

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PLATAFORMAS BIM EN LA NUBE, PARA
LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

HENRY ALEJANDRO CARO MORA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PLATAFORMAS BIM EN LA NUBE, PARA
LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

HENRY ALEJANDRO CARO MORA

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

ING. OMAR GIOVANNY SANCHEZ RIVERA

DIRECTOR

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2017

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar mi carrera.

*A mis padres a quienes agradezco de todo corazón por su amor,
cariño y comprensión.*

A mis hermanos por su incondicional apoyo y compañía.

*Y a todos aquellos que contribuyeron con el desarrollo de este
trabajo de investigación.*

Henry Alejandro Caro Mora

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a la universidad por abrirme las puertas al conocimiento e incentivar me al trabajo de la investigación, el cual me deja experiencias importantes en el camino del aprendizaje.

A mi director de proyecto, ya que me asesoro en todo el desarrollo de este proyecto y me ayudo constantemente con sus conocimientos.

A mi amigo Jean Franco Camargo que me presto su ayuda cuando más lo necesitaba.

Y también agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y permitirme tener esta educación.

TABLA DE CONTENIDO

	PAG
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	16
1.2 BIM COLABORATIVO	17
1.3 NUBE COMPUTACIONAL (CC)	18
1.4 COLABORACIÓN EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. METODOLOGIA	20
3.1 PRUEBAS PILOTO	22
3.1.1 Inscripción a la plataforma	22
3.1.2 Análisis de las herramientas de inicio	22
3.1.3 Crear un proyecto	22
3.1.4 Invitación de miembros	22
3.1.5 Carga y descarga de archivos	22
3.1.6 Herramientas de visualización	22
3.1.7 Características adicionales	23
4. RESULTADOS	23
4.1 NECESIDADES DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	23

	PAG
4.1.1 Colaboración	24
4.1.2 Integración	25
4.1.3 Comunicación de la información	25
4.1.4 Visualización	26
4.1.5 Coordinación (permisos)	26
4.1.6 Privacidad y seguridad	27
4.1.7 Edición y actualización	27
4.1.8 Control de tiempos y costos	28
4.1.9 Capacidad para almacenar datos	28
4.1.10 Gestión de cambios de diseño	28
4.1.11 Compatibilidad con formatos de archivo	29
4.1.12 Costos	29
4.1.13 Requerimientos del ordenador	29
4.2 FUNCIONALIDADES DE LAS PLATAFORMAS BIM, A PARTIR DE LAS NECESIDADES DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.	30
4.2.1 BIM 360 Team	30
4.2.2 BIM 360 Docs	35
4.2.3 BIM 360 Glue	39
4.2.4 Trimble Connect	41
4.3 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLATAFORMAS BIM EN LA NUBE, EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.	43
4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.	47

	PAG
4.4.1 Ventajas.	47
4.4.2 Desventajas	48
5. CONCLUSIONES.	49
6. RECOMENDACIONES	50
7. BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE FIGURAS

	PAG
Figura 1. Tabla de niveles de acceso a la información en la plataforma BIM 360 Team.	31
Figura 2. Detalle de muros piso 1 y marcas de revisión en la plataforma BIM 360 Team.	32
Figura 3. Marcas en el modelo y transmisión de información por comentarios en la plataforma BIM 360 Team.	32
Figura 4. Extrucción de un modelo estructural en la plataforma BIM 360 Team.	33
Figura 5. Carga y descarga de archivos en la plataforma BIM 360 Team.	34
Figura 6. Modelo arquitectónico corte escalera en la plataforma BIM 360 Team.	35
Figura 7. Interfaz administrador de cuentas y usuarios en la plataforma BIM 360 Docs.	36
Figura 8. Visualizador 3D y marcas en la plataforma BIM 360 Docs.	37
Figura 9. Visualizador 2D en la plataforma BIM 360 Docs.	37
Figura 10. Gestión de usuarios y niveles de acceso a la información en la plataforma BIM 360 Docs.	38
Figura 11. Carga y descarga de archivos en la plataforma BIM 360 Docs.	39
Figura 12. Extensión del navegador para la visualización en la plataforma BIM 360 Glue.	39
Figura 13. Interfaz de visualización 3D en la plataforma BIM 360 Glue.	40
Figura 14. Comentarios sobre interferencias en la plataforma BIM 360 Glue.	41
Figura 15. Carga y descarga de documentos en la plataforma Trimble Connect.	42
Figura 16. Visualizador 3D en la plataforma Trimble Connect.	42

LISTA DE TABLAS

	PAG
Tabla 1. Necesidades de la planificación de proyectos de construcción y sus fuentes.	24
Tabla 2. Parámetros para la evaluación de ventajas y desventajas de las plataformas y sus fuentes.	44
Tabla 3. Necesidades de la planificación de proyectos de construcción según cada plataforma.	45
Tabla 4. Parámetros para la evaluación de ventajas y desventajas. Y calificaciones de cada plataforma.	46

RESUMEN

TÍTULO:

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PLATAFORMAS BIM EN LA NUBE, PARA LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

AUTOR:

HENRY ALEJANDRO CARO MORA.

PALBRAS CLAVE:

BIM, building information modeling, planificación de proyectos de construcción, plataformas BIM, nube.

DESCRIPCIÓN:

La planificación de proyectos de construcción comprende el conjunto de actividades que se deben realizar con anterioridad al inicio de la fase de construcción, proceso que resulta complejo con motivo a la cantidad de profesionales que interactúan con diferentes conocimientos y experiencias, por lo que resulta adecuada la búsqueda y desarrollo de herramientas para mejorar la interacción y comunicación entre los actores involucrados. Las plataformas BIM (building information modeling) en la nube resultan ideales para el mejorar la eficiencia en la comunicación de la información, por su versatilidad para transmitir datos y las múltiples ventajas que ofrecen estas plataformas. En esta investigación se estudian las ventajas y desventajas de la implementación de cuatro plataformas BIM en la nube como lo son, BIM 360 Team, BIM 360 Docs, BIM 360 Glue y Trimble Connect, realizando énfasis en las actividades propias de la planificación de proyectos de construcción. Para este estudio se definen 13 parámetros de evaluación relacionados con las necesidades en la planificación de proyectos de construcción, los cuales son evaluados cualitativamente y cuantitativamente, para cada una de las plataformas estudiadas. Se busca corroborar que la implementación de plataformas BIM en la nube permite atender diferentes necesidades relacionadas con la planificación de proyectos de construcción.

-
- Trabajo de grado
 - Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Omar Giovanny Sanchez Rivera Ingeniero Civil

ABSTRACT

TITLE:

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF BIM PLATFORMS IN THE CLOUD,
FOR THE PLANNING OF CONSTRUCTION PROJECTS.

AUTHOR:

HENRY ALEJANDRO CARO MORA.

KEYWORDS:

BIM, building information modeling, construction planning, BIM platforms, cloud.

DESCRIPTION:

The planning of construction projects includes the set of activities that must be carried out prior to the start of the construction phase, a process that is complex due to the number of professionals who interact with different knowledge and experiences, so that the search and development of tools to improve interaction and communication between the actors involved. The BIM (building information modeling) platforms in the cloud are ideal for improving the efficiency in the communication of information, for its versatility to transmit data and the multiple advantages offered by these platforms. In this research we study the advantages and disadvantages of the implementation of four BIM platforms in the cloud, such as BIM 360 Team, BIM 360 Docs, BIM 360 Glue and Trimble Connect, emphasizing the activities of project planning. Building. For this study, 13 evaluation parameters related to the needs in the planning of construction projects are defined, which are evaluated qualitatively and quantitatively, for each of the platforms studied. It seeks to corroborate that the implementation of BIM platforms in the cloud allows to meet different needs related to the planning of construction projects.

-
- Bachelor Thesis
 - Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Omar Giovanny Sanchez Rivera Ingeniero Civil

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los profesionales de las áreas de ingeniería y construcción deben procurar el desarrollo habilidades de trabajo en equipo, e implementación de nuevos enfoques tecnológicos [1], aspectos que se fundamentan en la naturaleza multidisciplinar de los proyectos de construcción y las ventajas que pueden obtenerse mediante la implementación de nuevas tecnologías. El rápido desarrollo de la informática ha propiciado la aparición de herramientas que permiten el mejoramiento de los procesos tradicionales, por lo que resulta importante emprender estudios enfocados a la evaluación de la implementación de las herramientas tecnológicas emergentes [2].

Los proyectos de construcción se encuentran relacionados a un alto nivel de complejidad, lo que se fundamenta en el gran número de variables presentes en las diferentes fases del ciclo de vida, entre las variables más importantes se encuentran: tiempo, costo, información, coordinación, disciplinas, entre otras. Este número considerable de variables y la incertidumbre relacionada hacen que los procesos de planificación de un proyecto de construcción sea un proceso multidisciplinario en el que actúan diferentes profesionales con diferentes conocimientos y experiencias [3-4].

Entre las herramientas tecnológicas emergentes, para el apoyo a los procesos de planificación de proyectos de construcción, se destaca BIM (Building information modeling), que puede definirse como una base de datos digital en la que la información de un proyecto de construcción, puede ser gestionada mediante el uso

BECERIK, Gerber; K, cku; and F, Jazizadeh. BIM-Enabled Virtual and Collaborative Construction Engineering and Management. *Pract.*, vol. 138, no. 3, pp. 234–245, 2012.

LIANG, Fan. A Framework of the Civil Engineering CAD Experimental Platform Based on Cloud Computing. *Iccrem 2013*, pp. 577–586, 2013.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem 2014*, pp. 320–329, 2014.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOIGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

de una réplica virtual del proyecto. BIM brinda ventajas para la coordinación, visualización, manejo de datos y trabajo en equipo [3], ventajas que se logran mediante modelos 3D en los que se crea, almacena, integra y representa información de una edificación o un proyecto de infraestructura [5].

El uso de BIM se ha popularizado en los últimos años por las notables ventajas que ofrece, las organizaciones proveedoras de software han desarrollado servidores BIM que buscan dotar el modelo 3D con una comunicación eficiente por medio de una plataforma en la nube, sin embargo por concepto del carácter emergente la mayoría se encuentra en desarrollo [6], por lo que los enfoques existentes poseen falencias relacionadas con la captura de la interacción de los actores involucrados en un proyectos de construcción [7].

