

**PÉRDIDAS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EVITABLES EN  
LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN, POR LA AUTOMATIZACIÓN OBTENIDA DE  
LA IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA DE BIM Y LEAN CONSTRUCTION**

**JESSICA PAOLA FORERO AVILA  
SERGIO ENRIQUE PINILLA MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2018**

**PÉRDIDAS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EVITABLES EN  
LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN, POR LA AUTOMATIZACIÓN OBTENIDA DE  
LA IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA DE BIM Y LEAN CONSTRUCTION**

**JESSICA PAOLA FORERO AVILA  
SERGIO ENRIQUE PINILLA MARTINEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director**

**OMAR GIOVANNY SANCHEZ RIVERA  
PhD. en Ingeniería - Gestión de Desarrollo Tecnológico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2018**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. MARCO TEÓRICO .....	16
1.1 PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL .....	16
1.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....	17
1.3 LEAN CONSTRUCTION.....	18
2. METODOLOGÍA .....	20
2.1 BÚSQUEDA DE DOCUMENTOS.....	20
2.2 PROCESO DE SELECCIÓN DE DOCUMENTOS.....	21
2.3 PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN .....	22
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE GENERAN PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.....	22
2.5 PROCESO DE RELACIÓN DE LOS FACTORES CON LA TECNOLOGÍA BIM Y LEAN CONSTRUCTION.....	22
3. RESULTADOS.....	24
3.1 FACTORES QUE GENERAN PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.....	24
3.1.1 Descripción de los factores.....	25
3.1.1.1 Medio Ambiente .....	25
3.1.1.2 Ubicación del sitio de trabajo .....	25
3.1.1.3 Mano de obra.....	25
3.1.1.4 Equipo de trabajo.....	25
3.1.1.5 Materiales .....	25
3.1.1.6 Causados por el propietario del proyecto.....	26
3.1.1.7 Diseños y planificación.....	26
3.1.1.8 Aspectos contractuales .....	26

3.1.1.9 Gestión de proyectos .....	26
3.1.1.10 Costos financieros .....	26
3.1.1.11 Económicos .....	26
3.1.1.12 Políticos .....	26
3.1.1.13 Legales .....	27
3.1.1.14 Seguridad.....	27
3.1.1.15 Residuos .....	27
3.2 CARACTERÍSTICAS DE BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.....	27
3.2.1 Descripción de las características.....	29
3.2.1.1 Tiempo .....	29
3.2.1.2 Visualización .....	30
3.2.1.3 Diseño.....	30
3.2.1.4 Simulación .....	30
3.2.1.5 Modelamiento .....	30
3.2.1.6 Control .....	30
3.2.1.7 Estimación y control de costos.....	31
3.2.1.8 Gestión de información .....	31
3.2.1.9 Colaboración.....	31
3.3 PRINCIPIOS DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION .....	33
3.4 RESULTADOS ARROJADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS FACTORES CON LA TECNOLOGÍA BIM .....	35
3.5 RESULTADOS ARROJADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS FACTORES CON LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION .....	38
4. CONCLUSIONES .....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXOS.....	45

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Proceso de recolección de información .....	23
Figura 2. Matriz de relación producida por los beneficios de BIM.....	36
Figura 3. Matriz de relación producida por los ahorros proporcionados por los factores .....	36
Figura 4. Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION ..	37
Figura 5. Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION ..	38

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Base de datos utilizada para documentación.....	21
Tabla 2. Palabras claves utilizadas para documentación. ....	21
Tabla 3. Factores que generan pérdidas en los proyectos .....	24
Tabla 4. Beneficios de la tecnología BIM.....	27
Tabla 5. Factores que generan pérdidas en los proyectos .....	28
Tabla 6. Funcionalidad BIM .....	32
Tabla 7. Principios LEAN CONSTRUCTION .....	35

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Factores que generan pérdidas en proyectos de infraestructura vial .....	45
Anexo B. Evidencia, de las relaciones realizadas, para visualizar los resultados..	59

## RESUMEN

**Titulo.** Pérdidas de proyectos de infraestructura vial evitables en la etapa de planificación, por la automatización obtenida de la implementación conjunta de BIM y Lean Construction \*

