignatura Seminario de Línea de profundización en Arquitectura y Poética perteneciente al currículo de arquitectura de la Sede Manizales.

Como parte de la metodología se utilizó el método fenomenológico Hermenéutico de Max Van Manen [28], con el cual las discusiones tomaron carácter estructural y los grupos de trabajo se elevaron a la categoría de comunidades académicas. Cada grupo estuvo expuesto a actividades de reflexión y discusión hasta llegar al punto de la reducción fenomenológica donde la subjetividad de las experiencias sirvió como parte de los insumos para llegar a la objetividad del sentido a las discusiones de grupo [1]. En este contexto se tuvo a BIM y a la enseñanza – aprendizaje de la arquitectura como parte de las discusiones. Este proyecto tiene código HERMES 12579 y fue financiado plenamente por la Universidad Nacional de Colombia. Torres afirma: "La existencia de la dupla ciencia-tecnología cambia, pues, la esencia y la contingencia científicas. Si se parte de la percepción estructural del fenómeno, es posible establecer que la ciencia puede ubicarse tanto en la superestructura (ideal) como en la infraestructura (material) de la sociedad". [27]

La aproximación fenomenológica hermenéutica hacia los terrenos de la gerencia tecnológica sirve para entender la esencia de BIM como fenómeno que afecta los métodos para pensar y hacer arquitectura.

#### 3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

A partir de la complejidad de la investigación en el reto de entender a la arquitectura en el mundo contemporáneo, se planteó la siguiente pregunta: ¿La implementación de sistemas BIM tiene implicaciones significativas en la gerencia de proyectos de construcción?

Esta pregunta tiene implícita la consciencia sobre los sistemas administrativos tradicionales en las empresas dedicadas al sector de la construcción y como las herramientas procedentes de la informática se han dedicado en mayor proporción a la elaboración de los proyectos técnicos dejando de lado la posibilidad de contar con sistemas informáticos poderosos que puedan incrementar de una u otra forma la eficiencia y eficacia de los proyectos de inversión.

#### 3.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

Determinar la gerencia tecnológica informática como enfoque para optimizar la efectividad de las empresas pertenecientes al sector de la construcción es una

afirmación que aparentemente resulta obvia y de innecesaria demostración. De hecho, presentada como hipótesis no cumpliría en rigor las condiciones de objetividad y dificultad necesarias para calificarla como tal.

No obstante, plantear la implementación de los sistemas basados en BIM en el contexto colombiano implica el reto de resolver dificultades que aun no han sido resueltas por los esquemas de trabajo basados en CAD como la calidad de la información resultante. Es por ello que se determina como objetivo de esta fase de la investigación plantear propuestas que faciliten la implementación de los sistemas basados en BIM al contexto colombiano.

### 3.3 HIPÓTESIS.

BIM ha sido introducido al País por representantes de empresas privadas interesadas en comercializar sus productos y en vender sus servicios en legítima actividad comercial. Pero, más allá de buscar el logro de objetivos comerciales, BIM ofrece la posibilidad de elevar los niveles de calidad y eficiencia en las empresas dedicadas al sector de la construcción. A partir de lo anterior se plantea como hipótesis que: No es posible implementar los sistemas BIM al sector de la construcción sin la participación del Estado como ente legislador y educador.

### 3.4 ¿CÓMO?

La investigación se desarrolló en tres etapas a saber: Recolección de información, análisis y propuesta.

Para la recolección de información se acudió a fuentes primarias y secundarias para estimar el estado del arte de la presencia de los sistemas CAD o BIM en los proyectos de construcción presentados en la ciudad de Manizales.

Adicionalmente se hizo un barrido en redes públicas digitales para efectos de estimar la presencia real de empresas con sistemas BIM en Colombia. Adicionalmente se buscó información sobre el tipo de formación que existe en Colombia dedicado a la actualización y formación en sistemas CAD o BIM.

El análisis a la información recopilada dio como resultado la inexistencia de sistemas BIM en ciudades intermedias como Manizales y una presencia incipiente de empresas con este tipo de sistemas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Por otra parte la formación en sistemas BIM en Colombia se encuentra en una etapa embrionaria pero cuenta con un fuerte apoyo de empresas provenientes del exterior que están dispuestas a comercializar la formación, el software y el servicio BIM. Por su parte, la formación en las universidades aun se encuentra en su etapa inicial, pero hay avances

significativos como en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en la Universidad del Valle, en Uniandes, en la Pontificia Universidad Javeriana y en EAFIT. Es importante señalar que en otras universidades colombianas también hay avances en este tema.

A partir de la información recopilada y el análisis a la misma se procedió a plantear cuatro enfoques estratégicos para facilitar la transferencia de tecnología BIM al contexto colombiano. Estos enfoques son:

- Cambio de paradigmas: de CAD al BIM.
- BIM como didáctica.
- BIM en la gestión de la información.
- Actores del BIM.