Las plataformas BIM se han convertido en objeto de investigación por la gran proyección que tienen y los notables cambios y mejoras que podrían generar en la industria de la construcción, razón por la cual el enfoque de la presente investigación se fundamenta en la identificación de ventajas y desventajas de la implementación de plataformas BIM en la nube, para la planificación de proyectos de construcción.

La metodología de investigación llevada a cabo consistió en tres partes fundamentales. La primera consistió en la se identificación de las necesidades propias de la planificación de proyectos de construcción, en la segunda se eligieron y describieron las funcionalidades de un conjunto de plataformas BIM basándose en las necesidades identificadas, en la tercera se realizó una comparación entre las

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem* 2014, pp. 320–329, 2014

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Proc. Constr. Res. Congr.* 2016, pp. 2039–2049, 2016.

BEACH. Management of Collaborative BIM Data by Federating Distributed BIM Models. pp. 1–13, 2013.

KEROSUO, H. BIM-based Collaboration Across Organizational and Disciplinary Boundaries Through Knotworking. *Procedia Econ. Financ.*, vol. 21, no. 15, pp. 201–208, 2015.

plataformas estudiadas. Con lo que fue posible realizar una descripción de las ventajas y desventajas identificadas en las plataformas estudiadas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM es una base de datos digital en la que se almacena y gestiona el gran volumen de información de un proyecto de construcción, se fundamenta en la integración de modelos de visualización tridimensional con información de diseño digitalizada, modelos que son representaciones digitales de las características físicas y funcionales de una edificación [8].

Hoy en día no se tiene con certeza una definición única y específica de BIM, pero se expone como un proceso más que como un software [4]. Se está utilizando como una herramienta para alcanzar diversos objetivos de diseño, construcción y gestión de instalaciones [9], su objetivo principal es facilitar la gestión de la información y la colaboración entre las partes interesadas en diferentes dominios a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción [10], optimizando el tiempo requerido para realizar planos y solucionar conflictos entre los diseñadores.

El uso de BIM proporciona importantes cambios en el detalle, visualización, simulación y detección de colisiones, mejorado el rendimiento del proyecto en

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOOGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

MUNKLEY, J; KASSEM, M; and DAWOOD, N. Synchronous Building Information Model-Based Collaboration in the Cloud: A Proposed Low Cost IT Platform and a Case Study. *Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 89–96, 2014.

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. *Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 455–462, 2014.

términos de coordinación y comunicación [8], además el modelo BIM apoyado de una plataforma colaborativa soluciona en gran parte el problema de la colaboración tradicional que presentaba ineficiencias en la trasmisión de información, ya que en estas plataformas pueden compartir en tiempo real los cambios, lo cual mejora el trabajo en grupo y disminuye el tiempo usado para correcciones [2]; otra de las finalidades de BIM es que las relaciones humano – humano puedan ser remplazadas por relaciones humano – computador [4] exigiendo que reuniones presenciales solo se deban hacer en casos extremos y la mayor parte de la información sea comunicada por medios computacionales.

1.2 BIM COLABORATIVO

El uso actual de BIM para la coordinación no es sólo para garantizar la fase de diseño, sino también en el seguimiento, la velocidad de construcción, la asignación de la responsabilidad y la coordinación del trabajo [11], ya que es un problema realizar estas actividades desde un solo ordenador. Están emergiendo propuestas de trabajo colaborativo basadas en la implementación de plataformas que mantengan informados de los cambios recientes a los diseñadores y permiten compartir documentos y optimizar la transferencia de información [3].

BFC (BIM Collaboration Format) soluciona los problemas de BIM por medio de una plataforma la cual se centran en el proceso de colaboración entre los modelos BIM, y lo hace por medio de notas, capturas de pantalla, puntos de vista, esquemas de

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

LIANG, Fan. A Framework of the Civil Engineering CAD Experimental Platform Based on Cloud Computing. *Iccrem 2013*, pp. 577–586, 2013.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOUGH, M. “Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China,” *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

ALADAG, H; DEMIRDÖGEN, G; and ISIK, Z. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Eng.*, vol. 161, pp. 174–179, 2016.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem 2014*, pp. 320–329, 2014.

marcado y comentarios que aparecen en la pantalla principal, lo cual evita que se pasen grandes modelos para verificar los conflictos [5].

El trabajo con BIM colaborativo disminuye las islas de información que se definen como la gran cantidad de información que posee un especialista, pero que ningún otro conoce las cuales provocan ineficiencia y complican la coordinación de los modelos [3].

1.3 NUBE COMPUTACIONAL (CC)

Una de las grandes dificultades que ha presentado BIM es la demora relacionada con el almacenamiento de la información detallada de un proyecto durante el proceso de modelamiento, utilizando una sola computadora [5], problema que puede ser solucionado mediante el uso de modelos BIM conectados en una nube computacional, que se convierte en una plataforma de colaboración en la web que mantiene una base de datos del edificio, y permite a las aplicaciones nativas, importar y exportar archivos para la visualización, control y actualización de los modelos [8]; además mediante la aplicación de CC (cloud computing) en el servicio de BIM se puede lograr un mayor rendimiento con un costo relativamente bajo [10].

La construcción de una plataforma para la planificación de un proyecto de construcción debe tener tres características especiales, las cuales son: Una base de datos BIM, un software de BIM e interfaces de operación [3].

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). Proc. Constr. Res. Congr. 2016, pp. 2039–2049, 2016.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. Iccrem 2014, pp. 320–329, 2014.

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G **Op. cit**

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng., pp. 455–462, 2014.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M **Op. cit**

Con un trabajo BIM colaborativo en la nube se busca que todos los diseñadores tengan contacto entre sí, sin necesidad de hacer reuniones presenciales; la constante comunicación evita que cada quien se enfoque en satisfacer sus propios intereses y se haga parte en los procesos de toma de decisiones [4].

1.4 COLABORACIÓN EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN ⁸

Los cambios en las condiciones de negocios, los avances tecnológicos, las nuevas demandas y la necesidad de los clientes que ha producido la globalización, da un impulso para aumentar las competencias en la industria de la construcción y hace necesario el uso de las tecnologías BIM que se convirtieron en un gran cambio para la industria de la construcción con el fin de organizar las interdependencias recíprocas entre los distintos actores [11] y fomentar la colaboración en los proyectos de construcción que es muy escasa cuando se realizan proyectos por métodos convencionales.

La colaboración en los proyectos de construcción es un tema complejo al cual no se le ha brindado el tiempo de desarrollo necesario y una de las principales problemáticas es que en algunos casos ocurre que el diseñador no desea compartir sus modelos con el constructor por cuestiones de propiedad intelectual [4], este problema hace que la colaboración sea difícil de lograr y genera la pregunta ¿Quién debe ser el anfitrión en proyectos de construcción? [10].

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOIGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

ALADAG, H; DEMIRDÖĞEN, G; and ISIK, Z. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Eng.*, vol. 161, pp. 174–179, 2016.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOIGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. *Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 455–462, 2014.

En la industria de la construcción, esto es un asunto complejo que implica beneficios, propiedad legal e intelectual. Un proyecto de construcción implica empresas, incluyendo los propietarios, diseñadores, contratistas, consultores y así sucesivamente. Cada uno de ellos tiene su propia privacidad y responsabilidades, a pesar de que los propietarios son dueños de los productos, que no tienen el acceso a toda la información [10].

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Identificar ventajas y desventajas de la implementación de plataformas BIM en la nube, para la planificación de proyectos de construcción.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir las funcionalidades de un conjunto de plataformas BIM en la nube, a partir de necesidades propias de la planificación de proyectos de construcción.
- Definir un conjunto parámetros para la evaluación de ventajas y desventajas de la implementación plataformas BIM en la nube, en la planificación de proyectos de construcción.
- Realizar una comparación de las plataformas BIM descritas, a partir de los parámetros definidos.

3. METODOLOGIA

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng., pp. 455–462, 2014.

Para el desarrollo de la presente investigación se inició con una búsqueda de la bibliografía relacionada con el tema, la cual se obtuvo mediante el uso de bases de datos digitales especializadas, tales como: Science Direct, American Society of Civil Engineers – ASCE, ELSEVIER y la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander. En la búsqueda de documentos fue posible observar que la mayoría de las publicaciones relacionadas con el tema de investigación corresponden a los últimos cinco años, lo que resulta un indicador del carácter emergente de las plataformas BIM en la nube para el apoyo de los procesos de la planificación de proyectos de construcción.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda de documentos fueron: BIM Collaboracion, BIM in the Cloud, y collaboration in construction projects. La búsqueda de documentos con las palabras clave y en las bases de datos mencionadas permitió la obtención de un total de 75 documentos, con los que se procedió a la lectura del resumen realizando una selección de 15 documentos, los cuales se encuentran escritos en idioma inglés.

Adicional a los documentos mencionados, se realizó una búsqueda en la web, la cual se enfocó en la obtención de información de las principales plataformas BIM que se usan en el mercado actual, entre las cuales se destacó la compañía Autodesk Inc, a la cual le pertenecen tres de las cuatro que se estudian en este documento, sin contar otras más que son usadas para fases posteriores a la planificación de los proyectos. Con la búsqueda se procedió a la selección de las plataformas de estudio, donde se tuvo en cuenta que contaran con una versión estudiantil o gratuita, con la finalidad de estudiar sus componentes y herramientas a partir de pruebas piloto.

Con la lectura de la bibliografía seleccionada, se procedió a la definición de 10 necesidades de la planificación de proyectos de construcción que pudieran ser atendidas mediante la implementación de las plataformas BIM estudiadas. Las necesidades descritas y tres parámetros adicionales que fueron identificados en las

pruebas piloto en las plataformas de estudio se usaron como parámetros de comparación para evaluar las plataformas estudiadas.

3.1 PRUEBAS PILOTO

En cada una de las plataformas, se realizó una prueba piloto siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.

3.1.1 Inscripción a la plataforma: Todas las plataformas estudiadas requerían una cuenta de correo sobre la cual se basaría el usuario de la misma.

3.1.2 Análisis de las herramientas de inicio: se identificaron las herramientas que proveía la plataforma.

3.1.3 Crear un proyecto: se elaboró un proyecto usando las funcionalidades de la plataforma.

3.1.4 Invitación de miembros: se realizó una a invitación a los participantes del proyecto estudiado, actividad que se realizó mediante el uso de correo electrónico, además en esta fase se definió el nivel de acceso a la información que tuvo cada uno de los integrantes.