**Autores:** Jessica Paola Forero Avila  
Sergio Enrique Pinilla Martinez\*\*

**Palabras Clave:** PET Infraestructura Vial, Perdidas, planificación, Building Information Modeling, Lean Construction

La mejora de la infraestructura vial tiene una importancia significativa en el crecimiento y el desarrollo económico del país, el desarrollo de proyectos de infraestructura vial es un proceso en el cual se manejan variables de tipo social, ambiental, económico y predial. La intervención de las zonas donde se encuentran asentadas comunidades deben llevar a cabo programas de manejo social. Este impacto promueve un avance social que no solo resulta en términos de comercio y competitividad, sino, sobre el desarrollo de las comunidades que poseen una influencia directa en la ejecución en este tipo de proyectos, Es importante destacar la necesidad de utilizar herramientas y procesos tecnológicos, ya que las etapas de planificación en proyectos de ingeniería civil se pueden optimizar de manera eficiente. En este trabajo se realizó una investigación de las posibles pérdidas que pueden ocurrir en el momento de la planificación de obras de infraestructura, proponer un conjunto de funcionalidades relacionadas con la automatización generada por la implementación conjunta de Building Information Modeling y la filosofía de Lean Construction para mejorar el rendimiento del proceso de producción es el principal objetivo y así concluir con un conjunto de relaciones que ayudarán en la mejora de los factores y la optimización de recursos que generan pérdidas en proyectos de infraestructura vial.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Omar Giovanni Sanchez Rivera PhD. en Ingeniería - Gestión de Desarrollo Tecnológico

## ABSTRACT

**Title.** Avoidable losses in planning stage of road infrastructure projects, through the automation obtained from the joint implementation of BIM and Lean Construction \*

**Authors:** Jessica Paola Forero Avila  
Sergio Enrique Pinilla Martinez \*\*

**KEYWORDS:** Infrastructure, losses, planning, Building Information Modeling, Lean Construction

The improvement of the road infrastructure has a significant importance in the growth and economic development of the country, the development of road infrastructure projects is a process in which social, environmental, economic and property variables are managed. The intervention of the areas where communities are settled must carry out social management programs. This impact promotes a social advance that does not only result in terms of trade and competitiveness, but also contributes to the development of communities that have a direct influence on the execution of this type of project, it is important to highlight the need to use technological tools and processes, since the planning stages in civil engineering projects can be optimized efficiently. In this work an investigation was made of the possible losses that may occur at the time of the planning of infrastructure works, the objective was to propose a set of functionalities related to the automation generated by the joint implementation of Building Information Modeling and the philosophy of Lean Construction to optimize the performance of the production process and conclude with a set of relationships that will help in the improvement of the factors and the optimization of resources that generate losses in road infrastructure projects.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering School of Civil Engineering Director Omar Giovanni Sanchez Rivera PhD. in Engineering - Technological Development Management

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la infraestructura vial colombiana se encuentra con un gran atraso respecto al desarrollo presentado en grandes países latinoamericanos; lo que es perjudicial para la economía nacional, ya que el sistema de movilidad presenta un deterioro ocasionado por el alto flujo vehicular y las malas condiciones de las vías, situación que se puede evidenciar notoriamente en vías primarias y secundarias.

Una de las soluciones más comunes ante el evidente problema vial es ampliar estructuralmente el sistema de transporte; La construcción de una nueva vía obedece a la necesidad de complementar la malla vial existente y obtener beneficios de ello, beneficios tales como ahorro en el costo y el tiempo de viaje del usuario en la vía. Como la motivación es fundamentalmente de índole económica y teniendo en cuenta que se requiere una inversión importante<sup>1</sup> [1]; es fundamental realizar obras cada vez mejores que cumplan las necesidades y que generen un beneficio a la comunidad.

Para cumplir con los requerimientos de cada proyecto ingenieril y que su desarrollo sean un éxito, se debe enfatizar en los pilares del mismo, es decir, tener claridad desde la etapa de planificación del proyecto con los recursos necesarios para ejecutarlo; teniendo en cuenta factores importantes como tiempo, inversión, calidad, utilidad y costos. Los costos de un proyecto se conocen como una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del mismo, la

---

<sup>1</sup> CARRETERA D. E. U. N. A., “Manual de diseño Geometrico de Carreteras.”

exactitud de la estimación del costo de un proyecto aumenta según avanza el proyecto, de manera que es un proceso iterativo<sup>2 3 4</sup>.

Ahora bien, debido al avance tecnológico presentado a través de los años, surge la necesidad de crear e innovar en todas las áreas, especialmente en obras civiles; para esto es indispensable emplear nuevas herramientas, procesos y tecnologías que permitan mejorar el desempeño, planificación, construcción y funcionamiento de un proyecto de ingeniería. Una herramienta importante de software es BIM (Building Information Modeling), la cual se caracteriza por la capacidad de compilar modelos virtuales de edificios usando objetos paramétricos de lectura mecánica que exhiben comportamientos comparativos con la necesidad de diseñar, analizar y probar un diseño<sup>5</sup>.