## 4. DISCUSION.

### 4.1 CAMBIO DE PARADIGMAS: DE CAD AL BIM.

La labor del arquitecto ha girado históricamente entorno al diseño y la construcción de sus ideas. Para ello ha utilizado diferentes medios de expresión y representación hasta que la revolución digital impuso al CAD, o diseño y dibujo asistido por computador como estándar para la elaboración de proyectos de construcción. Fue tanto el auge del CAD, que se convirtió en paradigma para las empresas de construcción de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI.

En sus inicios el CAD sirvió específicamente como herramienta de dibujo de planos ofreciendo como beneficio la posibilidad de reimprimir en formato grande cuantas veces lo necesitara el diseñador. La evolución del CAD le llevó a incluir la posibilidad de visualización en tres dimensiones, animación y calidad foto realista en la representación. De hecho, esta evolución transformó la concepción de CAD como paradigma útil para la representación de planos arquitectónicos a la de sistema al servicio del diseño arquitectónico constructivo. No solo los dibujos de planos o perspectivas, sino la información alfa numérica enriqueció de tal forma este entorno de trabajo, que el problema del diseño comenzó a tornarse complejo y a exigir cada vez mayores prestaciones como la compatibilidad entre diferentes programas de computador. La evolución que se presentó en la tecnología de la informática se dio exponencialmente en búsqueda de hacer compatibles formatos como el de excel con el de dwg. De esta forma, cada oficina inició su camino en la especialización de su saber para lograr la mejor calidad posible en el área de su competencia y con ello participar del mercado en su nicho profesional particular. Cada oficina pudo así conformar su sistema de trabajo con la única condición de recibir un insumo de información, procesarlo y entregar su producto al final del proceso. Este tipo de sistemas ha llevado sin duda alguna a la construcción de excelentes proyectos.

Pero presenta la dificultad inherente a la relación entre los diferentes equipos de trabajo que se encuentran involucrados en un solo proyecto [18].

Esto es lo que resuelve BIM o modelado de información para la construcción, ya que gracias a la evolución de las redes computacionales, el trabajo en equipo puede llevarse al escenario de la virtualidad para conjugar simultáneamente la labor de varios expertos aunque ellos se encuentren ubicados en diferentes partes del mundo. Esta confluencia tiene por objeto detectar de forma prematura conflictos entre los diferentes planteamientos que provengan de los diferentes equipos de trabajo. Con ello la toma de decisiones se puede realizar con mayores elementos de juicio y por consiguiente la calidad de la información podrá ser mejor. Ello significa mejores niveles de economía en el proyecto [3]. Esta alternativa se presenta en el escenario de las empresas de construcción como un nuevo paradigma con el cual se puede lograr la ventaja competitiva y por ende abre el camino para actualizar su gestión a partir de la gerencia tecnológica informática. Sierra, Mosquera y Andrade afirman.

“Las estadísticas acerca de fracasos y éxitos de los proyectos en Colombia muestran una tendencia similar que las internacionales; hay más fracasos que éxitos, como se puede constatar en los resultados de las encuestas realizadas por ACIS- Asociación Colombiana de Ingeniería de Sistemas-, para las Jornadas de Gerencia de Proyectos que se realizan anualmente, donde todavía se puede apreciar un alto porcentaje de proyectos que se retrasan en cronograma y presentan sobrecostos.” [25]

La realidad señalada por estos autores ratifica las falencias de paradigmas con los que se ha trabajado en años anteriores. La optimización en los sistemas de gestión de la información, la gerencia integral y la detección temprana de conflictos son factores que pueden reducir las tasas de fracasos en Colombia.

#### 4.2 BIM COMO DIDÁCTICA.

Es normal que el tema de BIM sea introducido al sector de la construcción como estrategia de mercadeo de productos informáticos. Como actividad comercial es legítima esta vía para la introducción de un producto. No obstante, al reflexionar en BIM desde la academia, el enfoque cambia. No es tan relevante el tema de la marca, sino el tipo de sistema que se utiliza para hacer más eficiente la gerencia integral [2].

Pensar desde la enseñanza el tema de BIM y mejor aun, desde el aprendizaje, implica la comprensión del proyecto arquitectónico desde este punto de vista. Es

decir, entender a BIM como didáctica [5]. La diferencia es notable ya que en la gran mayoría de los programas curriculares de arquitectura los ejercicios de diseño llegan hasta el nivel de anteproyecto arquitectónico, salvo algunos casos.

Históricamente se han hecho esfuerzos en los diferentes programas para incluir lo tecnológico en el proyecto pero los resultados no han sido los mejores. Vale la pena mencionar la propuesta curricular actual de la Universidad Jorge Tadeo Lozano de Bogotá, que busca una formación integral en la elaboración de sus proyectos. Pero el caso de la Tadeo Lozano es la excepción a la generalidad de los programas que se dictan en Colombia.