3.1.5 Carga y descarga de archivos: se investigó como se debían subir los archivos a la plataforma, ya que en algunas requería extensiones para los programas y el navegador.

3.1.6 Herramientas de visualización: con los modelos BIM 3D cargados en la plataforma, se visualizaron e identificaron las herramientas para la gestión de cambios de diseño, también se definió el nivel de detalle con el que se podía

marcar información relevante del modelo, y como se transmitía la información a los demás participantes.

3.1.7 Características adicionales: con el estudio de las herramientas para solucionar las necesidades planteadas, se procedió a seguir explorándolas para identificar ventajas que tenían unas con otras, ya fuera en gestión de usuarios, visualización o transmisión de información, y se notó que cada una tenía alguna ventaja con respecto a otra, además que un flujo de trabajo correcto podría lograrse mediante a la complementación de las distintas funcionalidades de las plataformas estudiadas.

Se realizaron dos tablas, la primera con la información cualitativa sobre el alcance de cada plataforma, según las necesidades para la planificación de proyectos de construcción. La segunda con la asignación de una calificación de 1 a 5 basándose en el grado con el que cada una de las plataformas cumplía con cada uno de los parámetros de comparación definidos. A partir de este puntaje se realizó un promedio ponderado, teniendo en cuenta que algunos parámetros son más relevantes que otros y así se obtuvo una calificación general para cada plataforma. Con la calificación fue posible realizar la comparación de las plataformas estudiadas además de identificar las ventajas y desventajas del uso de plataformas BIM en la nube para el apoyo de la planificación de proyectos de construcción.

4. RESULTADOS

4.1 NECESIDADES DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

En la tabla 1, se muestran diez necesidades de la planificación de proyectos de construcción, identificadas a partir de la búsqueda bibliográfica realizada. A

continuación, se realiza una descripción de cada una de las necesidades mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Necesidades de la planificación de proyectos de construcción y sus fuentes.

ID	NECESIDAD	FUENTE
1	Colaboración	[3]-[5]-[8]
2	Integración	[1]-[3]
3	Comunicación de la información	[3]-[8]
4	Visualización	[8]-[2]-[14]
5	Coordinación (permisos)	[4]-[5]-[9]
6	Privacidad y seguridad	[10]
7	Edición y actualización	[3]-[8]-[13]
8	Control de tiempos y costos	[3]-[4]
9	Capacidad para almacenar datos	[3]-[5]
10	Gestión de cambios de diseño	[3]-[8]

4.1.1 Colaboración

En los proyectos de construcción es muy usual que se presenten problemas y conflictos entre los diseñadores, los cuales se tienen que solucionar con rapidez para evitar retrasos, y la mejor forma es gestionar la colaboración entre todas las partes, buscar una rápida difusión de la información [8-5], y así identificar cuales plataformas cumplen con estos requisitos de mejor manera.

La colaboración es un factor muy importante en la planificación de proyectos de construcción ya que el diseño de un proyecto es un proceso complejo, en el cual se requiere la participación de muchos profesionales especialistas en diferentes

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.
FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Proc. Constr. Res. Congr.* 2016, pp. 2039–2049, 2016.

campos, los cuales tienen que trabajar en grupo para lograr resolver todos los problemas que se les presenten [3].

4.1.2 Integración

La forma más común de realizar una obra civil es empezar por un diseño arquitectónico preliminar, sobre el cual se basan los demás diseñadores para realizar sus respectivos planos, lo que genera un gran esfuerzo para poner acuerdo a todos los especialistas e integrar sus respectivos diseños [3].

La integración de diseños es una pieza fundamental en la planificación de proyectos, y con el uso de BIM se facilita en gran parte esta necesidad, ya que permite integrar los modelos generados por cada uno de los participantes en la planificación del proyecto [1]; en parámetro, se evaluará la capacidad de las plataformas para integrar modelos desde la nube y la colaboración que se pueda lograr con un archivo de este tipo.

4.1.3 Comunicación de la información

En la planificación de un proyecto de construcción se busca que todos los diseñadores estén comunicados entre sí, además que el gerente del proyecto se encuentre al tanto de los detalles para tomar las decisiones enfocadas a coordinar el trabajo del equipo planificador [3].

Es frecuente que en el proceso intercambio de información, durante la planificación de proyectos de construcción, mucha información no sea comunicada a algunos de los participantes del proyecto y generando así las llamadas islas de información, lo cual retrasa la entrega de los proyectos y causa pérdidas de tiempo y dinero [8].

1 LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem* 2014, pp. 320–329, 2014.

2 *Ibíd.*, p.

BECERIK, GERBER; K, CKU; AND F, JAZIZADEH. Bim-enabled virtual and collaborative construction engineering and management. *pract.*, VOL. 138, NO. 3, PP. 234–245, 2012.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

4.1.4 Visualización

El uso de tecnologías BIM tiene ventajas notables para la visualización y la coordinación del trabajo de arquitectura, ingeniería y construcción, lo cual ayuda a evitar errores y omisiones. [12]

Además, permite a los diseñadores e ingenieros convertirse en constructores de la digitalización, ya que permite tener una idea de la edificación durante la fase de planificación del proyecto, y los diseñadores puede representar cada unidad, centro o componentes del edificio para el propietario antes de convertirse en el diseño de mortero y ladrillo [14-8].

Para la evaluación de este parámetro se tendrá en cuenta la calidad del espacio ofrecido para visualizar archivos, las herramientas destinadas para su navegación, y la accesibilidad a este espacio.

4.1.5 Coordinación (permisos)

Un proyecto BIM requiere de una buena coordinación ya que se trabaja con muchas personas a la vez; lo ideal es que haya un coordinador del proyecto, que pueda examinar fácilmente los avances, asignar recursos, identificar errores en el modelo y manejar las funciones en la plataforma, que permiten bloquear información a otros usuarios y restringir los derechos de edición de algunas zonas del modelo [9-4].

Lamentablemente la coordinación de los modelos BIM no se ha utilizado tan bien como se debería ya que se han gastado más esfuerzos en desarrollos tecnológicos y no en la investigación de la colaboración con estas tecnologías [5], por esta razón se identificará con exactitud, el alcance de la información que tienen los

ZUPPA, D; ISSA, R. R. A; and SUERMANN, P. C. BIM's Impact on the Success Measures of Construction Projects. *Comput. Civ. Eng.*, no. 352, pp. 85–94, 2014.

X, L; CHUNYAN MA, Y. M. Study on the Application of BIM Technology in Construction Projects under IPD Mode. *ICCREM 2014 Smart Constr. Manag. Context New Technol.* © ASCE 2014, no. 2010, pp. 229–236, 2014.

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

MUNKLEY, J; KASSEM, M; and DAWOOD, N. Synchronous Building Information Model-Based Collaboration in the Cloud: A Proposed Low Cost IT Platform and a Case Study. *Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 89–96, 2014.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOIGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Proc. Constr. Res. Congr.* 2016, pp. 2039–2049, 2016.

participantes de un proyecto en cada plataforma, y así establecer que tipos de usuario pueden participar en estas.

4.1.6 Privacidad y seguridad

En la industria de la construcción, la privacidad y seguridad es un asunto complejo que implica beneficios, propiedad legal, intelectual y datos que usualmente las compañías no están dispuestas a compartir.

En un proyecto de construcción participan empresas, propietarios, diseñadores, contratistas, consultores y así sucesivamente, cada uno de ellos tiene su propia privacidad y responsabilidades, y por esta razón es muy importante garantizar esta confidencialidad para que todos los involucrados en proyecto se sientan a gusto trabajando [10], y basándose en el control de usuarios se puede identificar en nivel de seguridad que se les ofrece a los usuarios.

4.1.7 Edición y actualización

El uso de modelos tridimensionales permite analizar de una forma más óptima los espacios disponibles para cada modelo y notificar a los demás diseñadores para que tomen en cuenta los nuevos cambios, también ofrece ventajas como accesibilidad desde cualquier ubicación, escalabilidad y rentabilidad [3-13], en esto se basa la edición y actualización de modelos BIM que tienen una mejor eficiencia si se hacen desde una plataforma, que basa su capacidad para sincronizar un modelo de proyecto, compartido centralmente en la nube [8], manteniendo actualizado y teniendo un control de los cambios realizados en el proyecto.

Para su calificación se tendrá en cuenta la facilidad para cargar y descargar archivos, teniendo en cuenta los requerimientos de esta operación en cada una de las plataformas.

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng., pp. 455–462, 2014.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. Iccrem 2014, pp. 320–329, 2014.

BEACH, T. BIMCloud: A Distributed Cloud-based Social BIM Framework for Project Collaboration. pp. 1–13, 2013.

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. Autom. Constr., vol. 71, pp. 34–48, 2016.

4.1.8 Control de tiempos y costos

BIM es usado para realizar tareas de forma más eficiente en el ámbito de la colaboración y ha permitido fragmentar las actividades de diseño y construcción, lo que permite realizar un intercambio del gran volumen de información entre varios participantes [4], la cual tiene una aplicación enfocada en la estimación de cantidades de obra que permiten automatizar los procesos relacionados con el control de tiempos y costos [3].

El control de tiempos es fundamental en una obra civil para tener un estimado de la duración y el costo de la misma, por esto se identificarán las herramientas prestadas por las plataformas para cumplir estos requerimientos.

4.1.9 Capacidad para almacenar datos

La capacidad para almacenar datos en una plataforma BIM es una característica esencial para mantener un trabajo fluido, ya que en los modelos los datos se almacenan en una misma base de datos y se encuentran correlacionados; esta relación bidireccional permite una gran eficiencia para transmitir información [3].

Cabe aclarar que manejar un modelo colaborativo tiene sus desventajas como lo es que a medida que el modelo se vuelve más complejo y más especialistas están trabajando en él, se hace difícil y demorado el proceso de sincronización y el manejo de tanta información [5].

En una obra civil se requiere gran capacidad de almacenamiento ya que estas generan muchos archivos propuestos por cada participante.

4.1.10 Gestión de cambios de diseño

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOIGH, M. "Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

1 LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem 2014*, pp. 320–329, 2014.

2 *Ibíd.*, p.

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Proc. Constr. Res. Congr. 2016*, pp. 2039–2049, 2016.

