

MODELACION DE LA INFORMACION DE LA CONSTRUCCION (BIM) Y EL
CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION.



LAURA ALEJANDRA DÍAZ CONSUEGRA

Ensayo presentado como opción de trabajo de grado para optar por el título de:

INGENIERO CIVIL

Curso internacional Misión de la Innovación, Universidad Politécnica de Valencia-
Valencia-España

Luz Yolanda Morales Martín

Tutor

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, 2019

MODELACION DE LA INFORMACION DE LA CONSTRUCCION (BIM) Y EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION.

Resumen

Este ensayo se hablara de la importancia de la innovación en cualquier campo, en este caso se aplicara a la Ingeniería Civil en el tema de la planeación y desarrollo de un proyecto, es decir, en el ciclo de vida del proyecto; este ciclo de vida, consiste en el conjunto de fases que se deben ejecutar y tener en cuenta para alcanzar el objetivo de un proyecto. En este caso para el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto se buscan herramienta que permitan lograr que este llegue a su objetivo y en este caso una de las herramientas más utilices que se pueden utilizar y uno de los temas más innovadores a los cuales no se le ha prestado atención como es debido es el sistema de Modelación de la Información de la Construcción (BIM).

BIM es un sistema de trabajo complejo pero muy útil ya que permite la creación de simulaciones digitales de diseño junto con la coordinando de la información que conlleva un proyecto de Ingeniería Civil, todo con el único fin de aprovechar los recursos con los que se cuenta. Es decir, que se presenta una integración de las fases de un proyecto junto con las dimensiones y parámetros que presenta esta metodología y por medio de esto se logra tener en un modelo la información necesario de planeación como un esquema de los costos, tiempos, presupuestos, control de obra, entre otros ámbitos importantes al momento de la ejecución y planeación de un proyecto. A los largo de este ensayo se ampliara la información de este tema y se especificara como se integran y a su vez se demostrara como la innovación tiene una gran influencia en cualquier área de trabajo.

Palabra Claves: Ciclo de vida de un proyecto, Modelación de la Información de la Construcción, planeación, fases, dimensiones, ejecución, innovación, gestión de proyectos, metodología, optimización de recursos.

Abstract

This essay is going to be based in the importance of innovation in any application field, in this case it will be applied to Civil Engineering in the subject of planning and development of a project, that's means in the way of run the life cycle of the project; this life cycle consists of the set of phases that must be executed and taken into account to achieve the main goal of a project. In this case, for the development of the life cycle of a project, a tool that allows it to reach its objective and in this case one of the most used tools that can be used or applied

and by the way one of the most innovative topics to which no one has been given the correct attention or use; and this tool is best known as the system of Building Information Modeling (BIM).

BIM is a complex but very useful work system since it allows the creation of digital design simulations along with the coordination of the information that a Civil Engineering project entails, all with the only purpose of taking advantage of the resources that are available. That is to say, that an integration of the phases of a project is presented together with the dimensions and parameters that this methodology presents and through this it is possible because we got a model, that will give the necessary information that will help us to plan and own extra information like: sketch, scheme of costs, times, budgets, work control, among other important areas, that will allow the control of the time of execution and planning of a project. Throughout this essay, the information about this topic will be expanded and will specify how they are integrated and at the same time and also it will demonstrate how innovation has a great influence on any work area.

Abstract: Project life cycle, Building Information Modeling, planning, phases, dimensions, execution, innovation, project management, methodology, resource optimization.

Title: Building Information Modeling (BIM) and the Life Cycle of a Construction project.

Introducción

En la Misión Académica Internacional en Gestión de la Innovación que se desarrolló en la Universidad Politécnica de Valencia entre el 28 de Junio al 11 de Julio se trabajaron diferentes temas como: estrategia, gestión de proyectos, gestión de procesos, gestión de operaciones y gestión de productos los cuales buscan como tal generar y reforzar competencias que son necesarias al momento de desarrollar innovaciones; entre estas competencias que se encuentran la comunicación, el liderazgo, el cambio cultural y el pensamiento creativo. Para poder desarrollar estas competencias se debe pasar por ciertos niveles de adquisición como: conocer, comprender, aplicar, analizar y sintetizar y finalmente evaluar; estos niveles son fundamentales para la innovación ya que son los principales pasos para lograr la formulación estratégica, la cual es una herramienta fundamental al momento de identificar que se busca innovar y porque se requiere hacer esto (Bloom, 1956).

En los proyectos de Ingeniería Civil, innovar es una parte fundamental al momento de planear un proyecto, por lo tanto, se puede observar que para desarrollar la gestión de la innovación se debe realizar la aplicación de esta y otros ámbitos como: la gestión de estrategias y la gestión de procesos, estos hacen que el desarrollo del proyecto sea más eficiente y traiga consigo beneficios (Nieto, 2012); además de hacer que el proyecto se pueda realizar en forma rápida y eficiente, con la implementación de nuevas tecnologías los tiempos de estos procesos se hacen más cortos lo que significa que el proyecto o la tarea que se desea ejecutar cumplirá con los objetivos propuestos, lo que indica que se obtuvo el resultado esperado.