BIM como didáctica implica romper las diferencias conceptuales entre la labor del arquitecto y la de los ingenieros o demás expertos necesarios para diseñar integralmente un proyecto arquitectónico constructivo. La posibilidad de tener trabajos de grado con enfoque trans-disciplinar surge para elevar el nivel de formación de los nuevos profesionales.

#### 4.3 BIM EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.

El proyecto arquitectónico constructivo forma parte del ciclo de un proyecto aun más grande que es el de inversión. Etapas como las de pre-factibilidad y factibilidad o como la de la administración del proyecto una vez concluido, quedan normalmente, por fuera de la vida del proyecto arquitectónico constructivo. Y ello significa poner límites a los cuestionamientos sobre el por qué y para qué en contraste con el cómo y con qué. Si bien cómo y con qué se refieren a los aspectos técnicos de la obra, las otras consideraciones se refieren al sentido del proyecto en un entorno y contexto determinado [26].

BIM no solo se puede utilizar como sistema de apoyo al diseño o la construcción de un proyecto, sino que también puede ser utilizado en la fase inicial o final del proyecto. Es decir, se presenta como un sistema de gestión de la información que ayuda a tomar decisiones con la mejor calidad de datos posible. Ello significa que una vez se da inicio a la vida del proyecto, la información será perfeccionada constantemente hasta entregar en funcionamiento lo proyectado. De hecho, El sistema puede llegar al control digital del proyecto de tal forma que los edificios inteligentes sigan utilizando el sistema BIM como parte de su funcionamiento cotidiano. Esto no lo puede hacer CAD y eleva los estándares de la gerencia de proyectos. En otras palabras, se requiere un nuevo perfil profesional tanto en la arquitectura como en la gerencia aplicada al sector de la construcción. En este último caso, la gerencia tecnológica informática señala el nuevo horizonte en la gestión de proyectos.

#### 4.4 FACTORES DEL BIM.

Todas las personas, expertos o equipos de trabajo involucrados en un proyecto de inversión para el sector de la construcción son actores del BIM [8].

Ya sea el inversionista, el dueño del proyecto o cualquiera de los expertos, todas y cada una de estas personas pueden formar parte del sistema BIM mediante una asignación de roles que permite adicionar u obtener datos de cualquier índole. Esto incluye planos, cantidades de obra, presupuestos, programación de obra, interventoría, avance de obra, bitácora y demás funciones en relación con los proyectos.

Lo anterior significa que BIM está diseñado bajo el concepto de la complejidad como ambiente de trabajo. Como ejemplo se puede pensar en un arquitecto que esté diseñando un espacio de doble altura destinado a la antesala de un teatro. Para ello, este diseñador estará dando forma virtualmente al proyecto desde su computador ubicado en su oficina. Simultáneamente, un ingeniero civil puede estar trabajando en el mismo proyecto para determinar el tipo de refuerzo que se requiere en la construcción. No obstante este ingeniero puede encontrarse en una ubicación física diferente a la del arquitecto. Un tercer experto puede estar trabajando en la elaboración del presupuesto a partir de lo que lo se está elaborando en el modelo. Esto trae como consecuencia la visibilidad de conflictos en el momento inicial del proyecto lo cual es conveniente para la reducción de modificaciones en el momento de la obra.

El siguiente es un listado de los posibles actores de BIM que varía de acuerdo con el tipo de proyecto al que se aplique [9]:

Gerente del sistema BIM, preferiblemente un experto en proyectos de construcción con conocimientos en gerencia tecnológica informática.  
 Arquitecto diseñador.  
 Arquitecto de interiores.  
 Ingeniero civil. Calculista estructural.  
 Ingeniero civil. Proyecto de redes hidro-sanitarias.  
 Expertos en redes de gases y gases especiales.  
 Experto en aire acondicionado.  
 Ingeniero industrial.  
 Experto en instalaciones especiales.  
 Ingeniero electricista.  
 Ingeniero electrónico.  
 Experto en presupuestos.  
 Director de obra.  
 Interventor de obra.  
 Residentes.  
 Expertos en estructuras metálicas.  
 Expertos en ventanería.  
 Experto en carpintería metálica.

Experto en carpintería de maderas.  
 Expertos en cerramientos.  
 Expertos en control ambiental.  
 Expertos en redes de datos y comunicaciones.

Estos y los demás expertos que sean requeridos para la especificidad de cada proyecto pueden trabajar simultáneamente en ambiente BIM para lograr la integralidad en la gestión de la información de toda la vida del proyecto.