La capacidad que tienen las plataformas de comunicar de forma rápida y efectiva los cambios en los modelos, es una característica importante ya que permite agilizar la coordinación entre los diseñadores y reduce notablemente el tiempo requerido en la fase de diseño [3].

En la actualidad las plataformas que integran los modelos BIM con las ventajas de la nube, centran gran parte de su atención en la gestión de cambios de diseño, y lo hacen principalmente por medio de un visualizador 3D el cual permite identificar los errores en los modelos y por medio de herramientas visuales, se marcan estos puntos se hace la transmisión de la información [8].

4.1.11 Compatibilidad con formatos de archivo

Para una plataforma que va a gestionar y administrar archivos de un proyecto de construcción, es muy importante la compatibilidad con varios tipos de documentos, ya que en estos proyectos los datos que se transmiten son muy diferentes y si se quiere centralizar la información de forma eficaz, es necesario que se cuente con una plataforma que cumpla con estos requisitos.

4.1.12 Costos

El costo es un parámetro muy influyente a la hora de adquirir un producto, y por esta razón hay que identificar si los servicios ofrecidos por cada plataforma son suficientemente buenos para su costo.

4.1.13 Requerimientos del ordenador

Cuando se habla de software, inmediatamente encontramos asociadas las capacidades de los ordenadores, para que funcionen de forma adecuada los programas, y para el uso de estas plataformas es muy similar, solo que también se

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem* 2014, pp. 320–329, 2014.

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

debe pensar en la velocidad del internet, ya que al ser una nube que está en constante actualización, requiere un buen ancho de banda para tener fluidez en los procesos.

4.2 FUNCIONALIDADES DE LAS PLATAFORMAS BIM, A PARTIR DE LAS NECESIDADES DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

4.2.1 BIM 360 TEAM

BIM 360 Team es una plataforma en la nube que facilita a los usuarios la gestión de proyectos por medio de una interfaz de usuario, que provee una serie de herramientas útiles para mejorar el trabajo en equipo.

BIM 360 Team permite compartir documentos, los cuales pueden ser actualizados por los miembros de grupo dependiendo su rol, estos se modifican en la ventana de “administrar funciones” y permite tres clases de usuario, editor, visor y administrador de proyecto, que dependiendo del tipo aprueba realizar diferentes tareas como las que se muestran a continuación (ver figura 1):

Figura 1. Tabla de niveles de acceso a la información en la plataforma BIM 360 Team.

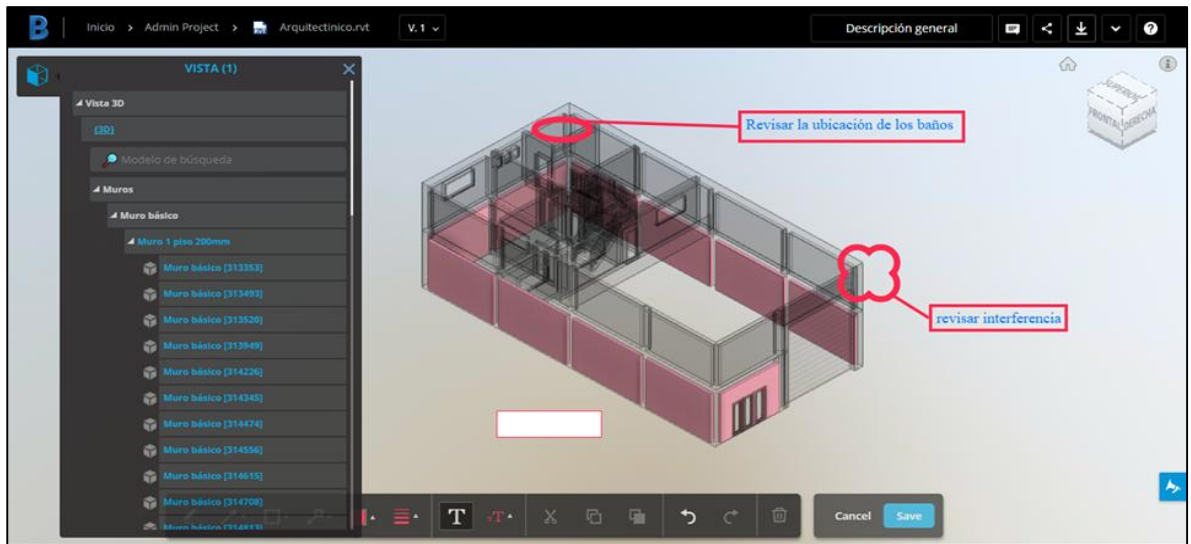
NIVELES DE ACCESO A PROYECTOS			
	Visor	Editor	Administrador del proyecto
Ver Archivos (en línea), carpetas, comentarios (ver y publicar) y usuarios	✓	✓	✓
Discusiones y calendario Acceda a conversaciones y eventos.	✓	✓	✓
Obtener vínculo y Revisión en directo Obtenga un vínculo para compartir archivos e inicie la revisión en directo.		✓	✓
Editar, cargar y descargar Copie, mueva, renombre y suprima archivos o carpetas.		✓	✓
Administrar el uso compartido Active y defina el uso compartido público; invite a otros al proyecto.		✓	✓
Administrador del proyecto Configuración del proyecto, aprobar usuarios del proyecto y definir niveles de acceso			✓

[Listo](#)

Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Team.

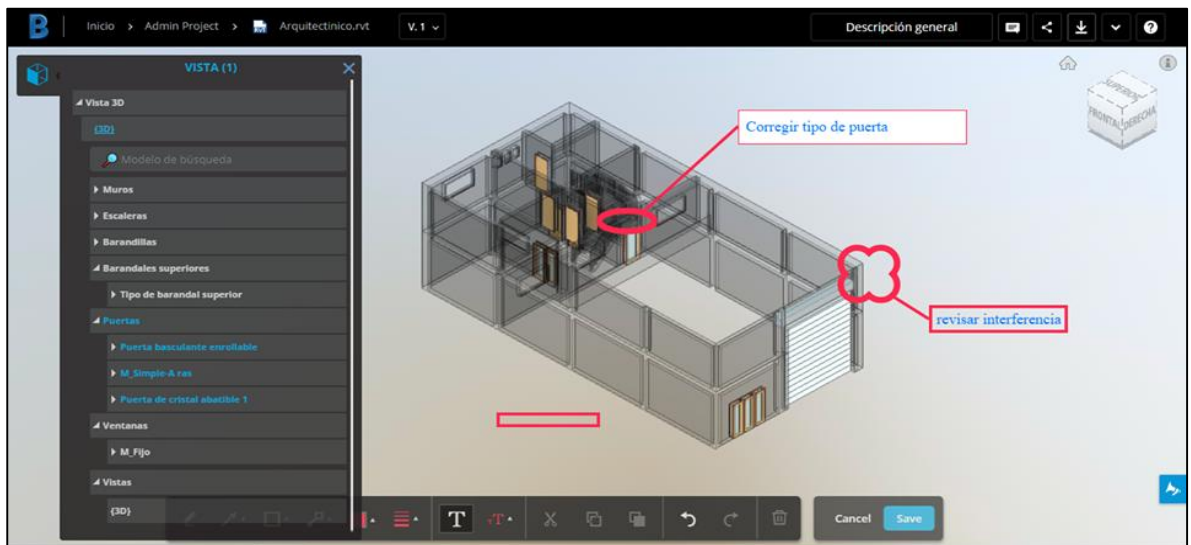
También tiene compatibilidad con más de 65 formatos de archivo, los cuales se pueden visualizar a gran detalle por medio de una interfaz de usuario 3D; además presta herramientas para marcar y comentar los modelos, y así identificar las zonas del proyecto que requieren modificaciones de forma rápida y efectiva las cuales se notifican a todos los miembros del equipo de forma inmediata (ver figuras 2, 3 y 4).

Figura 2. Detalle de muros piso 1 y marcas de revisión en la plataforma BIM 360 Team.



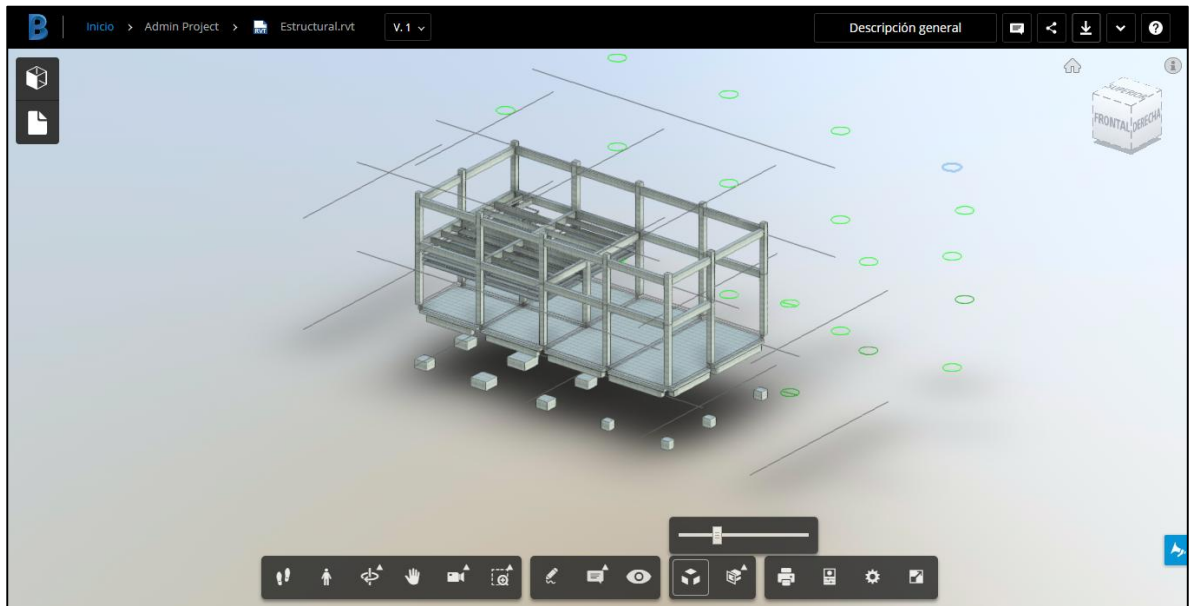
Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Team.

Figura 3. Marcas en el modelo y transmisión de información por comentarios en la plataforma BIM 360 Team.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Team.