Para lograr un resultado correcto al momento de innovar se debe tener en cuenta algunos pasos previos como la investigación (cuantitativa y cualitativa) y el desarrollo (herramientas, metodologías y prototipos); por esta razón antes de definir cualquier tipo de proyecto en el cual se quiera trabajar se debe partir de la planeación, en esta fase se evalúa y se determina a quien va dirigido el proyecto y a su vez se determina si el proyecto es viable, es decir si se puede desarrollar y que posibles consecuencias que se podrían tener al realizar la ejecución del mismo (PMBOK, 2013). A su vez se definen las herramientas de gestión, que por lo general tratan temas como: pérdidas de productividad, calidad, plazos de entrega y

aprovechamiento de los recursos, por esta razón se debe buscar una optimización de los mismos; esta optimización se puede realizar por medio del manejo de los recursos y para esto se utiliza el Lean Construction. Lean Construction es un sistema que sirve para el manejo de los proyectos, el cual se rige por la filosofía de maximizar el valor y minimizar las pérdidas del proyecto es decir reducir las pérdidas en las actividades de la construcción por medio de la generación de un buen diseño que además satisfaga las necesidades del cliente, tener en cuenta los procesos al momento de desarrollar el proyecto y tener un control de los sistemas de planeación; con este sistema se puede asegurar un resultado positivo tanto para el cliente como para el diseñador (Lange, 2016). Por lo tanto, se debe buscar la implementación de estos sistemas o medidas que generen un beneficio para el cliente y que signifiquen para el proyecto un desarrollo más óptimo, ya que esto genera gran satisfacción al momento de planear y de desarrollar un proyecto.

Después de revisar los antecedentes del proyecto y analizar cómo se va a desarrollar de acuerdo a lo propuesto en el ciclo de vida de construcción del mismo, se debe analizar además el entorno, en donde se identifican las tendencias sociales y tecnológicas, las fuerzas del mercado, las fuerzas de la industria, el desarrollo económico y las oportunidades que se puedan contemplar de negocio (Méndez, 2016); todo esto con el fin de crear o generar un contexto claro acerca del panorama en el que se está entrando y acerca del reto de innovación que se pretende asumir, en este sentido como tema de innovación la metodología BIM, como se explicará más adelante, es un sistema de trabajo muy importante que se ha estado desarrollando en los últimos años. El uso de esta metodología es un ejemplo claro de cómo se presenta la innovación, ya que innovar no se trata solo de crear nuevas cosas, innovar es utilizar y aprovechar al máximo todo lo que se encuentra alrededor y de esta manera encontrar la mejor de las soluciones al problema que se plantea utilizando los mejores recursos.

Ciclo de Vida de un Proyecto.

Para realizar la gestión de un proyecto y por medio de esto lograr la planeación del mismo, se tienen en cuenta algunas fases o etapas para desarrollarlo; a este proceso se le conoce como ciclo de vida de un proyecto, el cual se resume en una serie de fases que se desarrollan a lo largo de un proyecto desde el inicio hasta el final del mismo (PMBOK, 2013). El ciclo de vida de un proyecto según el PMBOK es lo que se debe hacer para alcanzar el objetivo final o completar el proyecto por medio de fases, las cuales deben ser secuenciales y además cada una cuenta con un nombre y un número que se le otorga en función de la naturaleza del proyecto o el área de aplicación del mismo; estas fases se definen de acuerdo a una serie de objetivos funcionales que se establecen dependiendo el tipo de proyecto que se vaya a trabajar, sin embargo estas cuentan con un límite de tiempo que va desde un inicio hasta un fin, lo que significa que al finalizar cada una de ellas se está llegando a un punto de control en donde se puede revisar el avance del proyecto. En la figura 1, se presenta la estructura de las fases de un proyecto, estas fases son: inicio, planificación, ejecución y cierre.

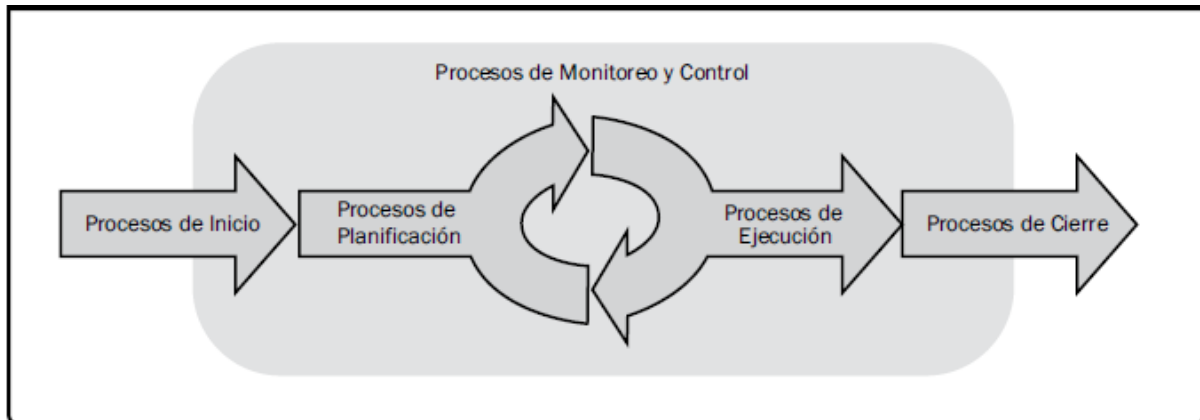


Figura 1. Fases de un Proyecto (PMBOK, 2013)

En el contexto de la construcción el ciclo de vida de estos proyectos se contempla en las siguientes fases: concepción, diseño, construcción, puesta en marcha y cierre; sin embargo en la práctica las fases se definen según el tipo de proyecto que se esté planeando, es decir, no todos los proyectos tendrán las mismas fases y a su vez no todos cuentan con el mismo ciclo de vida (Construction Extension to the PMBOK Guide, 2016). Además con la

definición de las fases se puede definir el tipo de ciclo de vida con el que se va a trabajar según la orientación del proyecto, en donde se tiene el ciclo de vida predictivo en el cual el producto y los entregables se definen desde el comienzo del proyecto y cualquier cambio que se quiera realizar a lo largo de éste se debe gestionar cuidadosamente y el ciclo de vida adaptativo en este el producto se desarrolla tras varias iteraciones y su alcance se debe definir desde el principio de las mismas (PMBOK, 2013).