Por otra parte para la implementación de BIM en Colombia, los actores son del nivel institucional. No solo las empresas comercializadoras de productos de software, sino las universidades, el Estado y las entidades relacionadas con el sector de la construcción, son actores de primer orden en el cambio de paradigmas. La formación, legislación y difusión de los nuevos estándares de calidad pueden llevar a la cualificación de las empresas nacionales pertenecientes a este sector de la industria. Pero para ello, todos los actores mencionados deben formar parte de la solución.

## 5. RESULTADOS.

### 5.1 RESULTADOS EN TÉRMINOS DE ENSEÑANZA.

- Pasar del diseño arquitectónico puro al entendimiento de que este proyecto forma parte de uno mayor que requiere la labor gerencial no es fácil. Implica el cambio de paradigmas que no solo se refiere a la enseñanza de nuevos programas de computador, sino a una evolución en la forma de entender la arquitectura como tema de enseñanza.

El mundo contemporáneo pide la ruptura a las fronteras de las áreas del conocimiento de tal forma que el trabajo trans-disciplinar sea posible. Ello requiere la evolución del trabajo en equipo y por consiguiente el perfeccionamiento de los equipos de enseñanza como organizaciones en sinergia.

Desde el 2000 la Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura ha documentado la crisis de la enseñanza de la arquitectura y el énfasis absoluto que ha tenido el taller de diseño en los currículos nacionales [24] El paso de CAD A BIM no anula la utilidad que CAD ha prestado al sector de la construcción. Por el contrario, la presencia del nuevo paradigma ha obligado a revisar estándares de calidad y en consecuencia ha llevado a la toma de consciencia sobre las falencias que se tienen en lo referente a la elaboración de planos arquitectónicos constructivos. BIM como tema de enseñanza implica estructurar pedagógicamente los currículos desde lo deductivo hacia lo inductivo y no desde o inductivo

hacia lo deductivo. Es decir, elegir la ruta para el entendimiento del tema arquitectónico desde lo universal hacia lo particular.

Afirman Sierra, Mosquera y Andrade: "...Las mejoras en las tasas de éxito de los proyectos de IT, se debe a: el uso de mejores herramientas para supervisar y controlar el progreso de los proyectos, personas con más conocimientos en buenas prácticas de gestión certificadas por el PMI – Project Management Institute y mejores prácticas en gestión de proyectos". [25]

El cambio de paradigmas desde lo académico se verá reflejado en el campo profesional al contar con profesionales mejor cualificados para la gestión de proyectos de construcción.

- La didáctica se refiere a los instrumentos útiles al modelo pedagógico elegido para lograr el mejor aprendizaje posible. Desde la enseñanza, es una herramienta que sirve a los profesores para que sus estudiantes interioricen lo que este desea que aprendan. BIM como didáctica implica una posición conceptual en la que la integralidad del proyecto arquitectónico constructivo se encuentra sobre aspectos particulares. Este enfoque cambia rotundamente el método tradicional de enseñanza ya que se requiere el pensamiento complejo para resolver el tipo de ejercicios a los que se exponga al estudiante. Desde la enseñanza BIM puede ofrecer dificultades temáticas diferentes a las convencionales tales como la sustentabilidad del proyecto [15]. Ello implica un fortalecimiento a los equipos docentes para poder atender a las nuevas dudas que resultan de este proceso. En este caso ya no sería suficiente un profesor con formación en arquitectura, sino que valdría la pena la presencia de expertos en otras áreas del conocimiento para que la enseñanza fuera integral. Con esto no se quiere afirmar que el nuevo arquitecto será un experto en todas las áreas del conocimiento relacionadas con el proyecto arquitectónico constructivo, sino que tendrá mayores elementos de juicio para la elaboración de sus propuestas, con lo cual se iniciará desde la enseñanza la cualificación de un nuevo profesional que tenga mejores competencias en el ámbito gerencial y en lo referente a su ejercicio profesional. Afirman Marulanda, López y Mejía: "La sociedad actual se caracteriza por la incertidumbre, los mercados desregulados, y la formación de una economía interconectada en tiempo real, el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, el desarrollo de la telefonía y computación móvil, los servicios orientados a clientes, la mercadotecnia y la innovación." [16]

Los estudiantes universitarios del presente cuentan con instrumentos de alta tecnología que les permiten estar conectados con sus compañeros y con redes informáticas de alcance global. Involucrar esta situación en la didáctica es un acto de comunicación directa entre profesores y estudiantes. En lugar de ver la tecnología como algo que dispersa al estudiante, puede verse como una fortaleza para adquirir información.