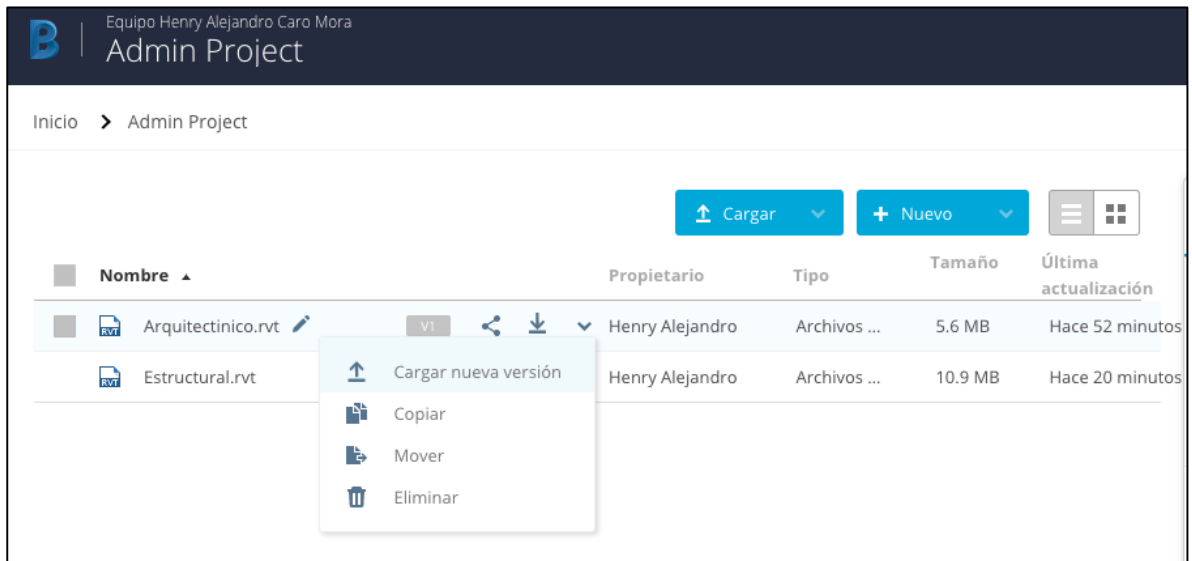
Figura 4. Extrucción de un modelo estructural en la plataforma BIM 360 Team.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Team.

Al ser una plataforma en la web permite un fácil acceso, ya que desde cualquier lugar con conexión a internet se puede ingresar para estar informado acerca de los cambios que se han presentado y hacer los aportes que se crean necesarios; además tiene un respaldo de la información muy útil, basado en un historial de versiones que se crea cada que se actualiza un modelo (ver figura 5).

Figura 5. Carga y descarga de archivos en la plataforma BIM 360 Team.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Team.

En cuanto a la colaboración tiene una herramienta que permite realizar sesiones en vivo, en las cuales participan los integrantes del equipo para tomar decisiones importantes sobre algún tema en el cual se requiera el conocimiento de varios profesionales (ver figura 6).

Figura 6. Modelo arquitectónico corte escalera en la plataforma BIM 360 Team.

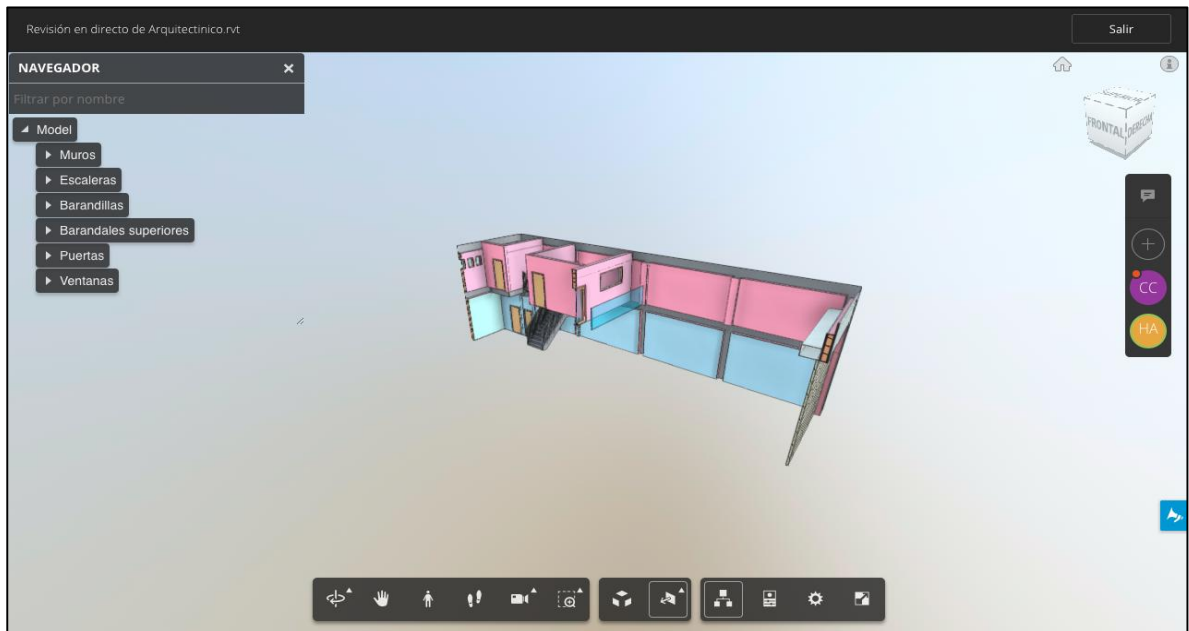


Figura 6. Modelo arquitectónico corte escalera en la plataforma BIM 360 Team.

4.2.2 BIM 360 DOCS

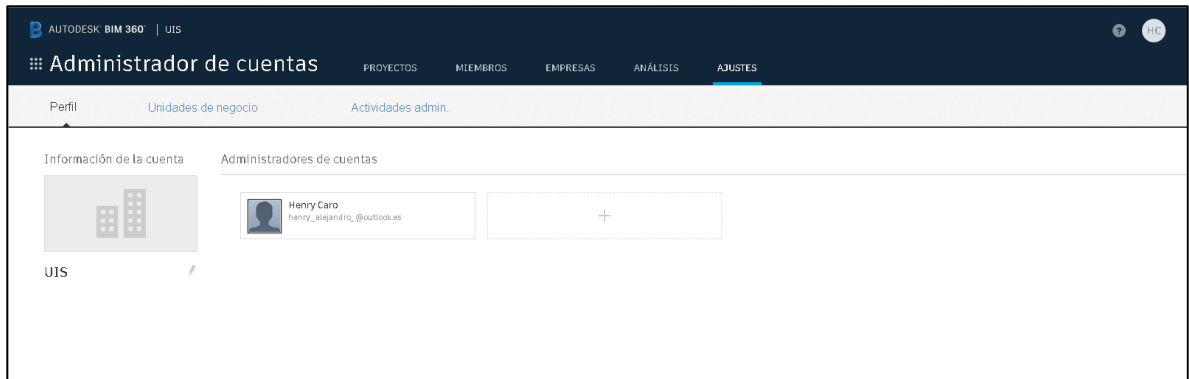
BIM 360 Docs es una plataforma para optimizar el proceso de planificación y diseño de los proyectos de construcción, y presta servicios muy útiles para la colaboración, visualización y coordinación de permisos.

Una de las características principal de BIM Docs es que proporciona almacenamiento ilimitado para cualquier tipo de archivo, sin contar que cuenta con un respaldo de información por medio de un registro de actividades.

El manejo de esta plataforma se divide en dos interfaces de usuario, una es BIM 360 Enterprise y la otra BIM 360 Docs.

BIM 360 Enterprise se encarga de la administración de los perfiles y entre sus características está el manejo de los miembros de la plataforma, ya sean personas o empresas y el control de los proyectos que se llevan a cabo (ver figura 7).

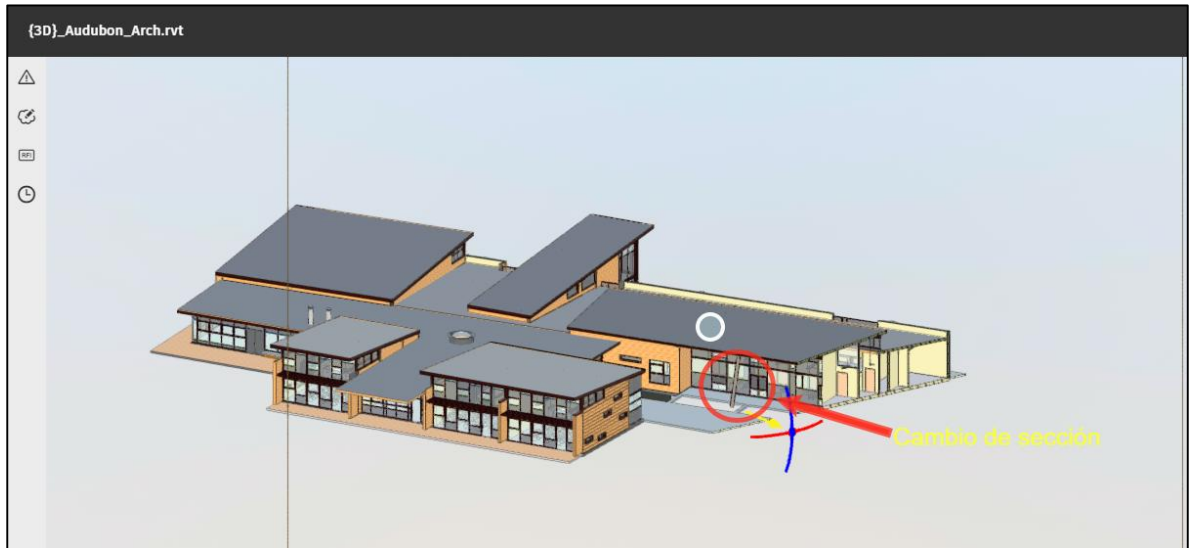
Figura 7. Interfaz administrador de cuentas y usuarios en la plataforma BIM 360 Docs.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Docs.