De acuerdo a la extensión de construcción del PMBOK (2016) el tipo más común de proyecto de construcción es el que se ejecuta entre el dueño y una empresa de contratistas, por lo tanto se puede decir que la mayoría de proyectos de construcción tienen un ciclo de vida predictivo, sin embargo, como ya se expuso anteriormente el tipo de ciclo de vida depende del enfoque y de la perspectiva que se tome en el proyecto; todo esto depende las fases que se hayan definido previamente en el ciclo de vida, las cuales se plantean con el fin de alcanzar el objetivo final del proyecto (Construction Extension to the PMBOK Guide, 2016) . Al plantear las fases de un proyecto de construcción se tienen en cuenta que estas se pueden superponer, ya que se tiene una perspectiva diferente al momento de el diseño y otra al momento de la construcción (PMBOK, 2013); en la Figura 2, se evidencia la estructura de un proyecto de construcción y como se presentan las fases en el mismo.

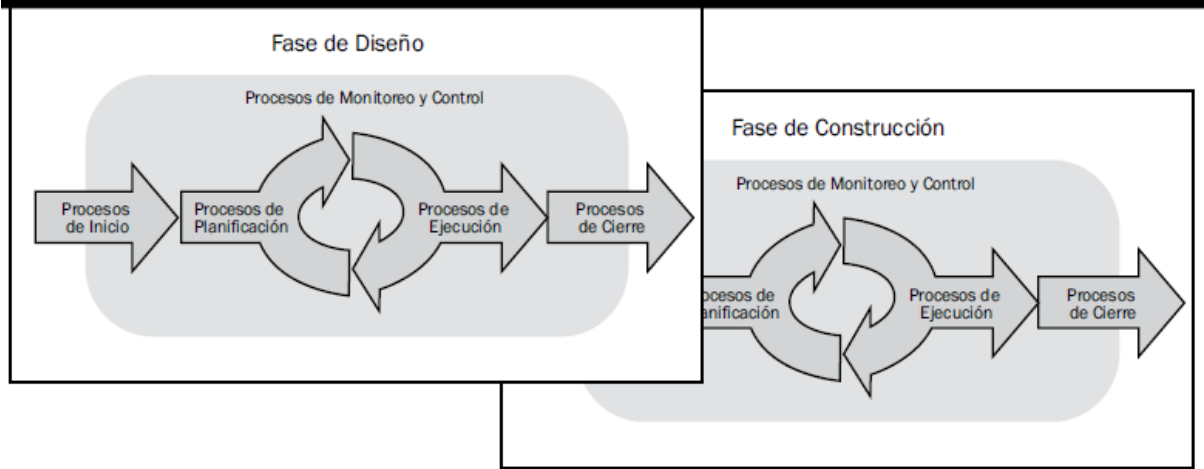


Figura 2. Fases de un proyecto de construcción (PMBOK, 2013).

El ciclo de vida de un proyecto es un conjunto de acciones que se realizan con el fin de cumplir con un objetivo dentro de unos plazos que se han establecido, como se evidencia en el PMBOK y en su extensión de construcción; estas dos guías exponen claramente como se deben planear las estructuras de las fases que conforman los ciclos de vida, por medio de la definición de las actividades que se desarrollan en cada fase, los entregables, los involucrados en las mismas y finalmente el control y aprobación de estas fases. De acuerdo a lo anterior se puede ver que en la extensión de construcción del PMBOK se encuentra un enfoque más claro de cómo se puede desarrollar un proyecto en Ingeniería Civil según la gestión del proyecto (Construction Extension to the PMBOK Guide, 2016).

Por otra parte, en el PMBOK se encuentran las áreas de conocimiento de los proyectos, las cuales consisten en un conjunto de conceptos, términos y actividades que conforma un ámbito profesional o un área determinada; en este caso está se aplicará a los proyectos en cada una de las fases o grupos de procesos de construcción, con base a las prácticas comunes y algunas aplicaciones específicas de cada área.

En la Tabla 1, tomada de Construction Extension to the PMBOK Guide (2016) se encuentran los grupos de procesos y las áreas de conocimientos relacionados con los proyectos de construcción. En las áreas de conocimiento se encuentran: manejo del proyecto de integración, gestión del alcance del proyecto, gestión del cronograma del proyecto, gestión de costos del proyecto, gestión de calidad del proyecto, gestión de recursos del proyecto, gestión de comunicaciones del proyecto, gestión de riesgos del proyecto, gestión de adquisiciones de proyectos, gestión de partes interesadas del proyecto, proyecto de salud, seguridad, seguridad, y gestión ambiental y gestión financiera del proyecto; y en los grupos de procesos se encuentra: grupo de proceso de iniciación, grupo de proceso de planificación, grupo de proceso de ejecución, grupo de proceso de monitoreo y control y grupo de proceso de cierre.

Tabla 1. Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos de construcción (Construction Extension to the PMBOK Guide, 2016).