- Pasar de la enseñanza del diseño básico tradicional a la del proyecto arquitectónico constructivo como sistema de gestión de la información implica fortalecer a los profesionales del sector de la construcción en la gerencia tecnológica informática. Ello implica que los profesores requeridos para este nuevo perfil profesional deben tener la formación suficiente para apoyar a sus estudiantes en una estructuración para la cual no estaba diseñada la enseñanza tradicional [14]. Es un reto en términos epistemológicos ya que implica la transformación de las organizaciones académicas y ello es un planteamiento revolucionario con las dificultades que implica. Esto es un proceso de carácter complejo pero no significa nada distinto a preparar los profesionales para un nuevo contexto global que requiere estrategias de formación donde se prepare a los profesionales no solo para lo local, sino para enfrentar la competencia mundial. Y para ello entender la importancia de la arquitectura como tema de un sistema de gestión de la información es fundamental [21].
- Al enseñar la arquitectura, es usual hablar de las necesidades de los futuros habitantes del proyecto. Las características y particularidades de dichos habitantes determinan en muchos casos la relación entre la forma y la función de lo que se proyecte. En este caso los actores relacionados con el ejercicio del diseño se limitan a quien diseña y a los utópicos o reales habitantes para quien se diseña. En el caso de BIM es diferente y exige de quien enseña el diseño o la gerencia, la habilidad para entender que los actores del proceso de formación deben incluir a expertos de otras áreas del conocimiento. Ello obliga el fortalecimiento de los equipos de trabajo y la participación de expertos provenientes de diferentes disciplinas en la etapa de instrucción, retroalimentación y evaluación de los estudiantes. Ortega, Muñoz y Díaz comentan: "El Ecosistema propuesto en el Plan Vive Digital resalta cuatro ejes principales para lograr el salto digital, los cuales son: Usuarios, Infraestructura, servicios y aplicaciones; en el que cada uno interactúa y depende de su vecino adyacente". [20]

Cuando los equipos de trabajo logran el salto digital en la relación entre usuarios, infraestructura, servicios y aplicaciones la competitividad de las empresas del sector de la construcción se eleva radicalmente. BIM es un sistema gerencial que ofrece el camino para lograr esos nuevos estándares de calidad.

## 5.2 RESULTADOS EN TÉRMINOS DE APRENDIZAJE.

- A diferencia de la labor de enseñanza, en el aprendizaje es el estudiante quien tiene el protagonismo en el proceso formativo. El aprendizaje se refiere a la transformación que tiene la estructura cognitiva de cada estudiante y ello se refiere a su percepción del mundo o en este caso a como es la percepción de la arquitectura [19]. La modificación al objeto de aprendizaje desde su entendimiento tradicional como forma, función y estructura, hacia un nuevo entendimiento donde el trabajo colaborativo, la gestión de información y la complejidad forman parte del proceso de elaboración de sus propuestas, no es un reto fácil de entender. Una de las alternativas para iniciar este cambio de paradigmas es el de participar de cursos introductorios al BIM que sean un primer paso en el manejo de software. Este primer paso dará los instrumentos al estudiante para entender la globalidad del significado de BIM. Pero aun quedarán temas pendientes como los de la gerencia integral, la teoría de sistemas o la gestión de la información [10]. El cambio de paradigmas de CAD a BIM reveló para los estudiantes falencias en el campo del CAD, por lo que es conveniente hacer refuerzos en los temas referentes a la elaboración de planos técnicos constructivos, ya que BIM los incluirá en su proceso. Este es un primer paso que se puede dar en la implementación de dicho sistema en Colombia. Menciona Woolgar: "Cuando una tecnología se encuentra aún en fase pre-paradigmática, hay demasiada ambigüedad para que su difusión empiece en serio". [30]

El estudiante se encontrará en tensión ya que existe la resistencia al cambio y también las propuestas radicales de cambio. En este contexto el estudiante podrá buscar los caminos para definir su perfil como profesional. Eso le llevará a visualizarse como diseñador, como gerente o como alguno de los múltiples actores del BIM, aunque no lo haga de una forma consciente.

- Al contar con BIM como didáctica, el estudiante puede elegir su rol de trabajo [11]. Esta afirmación tiene implícito el uso del modelo pedagógico constructivista donde es el estudiante quien tiene la responsabilidad de definir su perfil profesional y para

ello podrá contar con el apoyo de sus profesores. Este protagonismo del estudiante en su formación aprovecha lo mejor de la enseñanza tradicional a partir del valor de aprender conocimientos, pero estimula un objetivo fundamental en los modelos de enseñanza aprendizaje contemporáneos como es el de fortalecer la capacidad de juicio y crítica. En otras palabras, dar el paso desde aprendizaje de conocimientos hasta el del juicio sobre el conocimiento aprendido. Marulanda, López y Mejía plantean: "Creación del conocimiento: implica el desarrollo de nuevos contenidos o remplazar el contenido existente dentro del conocimiento tácito y explícito de la organización. A través de procesos de colaboración, así como procesos cognitivos individuales." [16]

Cuando los profesores toman conciencia sobre la importancia que tiene el proceso cognitivo en el aprendizaje de los estudiantes, el respeto por los individuos se incrementa. Se entiende así que hay procesos de creación de conocimiento al interior de cada estructura mental en formación profesional.