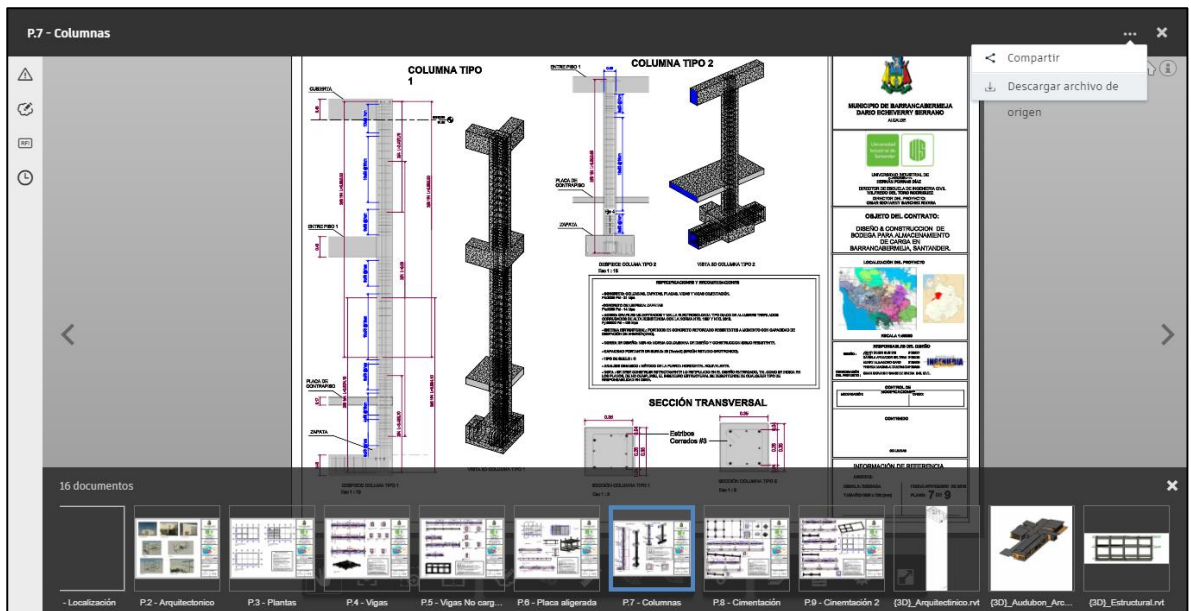
BIM 360 Docs es la interfaz en la cual se gestiona la colaboración de los proyectos, la cual permite visualizar archivos compartidos sin importar el formato, y proporciona herramientas para detallar puntos críticos de los proyectos por medio de marcas y comentarios (ver figuras 8 y 9).

Figura 8. Visualizador 3D y marcas en la plataforma BIM 360 Docs.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Docs.

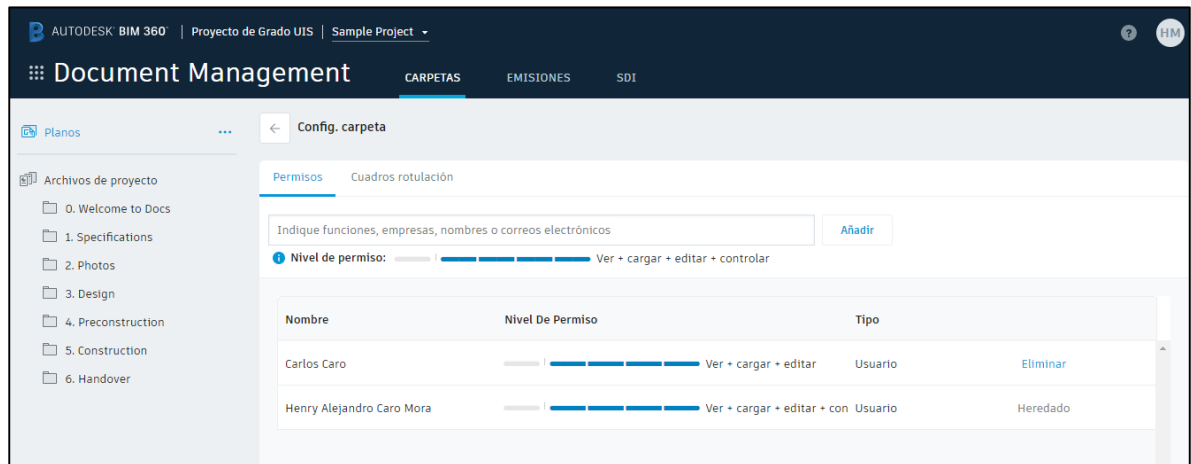
Figura 9. Visualizador 2D en la plataforma BIM 360 Docs.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Docs.

La seguridad de información y el control de permisos es una ventaja que tiene BIM 360 Docs con respecto a otras plataformas, ya que tiene un sistema de control de usuarios muy bien organizado, el cual se divide en dos partes, la primera el tipo de usuario, los cuales pueden ser empresas o miembros y la segunda el nivel de permiso, que puede ser, de ver, cargar, editar y controlar, y así se garantiza que cada usuario tenga acceso exclusivo a la información que le corresponde (ver figura 10).

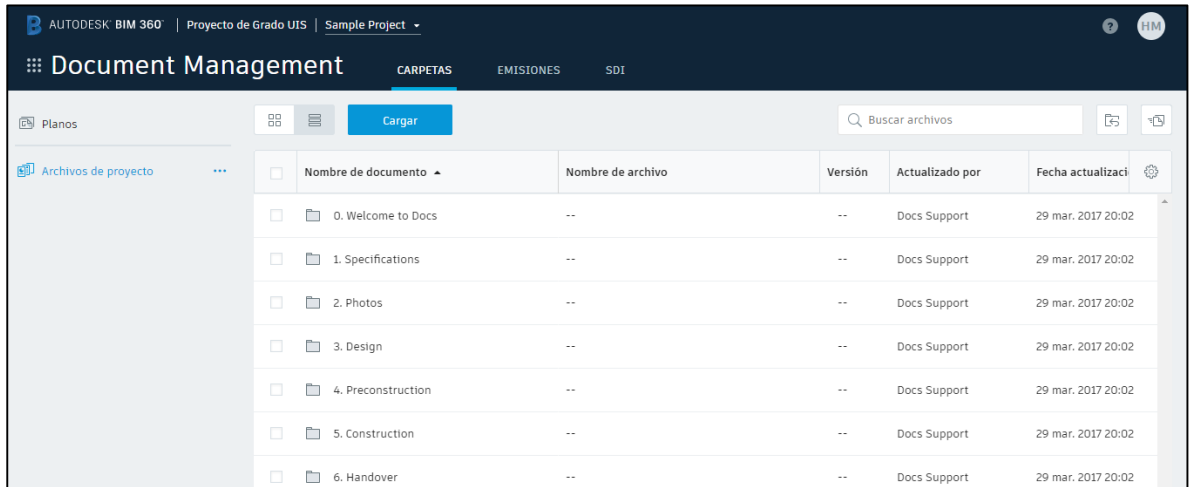
Figura 10. Gestión de usuarios y niveles de acceso a la información en la plataforma BIM 360 Docs.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Docs.

La accesibilidad que proporciona esta plataforma es muy buena, ya que no requiere conexión a internet para tener acceso a los archivos, pero si para actualizar las versiones, además permite navegar entre archivos sin necesidad de cerrar el visor (ver figura 11).

Figura 11. Carga y descarga de archivos en la plataforma BIM 360 Docs.



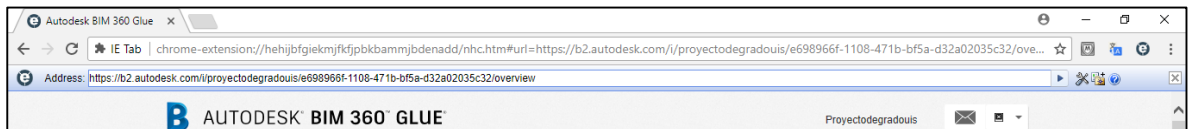
Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Docs.

4.2.3 BIM 360 GLUE

BIM 360 Glue es una plataforma que tiene beneficios muy notables en la planificación de obras civiles ya que ayuda a tener mejores apreciaciones de contractibilidad por medio del trabajo grupal en la nube, también es muy útil para detectar, evitar y solucionar los choques entre modelos.

La colaboración que ofrece esta plataforma es de gran ayuda ya que permite la conexión de todo el equipo de trabajo fácilmente desde un computador o tablet, con la limitación, que debe instalarle el complemento "IE Tab" al navegador para poder visualizar los modelos (ver figura 12).

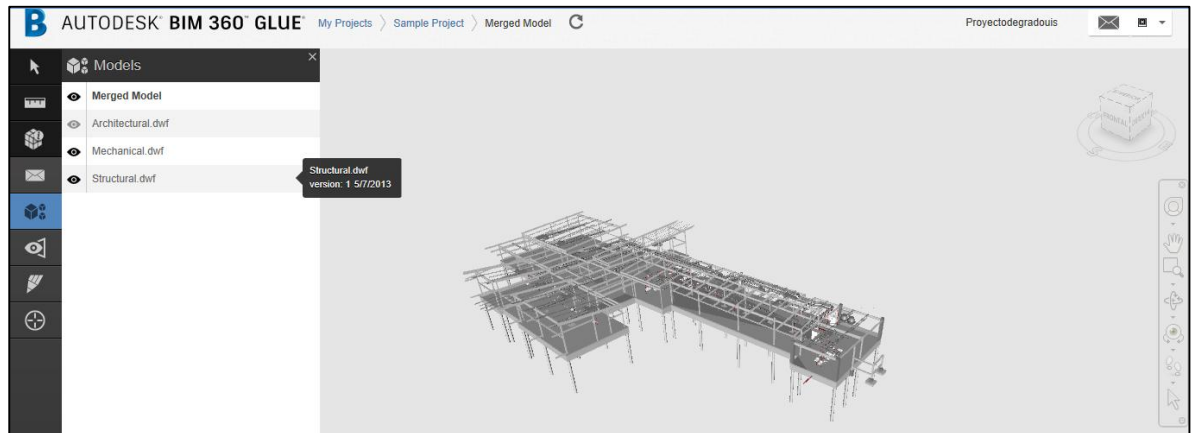
Figura 12. Extensión del navegador para la visualización en la plataforma BIM 360 Glue.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Glue.

Una de las ventajas de BIM 360 Glue es que esta plataforma permite integrar los modelos, en la opción merged model, la cual es de gran ayuda para identificar colisiones y evitar choques (ver figura 13).