Knowledge Areas	Project Management Process Groups				
	Initiating Process Group	Planning Process Group	Executing Process Group	Monitoring and Controlling Process Group	Closing Process Group
4. Project Integration Management	■	■	■	■	■
5. Project Scope Management		■		■	
6. Project Schedule Management		■		■	
7. Project Cost Management		■		■	
8. Project Quality Management		■	■	■	
9. Project Resource Management		■	■	●	●
10. Project Communications Management		■	■	■	
11. Project Risk Management		■		■	
12. Project Procurement Management		■	■	■	■
13. Project Stakeholder Management	■	■	■	■	
14. Project Health, Safety, Security, and Environmental Management		●	●	●	
15. Project Financial Management		●		●	

■ PMBOK® Guide Knowledge Areas and Process Groups included in Construction Extension
 ● Construction-specific Knowledge Areas and Process Groups unique to Construction Extension

En la gestión de proyectos la correcta aplicación de estas áreas de conocimiento y de los grupos de procesos es fundamental en los proyectos de construcción ya que con la integración de esto permite abordar o desarrollar estos de una manera mas rápida, eficiente y económica. Además, para lograr la gestión de proyectos no solo se debe tener en cuenta el inicio y el fin del mismo, se debe tener claro como se va a cumplir el cronograma que se estableció y como se van a desarrollar las actividades que se establecen en cada fase; para esto el uso de herramientas de trabajo es algo necesario y la implementación de estas debe ser algo fundamental en la planeación de proyectos, a continuación se tratará una de estas herramientas conocida como modelación de la información de la construcción la cual permite la integración de la información del proyecto.

Modelación de la Información de la Construcción (BIM)

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente el estudio de la innovación centrado en el uso de la metodología BIM es un sistema de trabajo complejo pero muy útil, ya que conocer el uso correcto y la implementación de esta metodología al momento de realizar un proyecto de ingeniería podría generar grandes ventajas en el desarrollo del mismo puesto que siempre en el desarrollo de un proyecto se debe tener en cuenta qué es lo que está pidiendo el cliente y en este caso la utilización de estas tecnologías permitiría obtener un resultado a lo que se está planteando de una forma más rápida y segura (Moreno, 2018). La metodología BIM (Modelación de la Información de la Construcción), es una metodología que permite la creación de simulaciones digitales de diseño coordinando con toda la información que conlleva un proyecto de Ingeniería Civil.

Este método funciona como un sistema de datos que permite el diseño del D (idea), 2D (boceto), 3D (modelo), los cuales actualmente se trabajan con CAD (diseño asistido por computadora); además de la incorporación del 4D (tiempo), 5D (costos), 6D (sostenibilidad) y 7D (gestión y operación), los cuales se definirán más adelante. Con estos datos se puede gestionar la información de manera inteligente durante todo el ciclo de vida de un proyecto automatizando procesos de: programación, diseño conceptual, diseño detallado, análisis, documentación, fabricación, logística de construcción, operación y mantenimiento, renovación y/o demolición (Avila, 2015). Esta tecnología permite ordenar la complejidad de los procesos, por lo tanto, se considera a BIM como un sistema de trabajo. En la Figura 3, se presentan los componentes característicos de este sistema, los cuales son: construcción, información, modelación, software, diseño, planificación y ordenador.

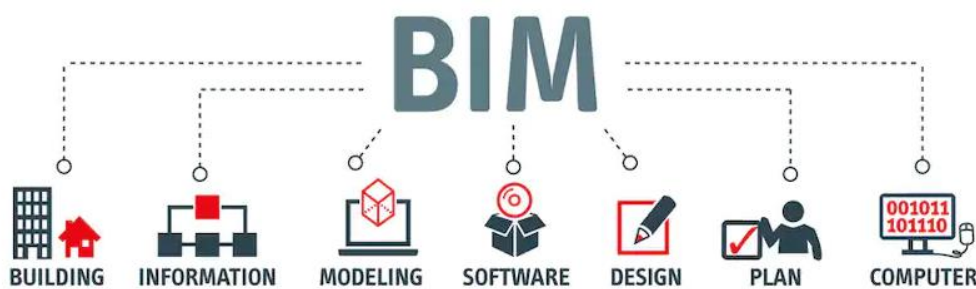







Figura 3. Building Information Modeling Software (Borrman, 2018).

El área de la construcción BIM permite en sus modelaciones incluir los productos y materiales reales que se utilizarán para construirlos por medio de la incorporación de la geometría, costos y la información de contacto para adquirirlos una vez aprobado; en cuanto al tema de la modelación de una edificación, BIM permite la simulación de procesos constructivos de esta forma el Ingeniero Civil puede observar las combinaciones estructurales, cargas y flujos y a su vez el constructor analizar ingresos, gastos, beneficios, costos; todo en un solo modelo (Mooney, 2019). Usar esta metodología ayudaría al ahorro de tiempo, debido a que con la modelación que se realiza se obtienen algunos resultados de una forma más eficaz, por esta razón se recomienda promover el conocimiento y la implementación de esta metodología y para lograrlo se debe tener en cuenta que al ser un sistema de trabajo moderno, no todo el mundo tiene conocimiento del mismo; por lo tanto las personas que deseen desempeñarse en este sistema deben realizar unos cursos previos en donde se asegure el manejo del programa y con la practica permitente del mismo, ya que el fin de usarla es asegurarle al cliente que la parte del proyecto que se estuvo trabajando en esta metodología arrojará resultados positivos para el cliente y a su vez para quien ejecuta el proyecto (Moreno, 2018).