El juicio a partir del BIM como didáctica prepara al estudiante en el trabajo colaborativo que es, además, otro de los factores determinantes en el modelo pedagógico constructivista. Para ello, la figura del gerente de proyectos aparece como una alternativa de alta cualificación profesional.

- Cuando el estudiante se enfrenta al proyecto arquitectónico como parte de un sistema de gestión de información basado en BIM, los elementos arquitectónicos de composición y las herramientas CAD, no dejan de existir, sino que encuentran su lugar en un proceso de orden complejo donde datos provenientes de fuentes externas aportaran nuevos elementos de juicio para consolidar el proyecto arquitectónico como el componente ambiental [12] o el control al consumo de energía [13]. En el momento de elaborar el proyecto, el estudiante cuenta entonces con criterios provenientes de la ingeniería en cualquiera de sus especialidades llevándole a mejorar la calidad de sus decisiones.
- El estudiante encontrará nuevos actores en su proceso de formación. Debería contar con asesores que le guiaran en la elaboración de sus proyectos desde diferentes enfoques en lugar de contar con una sola visión correspondiente a la del profesor del taller de diseño. El estudiante como protagonista de su formación puede buscar asesoría en ingeniería civil si debe resolver un problema estructural o a un ingeniero electricista si se encuentra con un problema referente a este tipo de especialidad.

La posibilidad de contar con estos nuevos actores propende por una formación integral que le prepara para la competencia de nivel global. Plantean Rojas, Sierra, Villegas y Meza:

“tanto la formación como la apropiación de elementos tecnológicos son espacios de formación que deben potenciar y propiciar la interrelación a través del conocimiento, contribuyendo a cerrar la brecha tecnológica entre quienes tienen acceso a las herramientas computacionales”. [22]

En un mundo donde la revolución electrónica facilitó el paso de lo analógico a lo digital la forma de interactuar con asesores y profesores cuenta con nuevos elementos tecnológicos que no han sido aprovechados lo suficiente como para actualizar los procesos de aprendizaje. El profesional formado en el siglo XXI tiene características muy diferentes a las del graduado en el siglo XX. Pero aun, ese profesional del siglo XXI está siendo perfilado por la apropiación de esos elementos tecnológicos. Es el inicio de una nueva forma de aprender.

## 6. PROSPECTIVA

Colombia está en un momento inicial frente a la transformación del sector de la construcción a partir del a implementación del sistema BIM. La competencia entre grandes competidores como Autodesk y Graphisoft no se ha hecho esperar y hay ciudades donde el estándar de trabajo responde a una marca y no a un sistema o a condiciones técnicas de formatos. La competencia comercial es parte de la realidad pero es conveniente dar una formación integral a los estudiantes de las carreras relacionadas con el sector de la construcción donde la calidad de sus propuestas sea lo importante sobre el tipo de programa que se utilice [29].

Lo anterior lleva a la cualificación del profesional a partir de una formación que le lleva a tener capacidad de gestión sobre volúmenes de información mayores y de mayor calidad que sin el sistema BIM. De acuerdo con lo anterior las capacidades gerenciales de este tipo de profesional podrán dar ventajas comparativas y competitivas para las empresas en las cuales se desempeñe.

Este nuevo escenario señala el inicio de una revolución tecnológica y gerencial que afecta directamente a las profesiones del sector de la construcción en Colombia. [30]

## 7. CONCLUSIONES

- Se inicia una nueva etapa en los programas curriculares de arquitectura en Colombia. Tanto los programas de pregrado como postgrado servirán como escenario académico para la formación o actualización en la gerencia BIM. Este tipo de oportunidades puede ser aprovechado por la unión de grupos de trabajo académicos con fortalezas diferentes pero que puedan estar en relación con el sector de la construcción. A modo de ejemplo, un grupo de trabajo académico en medios de expresión y comunicación podría relacionarse con otro en gerencia y otro en ingeniería civil en torno a una propuesta de formación post-gradual para competir por recursos de MINTIC o de COLCIENCIAS. Este tipo de oportunidades pueden así, fortalecer a los GTA del país en la revolución tecnológica de la enseñanza y aprendizaje de sus profesionales.
- El fortalecimiento que tiene la arquitectura al contar con BIM como forma de gerencia tecnológica informática eleva los estándares de calidad de la educación en búsqueda de la formación integral de los nuevos profesionales. La conciencia de la competencia global como parte de las determinantes para la educación, permite a los graduados nacionales obtener una visión de su profesión que supera el ámbito local.
- La gerencia tecnológica informática se presenta como un área del conocimiento donde los arquitectos pueden buscar la elevación de sus capacidades gerenciales. Los programas de arquitectura del País no se identifican por ofrecer una formación sólida en este tipo de temas con lo que el arquitecto puede llegar a ser excelente diseñador o constructor, pero va a encontrar serias dificultades cuando la escala de proyectos requiere la gestión de volúmenes significativos de información, cosa que se traduce en la inversión de recursos financieros.
- La gerencia BIM como sistema de gestión para proyectos de construcción tomará la forma de paradigma para este sector de la industria en un mediano plazo. La iniciativa la tienen las empresas vendedoras de software y le han seguido algunas universidades interesadas en dar la mejor formación posible a sus estudiantes. No obstante, el tema supera el uso de un programa de computador para llegar a problemas como la legislación de la construcción a la obra pública con el uso de sistemas BIM, o como la formación trans-disciplinar de los estudiantes. La complejidad de este tema