Figura 13. Interfaz de visualización 3D en la plataforma BIM 360 Glue.

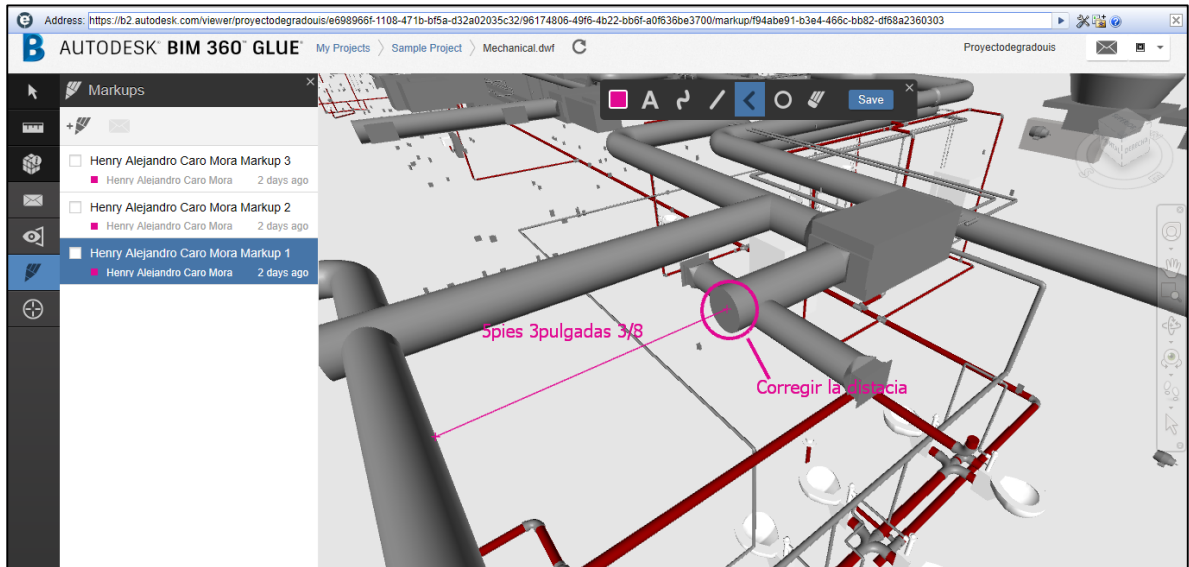


Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Glue.

La plataforma tiene herramientas para comunicar de forma precisa errores y correcciones que se deben hacer, a los demás miembros del grupo de trabajo, lo cual se ve asociado a una disminución del tiempo ocupado en el diseño de la estructura.

BIM Glue tiene una interfaz para visualizar los modelos a gran detalle, además posee herramientas muy útiles para identificar zonas críticas del modelo y permite la interacción entre plantillas, esto de gran ayuda para crear comentarios con imágenes donde se especifique muy bien la información que se desea transmitir (ver figura 14).

Figura 14. Comentarios sobre interferencias en la plataforma BIM 360 Glue.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma BIM 360 Glue.

Por otro lado, la actualización de modelos, solo se puede hacer desde un computador que tenga el programa, ya que se debe instalar un complemento para compartir los archivos directamente a la plataforma.

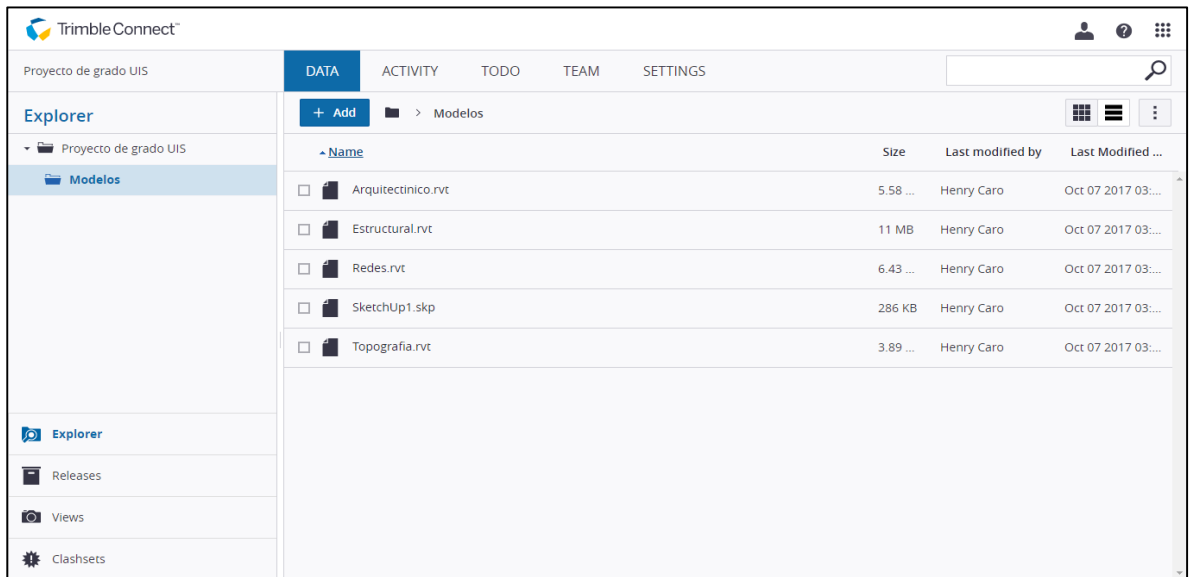
4.2.4 TRIMBLE CONNECT

Trimble Connect es una plataforma diseñada para la colaboración entre los profesionales que intervienen en el diseño de obras de construcción.

Es una plataforma muy útil en la gestión de proyectos y para fomentar el trabajo grupal, debido a su capacidad para almacenar datos y las herramientas que presta para difundir información.

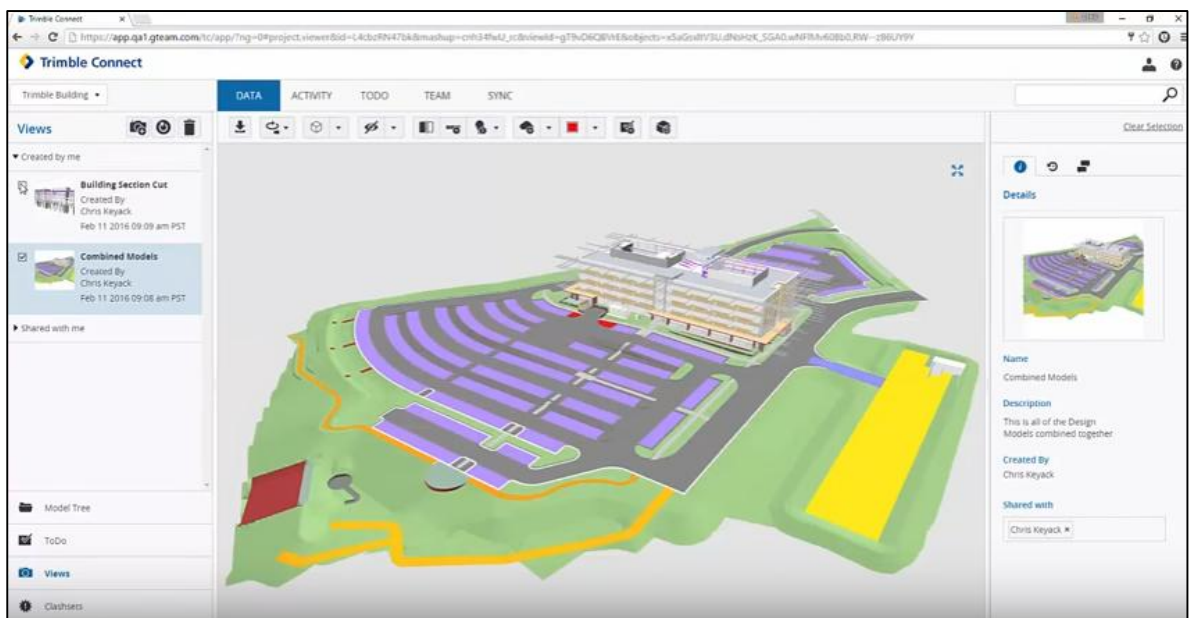
La interfaz de usuario está diseñada para tener varios proyectos y administrarlos de forma individual, también permite visualizar los modelos que se suben y así tener claro el avance de los diseños (ver figuras 15 y 16).

Figura 15. Carga y descarga de documentos en la plataforma Trimble Connect.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma Trimble Connect.

Figura 16. Visualizador 3D en la plataforma Trimble Connect.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma Trimble Connect.

Es compatible con programas muy usados en la industria de la construcción como Revit, Field link, Prolog, Vico Office, Sketchup y Tekla Structures; por lo cual es una herramienta eficaz para centralizar la información de los proyectos.

4.3 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLATAFORMAS BIM EN LA NUBE, EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Las siguientes tablas se califican las plataformas estudiadas basándose en las necesidades propias de la planificación de proyectos y los parámetros de evaluación.

En la tabla 4 se da una calificación de 1 a 5, donde 1 es el peor y 5 el mejor puntaje, también se asigna la importancia de cada parámetro, definiendo un nivel de importancia de 1 a 3 y al final se encuentra un promedio ponderado de cada plataforma estudiada, el cual se obtiene con la siguiente formula (ver ecuación (1)). El nivel de importancia se definió a criterio propio basándose en la investigación previamente realizada, ya que no se encuentran investigaciones donde se comparen los parámetros para la planificación de proyectos en plataformas BIM debido a que es un tema muy nuevo y no se han realizado suficientes investigaciones.

$$(1) \textit{ Promedio} = \frac{\sum(\textit{importancia } i * \textit{parametro } i)}{\sum(\textit{importancia } i)}$$

importancia i = nivel de importancia de cada parámetro (columna 3 tabla 4) .

parámetro i = puntaje obtenido por las plataformas en cada uno de los parámetros (columna 4,5,6 tabla 4).