Basados en la filosofía de Lean Construction que tiene por objetivo reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen<sup>6</sup>, en el marco de crear herramientas Lean para la mejora de la gestión de los proyectos de construcción, se analiza como contrasta con el modelo tradicional de ejecución de proyectos diseño-licitación-construcción, en cuanto a cuál es la mejor forma de organización arquitecto, cliente y constructor en las fases de desarrollo del proyecto<sup>7</sup> y se intentará optimizar la ejecución de una obra vial para mejorar su beneficio y viabilidad del proyecto.

---

<sup>2</sup> BRADLEY A., LI H., LARK R., and DUNN S., "BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective," *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 139–152, 201

<sup>3</sup> ARAYICI Y., COATES P., KOSKELA L., KAGIOGLOU M., USHER C., and O'REILLY K., "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice," *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 2, pp. 189–195, 2011

<sup>4</sup> ZHANG L. and CHEN X., "Role of Lean Tools in Supporting Knowledge Creation and Performance in Lean Construction," *Procedia Eng.*, vol. 145, pp. 1267–1274, 2016

<sup>5</sup> LIN J. J. and GOLPARVAR-FARD M., "Construction Research Congress 2016 1731," *Xxxx*, pp. 1731–1741, 2016

<sup>6</sup> WON J., CHENG J. C. P., and LEE G., "Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea," *Waste Manag.*, vol. 49, pp. 170–180, 2016

<sup>7</sup> *Ibíd.*

Teniendo en cuenta el potencial de BIM (Building Information Modeling) y Lean Construction, se pretende plantear si es posible evitar las pérdidas en proyectos de infraestructura vial, durante la etapa de planificación, a partir de la automatización por la implementación conjunta de BIM y Lean Construction, y así identificar las causas y pérdidas presentes en un proyecto, y finalmente proponer un conjunto de relaciones entre dichas pérdidas y las funciones descritas anteriormente.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

En la infraestructura vial, la planificación de proyectos se puede definir como el conjunto de estudios necesarios para definir la función que debe cumplir una red viaria determinada, ordenando el conjunto de actuaciones a lo largo de un tiempo fijado, determinando las características de las vías que la componen, estableciendo la oportuna jerarquía y determinando los medios que debe dedicarse a cada una de las fases para su correcta realización<sup>8</sup> .

Al momento de planificar una construcción es importante tener en cuenta la necesidad de la obra, sabiendo que en la planificación vial podemos encontrar la limitación a facilitar y dosificar los medios para satisfacer la demanda existente y produciendo un mínimo impacto tanto económico como social, territorial o medio ambiental<sup>9</sup>.

En el desarrollo del proceso constructivo es importante la evaluación progresiva de la viabilidad del proyecto tanto económico como social, para garantizar unos óptimos resultados, para esto es importante seguir los siguientes lineamientos:

Fase 1. Pre – Factibilidad. Es establecer si el proyecto ofrece posibilidades de ser viable económicamente.

---

<sup>8</sup> AKINADE O. O. *et al.*, “BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities,” *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 6, no. 1, pp. 260–271, 2017

<sup>9</sup> *Ibíd.*

Fase 2. Factibilidad. Es la decisión final de continuar o no con el proyecto dependiendo de su rentabilidad.

Fase 3. Diseños Definitivos. Elaboran los diseños detallados, tanto geométricos como de todas las estructuras y obras complementarias que se requieran<sup>10 11 12 13 14 15 16 17</sup>.

## 1.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM es un método de trabajo que se define en el contexto de la cultura colaborativa y de la práctica integrada, y supone una profunda transformación que afecta a todos los procesos de diseño, constructivos y de gestión<sup>18</sup>.

Este nuevo método de trabajo, integra a todos los agentes que intervienen en el proceso de edificación, arquitectos, ingenieros, constructores, promotores, etc., y establece un flujo de comunicación transversal entre ellos, generando un modelo virtual que contiene toda la información relacionada con el edificio durante todo su ciclo de vida, desde su concepción inicial, durante su construcción y toda su vida útil, hasta su demolición.

---

<sup>10</sup> CARRETERA D. E. U. N. A., Op. Cit.

<sup>11</sup> BRADLEY A., LI H., LARK R., and DUNN S. Op. Cit.

<sup>12</sup> ARAYICI Y., COATES P., KOSKELA L., KAGIOGLOU M., USHER C., and O'REILLY K. Op. Cit.