La modelación con BIM permite la imitación del proceso real de construcción, ya que se aleja de los dibujos con sólo líneas 2D y se pasa a la construcción de edificios o proyectos de forma virtual en donde se realiza la modelación con elementos reales como cubiertas, muros, ventanas, entre otros; además de permitir cambios en el diseño que se está trabajando, debido a que los datos se guardan en un modelo virtual central, el cual trabaja con base a los cambios que se detectan en cada uno de los dibujos individuales que se estén trabajando en el modelo, lo que quiere decir que BIM a su vez sirve como una base en la cual se pueden guardar diseños bien coordinados y procesos de construcción que se hayan integrado en los modelos trabajados (Mooney, 2019). Para comprender los beneficios que trae consigo la modelación en BIM se debe entender el proceso que este sistema maneja en la digitalización, por esta razón se tienen en cuenta las bases o las dimensiones que se encuentran en este sistema, las cuales se ven reflejadas a lo largo del desarrollo del proyecto. Considerando lo expuesto anteriormente para introducir información nueva al modelo este trabaja con las dimensiones 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. Las cuales se explicarán en la Tabla 2, adaptada de Borrmann (2018)

Tabla 2. Modelación de la información de la construcción; dimensiones del sistema (Borrmann, 2018)

DIMENSIONES	CARACTERISTICAS
<p>Modelación (3D)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta dimensión se desarrolla un modelo digital de la construcción o el proyecto que se va a ejecutar. • Permite observar el detalle grafico del diseño que se está ejecutando. • Al realizar este modelo se pueden encontrar los posibles problemas que se estén evidenciando hasta el momento en esta fase de diseño por lo tanto se pueden generar algunos cambios que favorezcan el desarrollo del proyecto. • Para lograr una modelación correcta se realiza el “model checking”, en el cual se revisa que se cumple con las peticiones de diseño.
<p>Tiempos (4D)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta dimensión se realiza el control de la eficiencia y duración de las distintas tareas de los proyectos, simulando los tiempos de todas las fases y trabajos. • Este control posibilita una planificación detallada con estimaciones y la visualización del progreso de todas las actividades; además de dar un seguimiento detallado permitiendo una coordinación eficiente de los especialistas y sus actividades, mejorando los tiempos y el uso de recursos. • Permite el desglose analítico de un proyecto en partes elementales planeadas específicamente para conectarse con lo que se ha modelado; de esta manera es posible extraer, organizar y visualizar fácilmente el progreso de la obra representando una de las formas de innovar la gestión de esta dimensión.
<p>Costos (5D)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta dimensión es importante para la optimización de la rentabilidad del proyecto, en esta se realiza la estimación y gestión de costos o gastos que se presenten a lo largo del desarrollo del proyecto. • Permite definir la cantidad de materiales y costos, además de organizar los gastos para poder estimar los posibles costos de operación que se dan en la fase de uso y mantenimiento. • Al combinarse con otras dimensiones de BIM (3D y 4D), permite el control del coste total del ciclo de vida del proyecto y también el almacenamiento de información exacta durante el uso y el mantenimiento. • Permite el cálculo de la relación entre los costos, los tiempos y el trabajo.
<p>Sostenibilidad (6D)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta dimensión se puede realizar un análisis muy preciso de cómo se va a desarrollar o como se va comportar el proyecto, esta fase es importante porque de este análisis depende la toma de decisiones que va a ser fundamental. • Entrega una visión de la gestión de recursos, con el fin de buscar la optimización del consumo de energía y reducir en lo que más se pueda los daños que se puedan generar en el ambiente. • Se toman decisiones que son importantes y que se deben tomar antes de comenzar el proyecto, debido a que se pueden crear diferentes alternativas que afectan directamente en los materiales que se quieren utilizar, los combustibles que se van a utilizar a lo largo del proyecto.

<p>Gestión y Operación (7D)</p> <p>MANTENIMIENTO Ciclo de Vida Útil</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta dimensión se trabaja el control logístico y operacional para el uso y mantenimiento del proyecto, por medio de monitoreo, reparaciones y tareas de mantenimiento. • Esta fase permite además encontrar información sobre posibles fallas en el funcionamiento y en contar áreas en donde se puedan realizar algunas mejoras. • Con BIM la gestión de estas tareas se realiza de una forma más eficiente, en el menor tiempo y antes de invertir mayor cantidad de recursos en una posible solución. • Permite evaluar en concreto el desarrollo general del proyecto y se verifica si se cuenta con los recursos necesarios además de evaluar las posibles fallas que pueden surgir y se dan las posibles soluciones a las mismas teniendo en cuenta los recursos que se tienen y buscando el menor gasto posible.
---	---

Estas dimensiones son una parte importante del sistema BIM, por esto más adelante se utilizará cada una para ejemplificar y explicar con más claridad como influyen estas en el desarrollo de un proyecto de construcción; además de demostrar como la unión del modelo junto con el desarrollo de cada una de las fases trae consigo resultados favorables y eficientes para el proyecto.

Impacto de la Modelación de la Información de la Construcción (BIM) en el ciclo de vida de un proyecto

Gracias a la modelación BIM se pueden obtener varios resultados positivos al momento de desarrollar un proyecto, sin embargo, para poder entender mejor la influencia de este sistema se debe tener en cuenta cómo se desarrolla un proyecto de construcción en Ingeniería Civil. Como ya se dijo un proyecto de construcción pasa por diferentes fases desde su inicio hasta su final, estas fases son mejor conocidas como el ciclo de vida de un proyecto (Project Lifecycle Phases) entre las cuales se desarrollan actividades de pre-construcción y de post-construcción; estas actividades se desarrollan con el fin de obtener resultados satisfactorios en donde en general se busca obtener mayor utilidad a menor costos (Brojit, 2005).