requiere la participación de los diferentes actores involucrados para hacer factible la cualificación de las empresas del sector de la construcción en Colombia.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ayala, R. (2008). "La metodología fenomenológico-hermenéutica de M. Van Manen en el campo de la investigación educativa. Posibilidades y primeras experiencias". En: Revista de Investigación Educativa. Vol 26, No 2.
- [2] Denzer, A. y K.E. Hedges, K. (2008) From CAD TO BIM: Educational Strategies for the Coming Paradigm Shift. En BUILDING INTEGRATION SOLUTIONS. Memoria del 2008 Architectural Engineering National Conference. Septiembre 24-27, en Denver, Colorado. En: <http://books.google.com.co/books?id=oHuvlq8n1z4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [3] Barlish, K. (2012). How to Measure the Benefits of BIM. Charleston, South Carolina: BiblioBazaar. En: [http://books.google.com.co/books?id=No6KM AEACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=M82OUqbM AsL\\_kAfU14CIAg&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books?id=No6KM AEACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=M82OUqbM AsL_kAfU14CIAg&redir_esc=y)
- [4] Bonilla, M. (2006). Innovación y transferencia de tecnología: Retos para Colombia. En: Colombia aprende, la red del conocimiento. Ministerio de Educación Nacional. En: <http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-115000.html>
- [5] Carrasco, J. (2004). Una didáctica para hoy, cómo enseñar mejor, Madrid: RIALP. En: <http://www.casadellibro.com/libro-una-didactica-para-hoy-como-ensenar-mejor/9788432135095/983858>.
- [6] Carrillo, E., Arias, C., Arenas, P. & Flórez, L. (2013). Aproximación al sistema regional de ciencia, tecnología e innovación del departamento de Santander. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 12 Num34, 45-58.
- [7] Coloma, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM. Barcelona: UPC. En: [http://www.fic.org.mx/Eventos/Conferencias20aniversario/Presentaciones/BIM\\_Intro.pdf](http://www.fic.org.mx/Eventos/Conferencias20aniversario/Presentaciones/BIM_Intro.pdf)
- [8] Deutsch, R. (2011). BIM and Integrated Design. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. En: [http://books.google.com.co/books?id=pYt xLE5ivIsC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false](http://books.google.com.co/books?id=pYt xLE5ivIsC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false)
- [9] Epstein, E. (2012) Implementing Successful Building Information Modeling. Norwood, Massachusetts: Artech House. En: [http://books.google.com.co/books?id=9cGgKsQyiB8C&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.co/books?id=9cGgKsQyiB8C&dq=BIM&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- [10] Hardin, B. (2009). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. Indianapolis: Wiley Publishing. En: [http://books.google.com.co/books?id=pduhGy cNIZMC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false](http://books.google.com.co/books?id=pduhGy cNIZMC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false)
- [11] Jernigan, F. (2008). Big BIM, Little Bim: The practical Approach to Building Information Modeling: Integrated Practice Done the Right Way! Salisbury, Maryland : 4Site Press. En: [http://books.google.com.co/books?id=5DiLQwAACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=RMuOUqm3EM3SkQeD iYHIBw&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books?id=5DiLQwAACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=RMuOUqm3EM3SkQeD iYHIBw&redir_esc=y)
- [12] Krygiel, E. Nies, B. (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. En: [http://books.google.com.co/books?id=2Nia6A4G0uQC&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.co/books?id=2Nia6A4G0uQC&dq=BIM&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- [13] Kumar, S. (2008) Interoperability between building Information Models (BIM) and energy analysis programs. Ann Arbor, Michigan: ProQuest LLC. En: [http://books.google.com.co/books?id=N ovYFQToxHoC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=RMuOUqm3EM3SkQeDiYHIBw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false](http://books.google.com.co/books?id=N ovYFQToxHoC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=RMuOUqm3EM3SkQeDiYHIBw&redir_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false)
- [14] Kymmell, W. (2007). Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD Simulations. New York: Mc Graw Hill Professional. En: [http://books.google.com.co/books?id=vV8qgetzBQEC&pg=PR2&vq=BIM&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=2#v=onepage&q=BIM&f=false](http://books.google.com.co/books?id=vV8qgetzBQEC&pg=PR2&vq=BIM&dq=BIM&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q=BIM&f=false)
- [15] Levy, F. (2011). BIM in Small-Scale Sustainable Design. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. En: [http://books.google.com.co/books?id=IMF9DS8abagC&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.co/books?id=IMF9DS8abagC&dq=BIM&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- [16] Marulanda, C., López, M. & Mejía, M. (2013). Análisis de la gestión del conocimiento en pymes de Colombia. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 12 Num33, 33-43.
- [17] Medina, Y., Rico, D. (2012) Mejores prácticas de gestión para la calidad de los servicios en