<sup>13</sup> ZHANG L. and CHEN X., Op. Cit.

<sup>14</sup> LIN J. J. and GOLPARVAR-FARD M., Op. Cit.

<sup>15</sup> WON J., CHENG J. C. P., and LEE G., Op. Cit.

<sup>16</sup> AKINADE O. O. et al., Op. Cit.

<sup>17</sup> HABIBI S., "The Promise of BIM for Improving Building Performance," *Energy Build.*, vol. 153, pp. 525–548, 2017

<sup>18</sup> *Ibíd.*

Ventajas:

Las plataformas BIM actualizan automáticamente la información que es editada en cualquier parte del modelo. Esto quiere decir que si un elemento es modificado en una planta, se modifica automáticamente en las secciones, alzados y vistas 3D, igual que si se modifica una característica en un listado, cambia automáticamente en todo el proyecto.

Al trabajar todos los agentes sobre un único modelo, no hay posibilidad de pérdidas de información debidas a la descoordinación entre versiones que manejan los distintos profesionales.

BIM permite disponer en todo momento de cualquier información que se requiera, tanto de diseño como técnica, de costo, plazos de ejecución, mantenimiento, etc. También permite hacer modificaciones en tiempo real que actualizarán automáticamente todos estos parámetros, aumentando el grado de personalización y adecuación del proyecto a las necesidades del cliente<sup>19</sup>.

### **1.3 LEAN CONSTRUCTION**

Es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y a un buen sistema de producción que minimice los residuos entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias

---

<sup>19</sup> DÍAZ H. P., GIOVANNY O., RIVERA S., ALBERTO J., and GUERRA G., “Resumen Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 11, no. 1, pp. 1794–4953, 2014

para completar una unidad productiva [6]. El principal objetivo de esta filosofía es reducir al máximo las pérdidas presentes en una construcción.

## **2. METODOLOGÍA**

Durante la elaboración del trabajo de investigación, se optó por mostrar los beneficios que produce BIM en los procesos de planificación de infraestructura vial, basados en la filosofía de Lean Construcción, para generar una mejora en los factores que generan pérdidas en la planificación de proyectos de ingeniería civil.

El proceso de la revisión estuvo conformado por la formulación de preguntas de investigación, la búsqueda, selección y evaluación de calidad de documentos y la fase final o análisis de resultados.

Esta revisión de bibliográfica se realizó a partir de la búsqueda y análisis de artículos científicos y documentos de organismos internacionales que permitieron definir qué es un proyecto de infraestructura vial, BIM y las funcionalidades de Lean Construction, su alcance, así como identificar sus componentes y funciones generales, incluyendo aspectos que intervienen en los procesos de toma, análisis y publicación de datos e información estandarizada.

### **2.1 BÚSQUEDA DE DOCUMENTOS**

Para determinar qué factores de tecnologías BIM influyen en la planificación de proyectos de infraestructura vial, y como por medio de la filosofía Lean Construction se pueden reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto, ha sido necesario tener un conjunto de bases bibliográficas para realizar una previa documentación, dentro de las cuales se escogieron las que se muestran en la tabla 1. Adicionalmente, utilizando palabras claves como se muestran en la tabla 2, fue posible precisar la búsqueda.

Gracias a la búsqueda de información de las bases de datos, se puede consolidar la información para un posterior análisis. En la figura 1, se puede percibir el proceso de una forma abreviada.

**Tabla 1. Base de datos utilizada para documentación.**

<b>ID</b>	<b>Base de datos</b>
1	American Society of Civil Engineers (ASCE)
2	ScienceDirect
3	Emerald Insight
4	Springer

**Tabla 2. Palabras claves utilizadas para documentación.**

<b>ID</b>	<b>Palabra clave</b>
1	Funcionalidades BIM
2	Lean Construction
3	Panificación de proyectos
4	Perdidas en proyectos de infraestructura vial
5	Infraestructura vial
3	Panificación de proyectos

## **2.2 PROCESO DE SELECCIÓN DE DOCUMENTOS**

En el proceso de selección de los documentos se consideraron criterios para filtrar la información arrojada por el proceso de búsqueda y tener una revisión enfocada y específica, estos filtros fueron:

- Documentos publicados en los últimos 10 años.
- Documentos en idioma español e inglés.

- Documentos clasificados como artículos científicos o documentos de organismos nacionales e internacionales que incluyan la información más relevante.