Para ejecutar un proyecto primero se debe tener definida la necesidad que se busca satisfacer y las alternativas que se le pueden dar a estas necesidades; con la implementación del sistema BIM al seleccionar una solución estudiada anteriormente se pueden realizar diversos análisis en cuanto al diseño que se desea proponer y en cuanto al medio en el cual se busca la ejecución del proyecto (Jorge García Reyes, 2017). En ingeniería Civil el ciclo de vida de un

proyecto es una parte fundamental al momento de querer desarrollar una construcción, por esta razón se debe implementar el sistema de modelación BIM para lograr unos resultados más óptimos y eficientes; ya que en este sistema se atraviesa también por las mismas fases de desarrollo de un proyecto y a su vez al ingresar todos los datos correspondientes en este sistema se obtiene una proyección a los posibles resultados que se van a generar en el proyecto, lo cual es útil para revisar y solucionar los posibles problemas que se puedan generar en el proyecto que se está trabajando con ayuda del modelo en el cual se está realizando el diseño (Chakrabarti, 2019).

Utilizando BIM se puede revisar el impacto de este en los proyectos, ya que el uso de esta tecnología permite la extracción de información inteligente para usarla en diferentes áreas que tienen que ver con el proyecto (diseño, presupuesto, construcción y mantenimiento) generando beneficios impresionantes en eficiencia, anticipación de errores, ahorro de tiempo y sobre todo ahorro de dinero (Moreno, 2018). Debido a que todo en construcción funciona como un proceso la integración del sistema BIM y del ciclo de vida de un proyecto, son herramientas que van de la mano; ya que antes de considerar el uso del sistema BIM en un proyecto primero se debe realizar un análisis y se debe encontrar una solución al problema que se está estudiando, esto facilitará la coordinación, simulación y visualización por medio de la creación de un modelo que permita la integración de algunas fases básicas del ciclo del vida como la planificación, diseño, construcción y administración (Jorge García Reyes, 2017).

En la Figura 4, se representa el ciclo de vida de un proyecto de construcción, en donde con ayuda del sistema BIM se trabajan los modelos y con la teoría del PMBOK acerca de la gestión de proyectos se evidencian las fases que se establecen al momento de desarrollar un proyecto de construcción; estas fases se desarrollan teniendo en cuenta un punto inicio y un final y entre estos procesos se encuentra la fase de la planificación, la ejecución, el control y el mantenimiento del proyecto (Thomas Wuttke, 2014).



Figura 4. Ciclo de vida de un proyecto de construcción (Moreno, 2018).

Considerando lo expuesto anteriormente a continuación se desarrolla un análisis, en donde se demuestra cómo se desarrolla el ciclo de vida del proyecto junto con la integración del sistema BIM. Previamente se realiza la exposición de las fases que puede tomar el proyecto para desarrollar el ciclo de vida del mismo, sin embargo, para poder trabajar con éxito el ciclo de vida se deben definir claramente cuáles son las fases a trabajar y generalmente en los proyectos de construcción se parten de tres bases principales, las cuales son: diseño, construcción y operación (Thomas Wuttke, 2014). Estas fases se podrán operar fácilmente si se tiene en cuenta la integración del sistema BIM, en donde se parte del trabajo con las siete dimensiones que tiene este programa, es decir se realiza una unificación de diversos agentes como la concepción, el planteamiento, el diseño, la generación de documento de construcción, la construcción, la operación, el mantenimiento y la rehabilitación del proyecto; con estos agentes básicamente se observa la aplicación de la estructura básica del ciclo de vida del proyecto de construcción junto con la aplicación del sistema BIM (Borrmann, 2018).

En la Figura 5, se muestra un diagrama de un ciclo de vida de una edificación; sin embargo, este diagrama tiene algo especial, ya que muestra cómo trabaja el ciclo de vida del proyecto en conjunto con la tecnología BIM. En concreto se está demostrando como se consideraron los agentes a trabajar durante el ciclo de vida y como el desarrollo de estos interviene en el desarrollo del modelo del sistema BIM (Chakrabarti, 2019).

CICLO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN.