- tecnologías de información. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 11 Num29, 47-57.
- [18] Ningappa, G. (2011). BIM a Lean Tool? Use a Lean and Building Information Modeling (BIM) in the Construction Process; Does BIM make it Leaner?. Saarbrücken, Alemania: LAP Lambert Academic Publishing. En: [http://books.google.com.co/books?id=U2glywAACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=i8yOUonwNcTPkQe-m4G4Dg&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books?id=U2glywAACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=i8yOUonwNcTPkQe-m4G4Dg&redir_esc=y)
- [19] Ocampo, J. (2013). "Didáctica y Percepción de la Arquitectura". En: Revista HITO No 27, Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura.
- [20] Ortega, H., Muñoz, S. & Díaz, E. (2012) Propuesta para impulsar el desarrollo de aplicaciones convergentes en Colombia. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 11 Num30, 15-24.
- [21] Pramod, R. ( 2011). BIM for Building Owners and Developers: Making a Business Case for Using BIM. Hoboken, New Jersey:John Wiley & Sons, Inc. En: [http://books.google.com.co/books?id=53MqxPkgDOYC&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.co/books?id=53MqxPkgDOYC&dq=BIM&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- [22] Rojas, T., Sierra, L., Villegas & J. Meza, E. (2013) Integración metodológica para el desarrollo de recursos educativos informáticos para apoyar la enseñanza del Nasa Yuwe. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 12 Num32, 45-60.
- [23] Race, S. (2012). BIM Demystified. New York: Taylor & Francis. En: [http://books.google.com.co/books?id=9LJ8MAEACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=HcyOUqaTEY3IkAe1g4CYBw&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books?id=9LJ8MAEACAAJ&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=HcyOUqaTEY3IkAe1g4CYBw&redir_esc=y)
- [24] Saldarriaga, A. (2011). Enseñanza de la Arquitectura en Colombia, Estado Actual. Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura. En: [http://scabogota.com/acfa3/images/publicaciones/estudio\\_nacional.pdf](http://scabogota.com/acfa3/images/publicaciones/estudio_nacional.pdf)
- [25] Sierra, L., Mosquera, L. & Andrade, D. (2013). Guía para apoyar la priorización de riesgos en la gestión de proyectos de tecnologías de la información. Revista: Gerencia Tecnológica Informática, Vol 12 Num33, 15-32.
- [26] Smith, D., Tardif, M. (2012 ) Building Information Modelon: A strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, constructors, and Real Estate Asset Managers. Hoboken, New Jersey:John Wiley & Sons, Inc. En: [http://books.google.com.co/books?id=gQ-6gcoU6J4C&dq=BIM&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.co/books?id=gQ-6gcoU6J4C&dq=BIM&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- [27] Torres, Raúl. (2003) Los nuevos paradigmas en la actual revolución científica y tecnológica. Ed. EUNED. Costa Rica. Libro.
- [28] Van Manen, M. (2003). Investigación Educativa y Experiencia vivida. Ciencia humana para una pedagogía de la acción y de la sensibilidad. En: <http://www.casadellibro.com/libro-investigacion-educativa-y-experiencia-vivida-ciencia-humana-para-una-pedagogia-de-la-accion-y-la-sensibilidad/9788482362830/927799>> Consultado en 14/05/2014.
- [29] Weygant, R. (2011). BIM, Content Development. Standards, Strategies, and Best Practices. Hoboken, New Jersey:John Wiley & Sons, Inc. En:[http://books.google.com.co/books?id=s1CkIs8r8fgC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false](http://books.google.com.co/books?id=s1CkIs8r8fgC&printsec=frontcover&dq=BIM&hl=es&sa=X&ei=PsqOUvCIHpDTkQey4oCQDA&redir_esc=y#v=onepage&q=BIM&f=false)
- [30] Woolgar, Steve. (2010). ¿Sociedad virtual? Tecnología, "Cibérbole", realidad. Ed. UOC. Barcelona.