Tabla 2. *Parámetros para la evaluación de ventajas y desventajas de las plataformas y sus fuentes.*

ID	PARAMETRO	FUENTE
1	Colaboración	[3]-[5]-[8]
2	Integración	[1]-[3]
3	Comunicación de la información	[3]-[8]
4	Visualización	[8]-[2]-[14]
5	Coordinación (permisos)	[4]-[5]-[9]
6	Privacidad y seguridad	[10]
7	Edición y actualización	[3]-[8]-[13]
8	Control de tiempos y costos	[3]-[4]
9	Capacidad para almacenar datos	[3]-[5]
10	Gestión de cambios de diseño	[3]-[8]
11	Compatibilidad con formatos de archivo	Propia
12	Costos	Propia
13	Requerimientos del ordenador	Propia

Todas las plataformas que se estudiaron tienen características especiales que las hacen muy útiles, pero según el método planteado se logró observar claramente cuales cumplían mejor los parámetros planteados para la evaluación de plataformas BIM en la nube.

La comparación indica que BIM 360 Team es la mejor de las cuatro, seguida por BIM 360 Docs y luego tenemos un puntaje similar entre BIM 360 Glue y Trimble connect, ya que una es mejor cualitativamente y la otra cuantitativamente. También podemos ver una amplia diferencia entre las dos primeras con las otras y esto se debe principalmente a la falta de herramientas de control de usuarios y seguridad, que son esenciales en la implementación de esta metodología (ver tablas 3 y 4).

Tabla 3. Necesidades de la planificación de proyectos de construcción según cada plataforma.

ID	NECESIDAD DE LA PLANIFICACION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION	PLATAFORMA BIM			
		BIM 360 TEAM	BIM 360 DOCS	BIM 360 GLUE	TRIMBLE CONNECT
1	Colaboración	✓	✓	✓	✓
2	Integración	✓	✗	✓	✓
3	Comunicación de la información	✓	✓	✓	✓
4	Visualización	✓	✓	✓	✓
5	Coordinación (permisos)	✓	✓	✗	✗
6	Privacidad y seguridad	✓	✓	✗	✗
7	Edición y actualización	✓	✓	✓	✓
8	Control de tiempos y costos	✗	✗	✗	✓
9	Capacidad para almacenar datos	✓	✓	✓	✓
10	Gestión de cambios de diseño	✓	✓	✓	✓

Tabla 4. Parámetros para la evaluación de ventajas y desventajas. Calificaciones de cada plataforma.

ID	PARAMETROS DE EVALUACIÓN	IMPORTANCIA	PLATAFORMA BIM			
			BIM 360 TEAM	BIM360 DOCS	BIM360 GLUE	TRIMBLE CONNECT
1	Colaboración	3	5	5	5	5
2	Integración	3	4	1	5	5
3	Comunicación de la información	3	5	5	4	4
4	Visualización	3	5	5	4	4
5	Coordinación (permisos)	3	4	5	2	2
6	Privacidad y seguridad	3	4	5	2	2
7	Edición y actualización	2	5	4	4	4
8	Control de tiempos y costos	1	1	1	1	4
9	Capacidad para almacenar datos	2	4	5	5	4
10	Gestión de cambios de diseño	2	5	5	4	5
11	Compatibilidad con formatos de archivo	2	5	5	4	3
12	Costos	2	5	5	5	5
13	Requerimientos del ordenador	2	5	5	4	4
CALIFICACIÓN GENERAL		31	4,52	4,42	3,84	3,87

Puntajes finales:

1. BIM 360 Team.....	4,52
2. BIM 360 Docs.....	4,42
3. Trimble Connect.....	3,84
4. BIM 360 Glue.....	3,87

4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

4.4.1 Ventajas.

- El uso de plataformas BIM facilita la colaboración entre los profesionales que participan en un proyecto de construcción, ya que permiten mantener una comunicación constante a lo largo del proceso, lo cual genera una retroalimentación continua que permite mejorar el proceso de toma de decisiones.
- Aunque aún falta implementar mejor la integración de diseños en las plataformas, las herramientas que permiten este proceso, son de gran ayuda para identificar y solucionar colisiones en etapas tempranas del proyecto, además de fomentar el trabajo grupal.
- Todas las plataformas tienen una interfaz de visualización muy completas, y esto es una gran ventaja ya que permite identificar fácilmente errores, y también permite idealizar las características del proyecto con gran detalle, además poseen herramientas para marcar con precisión partes del modelo y transmitir esta información.
- La información de las empresas que participan en los proyectos está segura gracias a los niveles de acceso que se les da a los usuarios, lo cual permite centralizar la toda información y administrarla de forma eficientemente.

- Las plataformas BIM poseen un amplio espacio de almacenamiento en la nube y tienen compatibilidad con gran cantidad de formatos, lo que permite aplicarlas en proyectos de gran dimensión.
- El costo de las plataformas es relativamente bajo en comparación con las herramientas y ventajas que prestan.
- Algunas de las plataformas no requieren ordenadores con capacidades fuera de serie ya que basan su funcionamiento en la capacidad la nube, algunas de ellas se pueden usar desde dispositivos móviles.

4.4.2 Desventajas

- Algunas de las plataformas tienen sistemas de seguridad y control de usuarios con carencias, y para manejar información proveniente de diferentes personas y empresas es esencial hacer más rigurosos los procesos de acceso a los archivos.
- Faltan herramientas para llevar un control de tiempos y costos.
- Requieren capacitaciones, para hacer un correcto uso.
- Aunque hay algunas que permiten coordinar modelos, es un tema que aún necesita desarrollo.

5. CONCLUSIONES.

- El uso de plataformas BIM suministra ventajas con respecto a métodos tradicionales de planificación de proyectos de construcción, y se convertirá en la principal herramienta para gestionar y planificar obras civiles.
- Las plataformas estudiadas no cumplen a cabalidad todas las necesidades para la planificación de proyectos de construcción, pero según los resultados tienen un desempeño muy alto, lo cual permite implementarlas con un alto grado de confianza. Se espera que en los próximos años, investigadores y profesionales de la industria de la construcción superen las barreras existentes de las plataformas BIM en la nube para la planificación de proyectos de construcción.
- BIM 360 Team consiguió ser la mejor herramienta para la planificación de proyectos, y su éxito se debe a la gran cantidad de detalles que la hacen muy útil y sencilla de usar, además actualmente se está implementando un método de integración que se llama C4R (Collaboration for Revit) que busca implementar la colaboración tradicional del software Revit en esta plataforma.
- Todas las plataformas tienen un espacio de visualización de alta calidad, lo cual indica que las empresas que desarrollan este tipo software toman este criterio como primordial. La visualización resulta indispensable para mejorar los aspectos relacionados con la colaboración y la detección de falencias en etapas tempranas de los proyectos, lo cual permite mitigar fenómenos indeseados de atrasos y sobrecostos desde la etapa de planificación de los proyectos.
- El precio de implementar las plataformas estudiadas es bajo, teniendo en cuenta que la utilidad de las funcionalidades que es posible obtener mediante

la implementación, sin embargo, son complementarias ya que los archivos que manejan son provenientes de programas de diseño, los cuales tienen licencias por aparte.

- Se identificó que algunas plataformas les faltaba rigurosidad para definir el nivel de acceso a la información, lo cual no es un gran problema a la hora de programar, pero si es un parámetro esencial al momento de elegir una plataforma BIM. Con las pruebas piloto llevadas a cabo fue posible observar que para aprovechar las ventajas de las plataformas y llenar los vacíos, resulta factible la complementación de los enfoques estudiados.
- El funcionamiento adecuado de las plataformas no se basa en la capacidad de los ordenadores, sino en el ancho de banda del internet, el cual influye mucho para un proceso fluido, se recomienda que sea mínimo de 15 Megas.

6. RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto se encamino por las ventajas que proporciona el uso de plataformas BIM en los proyectos de construcción, el cual se cumplió satisfactoriamente pero aún faltan estudios en la integración de las plataformas BIM y el software que permite el uso de esta tecnología, ya que hay nuevos avances y las empresas de software cada vez implementan herramientas nuevas que buscan hacer más eficiente el trabajo colaborativo entre empresas y profesionales que participan en un mismo diseño.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALADAG, H; DEMIRDÖĞEN, G; and ISIK, Z. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Eng.*, vol. 161, pp. 174–179, 2016.

BEACH. Management of Collaborative BIM Data by Federating Distributed BIM Models. pp. 1–13, 2013.

BEACH, T. BIMCloud: A Distributed Cloud-based Social BIM Framework for Project Collaboration. pp. 1–13, 2013.

BECERIK, Gerber; K, cku; and F, Jazizadeh. BIM-Enabled Virtual and Collaborative Construction Engineering and Management. *Pract.*, vol. 138, no. 3, pp. 234–245, 2012.

CHEN, H. M; CHANG, K. C; and LIN, T. H. A cloud-based system framework for performing online viewing, storage, and analysis on big data of massive BIMs. *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 34–48, 2016.

FRANCO; DURAN, D; and MEJIA, G. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Proc. Constr. Res. Congr.* 2016, pp. 2039–2049, 2016.

KEROSUO, H. BIM-based Collaboration Across Organizational and Disciplinary Boundaries Through Knotworking. *Procedia Econ. Financ.*, vol. 21, no. 15, pp. 201–208, 2015.

LIANG, Fan. A Framework of the Civil Engineering CAD Experimental Platform Based on Cloud Computing. *Iccrem 2013*, pp. 577–586, 2013.

LIU, W; GUO, H; and SKITMORE, M. A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design. *Iccrem 2014*, pp. 320–329, 2014.

LIU, Y; VAN NEDERVEEN, S; and HERTOOGH, M. “Understanding effects of {BIM} on collaborative design and construction: An empirical study in China,” *Int. J. Proj. Manag.*, p., 2016.

MUNKLEY, J; KASSEM, M; and DAWOOD, N. Synchronous Building Information Model-Based Collaboration in the Cloud: A Proposed Low Cost IT Platform and a Case Study. *Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 89–96, 2014.

SCHEER, S; MENDES, R; CAMPESTRINI T. F; and GARRIDO, M. C. A Framework of Cloud-computing-based BIM Service for Building Lifecycle. *Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 455–462, 2014.

X, L; CHUNYAN MA, Y. M. Study on the Application of BIM Technology in Construction Projects under IPD Mode. *ICCREM 2014 Smart Constr. Manag. Context New Technol.* © ASCE 2014, no. 2010, pp. 229–236, 2014.

ZUPPA, D; ISSA, R. R. A; and SUERMANN, P. C. BIM’s Impact on the Success Measures of Construction Projects. *Comput. Civ. Eng.*, no. 352, pp. 85–94, 2014.