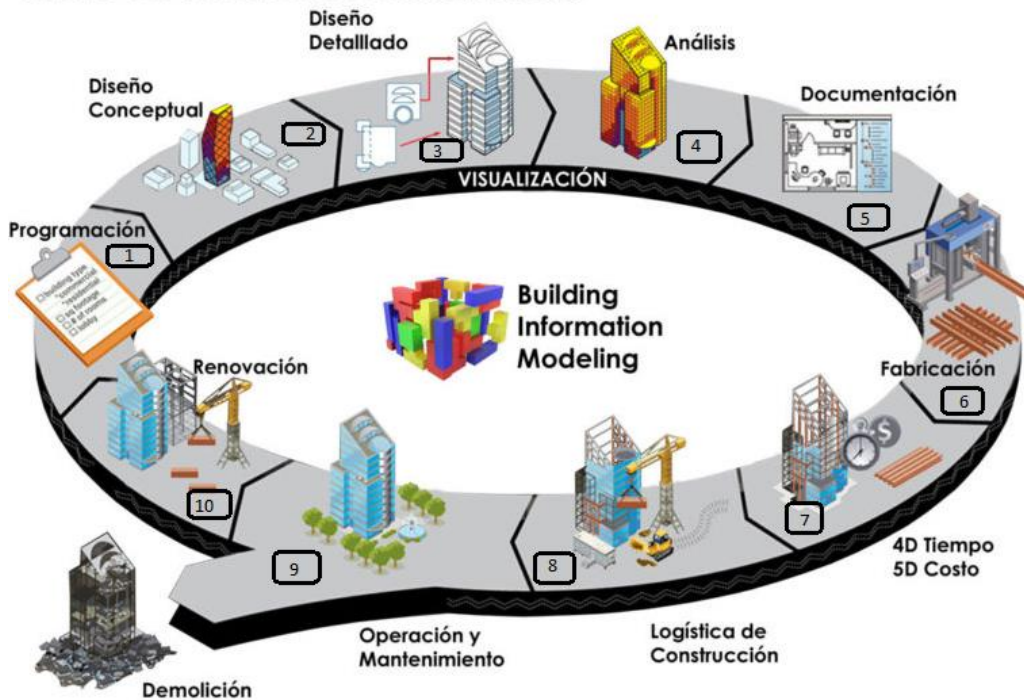


Figura 5. Ciclo de vida de un proyecto con BIM (Mooney, 2019)

El propósito de la figura anterior es ilustrar como se puede trabajar y cómo funcionan los dos sistemas que se han expuesto desde el inicio de este ensayo, por medio de la integración de la modelación de la información de la construcción (BIM) con el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto. Para un proyecto se debe tener claro en que consiste el ciclo de vida de este y a su vez conocer cómo se utilizan las herramientas de modelación las cuales son una parte fundamental para poder entender cómo funcionan los procesos (Moreno, 2018); ya que de esta manera al generar soluciones que sean positivas y que en gran medida de lo posible permitan la conservación y el máximo aprovechamiento de los recursos con los que se está trabajando, se obtendrán soluciones que tengan un buen impacto tanto en el desarrollo del proyecto como en el resultado final del mismo (Strafaci, 2008).

Según los procesos mostrados en la figura 5 y las dimensiones en las cuales se trabaja la metodología BIM, Ortega (2016) plantea un ejemplo en el cual se va a construir una edificación y para la construcción de la misma se pasará por las fases del ciclo de vida de un proyecto aplicando el modelo del sistema BIM. De esta manera se parte de la idea de la construcción de una edificación, este es el punto de inicio del proyecto en donde se tienen en

cuenta factores como: condiciones iniciales, localización, se plantea un plan de ejecución y unos posibles costos; a continuación y con la información que se ha recolectado hasta el momento se propone un boceto, en el cual se plantean los materiales que se pueden utilizar, además de proponer as cargas estructurales y las bases de fundación del proyecto. Hasta el momento en la gestión del proyecto se han trabajado las fases de inicio del proyecto y planificación del mismo (PMBOK, 2013); en donde se trabaja con la idea del proyecto (1D) y el boceto (2D) (Borrmann, 2018).



Figura 6. Idea y boceto de la edificación (Ortega, 2016).

En esta parte se comienza con el diseño de la edificación en el cual se trabaja el diseño conceptual y el diseño detallado del proyecto, es decir, la modelación del proyecto; en este punto con la información recopilada se genera el modelo en 3D, el cual es la base del ciclo de vida del proyecto porque en este se incorpora toda la información necesaria para desarrollar las siguientes fases de la metodología BIM (Mooney, 2019); al llegar a esta fase se analiza el tiempo y los costos que genera la construcción de la edificación. En este punto el tiempo es una variable muy importante, porque de esta depende la definición de la duración de cada una de las fases, la simulación de parámetros temporales en el modelo y la planificación temporal del proyecto; además de incluir la estimación de gastos del proyecto, junto con la rentabilidad del mismo. Hasta aquí se tiene la fase de diseño y al integrar eso al modelo BIM se está trabajando con el 3D, 4D y 5D (Jorge García Reyes, 2017).



Figura 7. Modelo, tiempo y costos (Moreno, 2018).

Después de tener la fase del diseño lista, la fase que continua es la de la construcción, en donde el modelo en 3D es útil para realizar la simulación de las posibles alternativas del proyecto, hasta llegar a la mejor alternativa o a la más óptima; esto se realiza antes de comenzar con la construcción del proyecto, ya que con el modelo se hace la evaluación del proyecto y se encuentran los problemas que pueda generar y a su vez se trabaja en la solución de los mismos por medio del re-diseño. Finalmente se llega a la fase final del ciclo de vida, en este punto se realiza la gestión de operaciones, la cual es una fase muy importante porque se realiza el mantenimiento al proyecto, se hace control logístico y se revisa el ciclo de vida planteado tanto como para el desarrollo del proyecto como para el sistema BIM (Mooney, 2019).



Figura 7. Simulación y sostenibilidad del proyecto (6D) (Moreno, 2018).

A lo largo de este ensayo se exponen dos temas fundamentales: el uso de la tecnología BIM y el desarrollo de los proyectos de construcción; esto se hace con el fin de demostrar la importancia del uso de la metodología BIM en la actualidad, ya que es una herramienta que no es nueva, pero como no se conoce del todo en la industria de la construcción, no todo el

mundo la ha implementado. Por otro lado, el desarrollo de los proyectos de construcción es un tema importante, ya que en estos siempre se deben garantizar buenos resultados, tanto para el cliente como para quien desarrolla el proyecto; de esta manera se puede evidenciar la importancia del conocimiento de estos dos temas y por medio de esto analizar como funcionan los dos al utilizarlos en conjunto. En este escrito se evidencia como estos dos temas van de la mano y como la integración de estos es posible al momento del desarrollo de un proyecto de construcción.

Conclusiones

La modelación de la información de la construcción y el ciclo de vida de un proyecto de construcción son dos temáticas importantes a tratar ya que el uso de estas dos simultáneamente trae consigo beneficios importantes. En el ciclo de vida de un proyecto la aplicación del BIM sirve para mejorar la gestión de la información, ya que este es un sistema de diseño integrado, el cual posibilita el fomento de la creatividad y de la innovación, permitiendo la optimización, visualización, simulación y análisis en los procesos de diseño en tiempo real. Además, en la fase de diseño el uso de BIM puede maximizar el impacto en los proyectos, ya que la capacidad de influir en el costo es más alta; en la fase inicial se dan ideas y ante algún tipo de problema propuesto se facilita la cooperación y la coordinación de todos los que intervienen en el mismo para ofrecer mejores soluciones.

El uso de BIM aplica especialmente el trabajo en equipo, debido a que en una empresa el ingeniero pone a prueba sus diseños o ideas, el gerente de esta empresa de construcción proporciona constructibilidad y a su vez como trabajan para satisfacer a un cliente, este puede visualizar el modelo del diseño que le están proponiendo y verificar si cumple con los estándares que el cliente está buscando.

Planear con el sistema BIM permite que los ingenieros utilicen más tiempo para evaluar los escenarios posibles y optimizar el diseño y que utilicen menos tiempo en generar la documentación de la construcción, ya que la capacidad que se tiene de influir en el desempeño de un proyecto es de costo alto y realizar modificaciones en el diseño tiene un costo bajo.

En la construcción la implementación de BIM permite anticipar los retos antes de desarrollar la ejecución del proyecto, mejorar la seguridad y la organización en la obra; también influye en la calidad del proyecto, porque se puede reducir el riesgo técnico con el control de los cambios en la obra lo que reduce los problemas posteriores a la construcción. Por otro lado, al implementar el modelado de información se tiene la digitalización de los equipos que se pueden utilizar en el proyecto de construcción, por lo tanto, estos equipos deberán tener un rendimiento mas eficaz al momento de su ejecución, lo que le permitirá al cliente tener una visión mas clara de como se va a trabajar en el proyecto.

Finalmente, otra de las ventajas que trae consigo la integración del sistema BIM con el ciclo de vida del proyecto es como se da el control de cambios, estos son unos procesos que permiten analizar y visualizar las variaciones que se estén presentando en el plan o en las fases que se han definido; por medio de esto se tiene un control del desempeño del proyecto y en algún caso donde se presente algún problema a lo largo del ciclo se puedan tomar medidas correctivas, todo con el fin de no afectar al proyecto y con ayuda de BIM este control de cambios permite el control de las actividades que se están desarrollando y a su vez el control de los recursos que se plantean al momento de la planeación del proyecto.

La innovación es un proceso fundamental que se debe incluir en el desarrollo de cualquier tipo de trabajo o proyecto, por esta razón aplicarla en los proyectos de construcción de ingeniería es fundamental al momento de querer asegurar buenos resultados, ya que con la innovación se busca hacer los procesos de una forma más eficiente y en el medio de la construcción esto se logra utilizando la mayor cantidad de herramientas posibles. En este caso es importante buscar aquellas herramientas que hagan los procesos más fáciles, estas herramientas no deben ser del todo recientes, sin embargo, al tener un buen manejo y un uso correcto de las mismas la implantación de estas en cualquiera de los ámbitos de la Ingeniería Civil traerá consigo resultados positivos y en este caso en la construcción resultados óptimos y eso en general es lo que busca quien este ejecutando la obra de construcción y a su vez quien allá invertido en la misma.

Bibliografía

- Avila, A. M. (2015). *Análisis de proyectos de construcción*. ELEARNING.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomia de los Objetivos de la Educacion: La Clasificacion de las Metas Educacionals: Manual I y II*. "El Ateneo".
- Borrmann, A. (2018). *Building Information Modeling*. Zurich: Springer International Publishing.
- Brojit, D. (2005). *Project Management: Un enfoque de liderazgo y ejecución de proyectos*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Chakrabarti, A. (2019). *Research Into Design for a Connected World: Proceedings of ICoRD 2019, Volumen I*. Bangalore: Springer.
- Institute, P. M. (2013). *GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS (Guia del PMBOK)*. Newtown Square.
- Institute, P. M. (2016). *Construction Extension to the PMBOK Guide*. Newtown Square: Project Manajement Institute, Inc.
- Jorge García Reyes, D. E. (2017). *Gerencia de proyectos: aplicación a proyectos de construcción de edificaciones*. Bogota D.C: Uniandes.
- Lange, A. (2016). *Lean Construction: Practical Insights for innovating Construction Management*. Hamburgo: Verlag.
- Méndez, R. (2016). *Formulación y evaluación de proyectos. Enfoque para emprendedores*. ECOE Ediciones.
- Mooney, C. (2019). *Using Computer Science in Construction Careers*. Nueva York: Rosen Publishing Group.
- Moreno, D. M. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM: Diario de un BIM manager*. Independently Published.
- Nieto, J. (2012). *Y tú... ¿Innovas o abdicas?* Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Ortega, A. S. (9 de Diciembre de 2016). *BIM Y LAS 7 DIMENSIONES*. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d/>

Strafaci, A. (Octubre de 2008). ¿Qué significa BIM para los ingenieros civiles? *CE News*.

Thomas Wuttke, A. Z. (2014). *El Compañero de Bolsillo de la Guía del PMBOK®*. Amersfoort: Van Haren Publishing.