### **2.3 PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

La calidad de la información se valoró de acuerdo al contenido que cada documento podía ofrecer para responder las preguntas formuladas. El análisis consistió en la creación de tablas para sintetizar y discutir sobre el área temática tratada generando una postura crítica plasmada en el documento y así llevar a cabo los objetivos y justificación que planteamos para la realización del proyecto

### **2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE GENERAN PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

Luego de realizar la revisión bibliográfica, se ha podido seleccionar gran numero de factores que generan un valor agregado al proyecto de infraestructura vial, por ende se procede a descartar algunos que se cree no son relevantes para este articulo, los factores que generan perdidas en proyectos de infraestructura vial, se definieron para dar una mayor claridad.

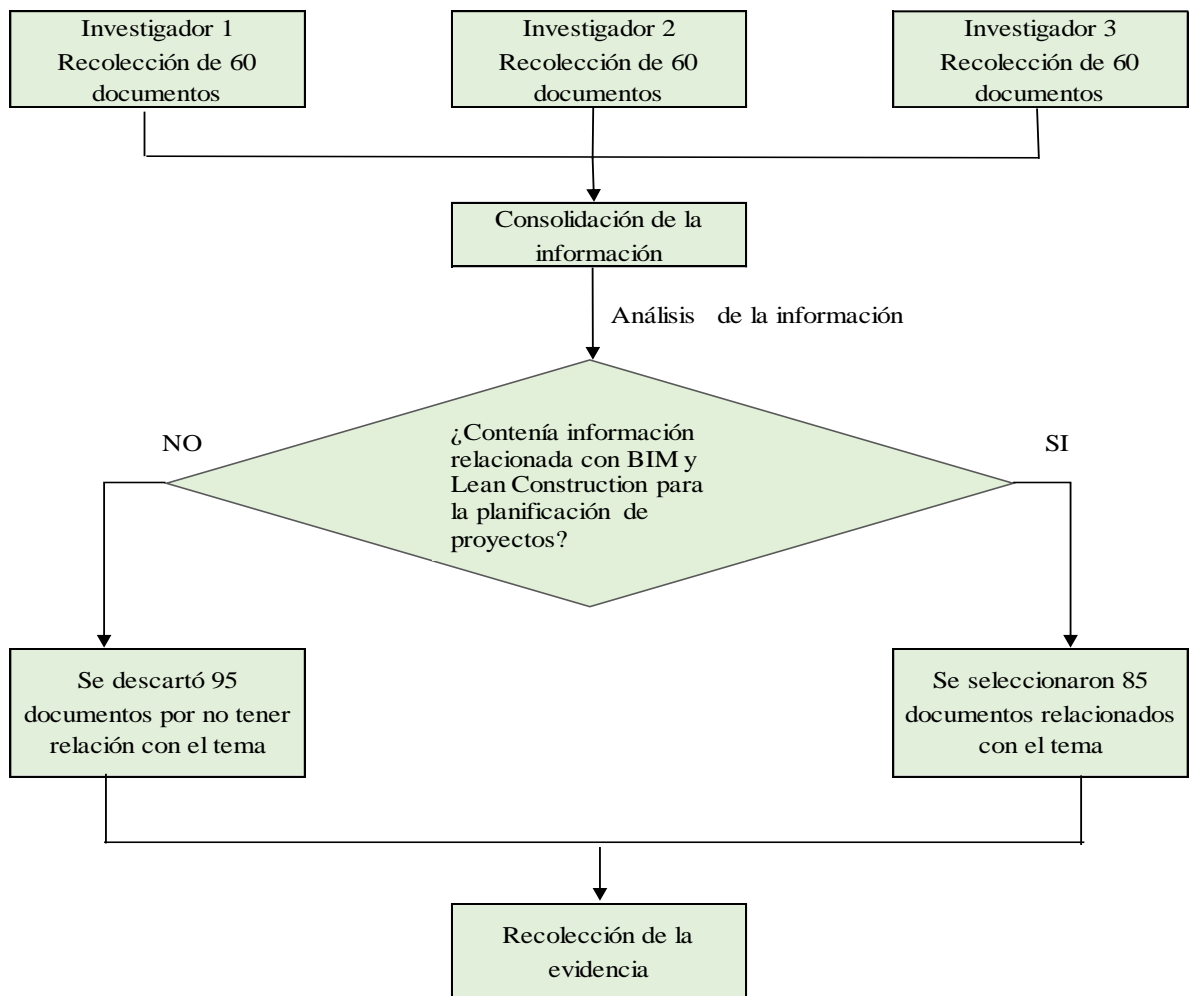
### **2.5 PROCESO DE RELACIÓN DE LOS FACTORES CON LA TECNOLOGÍA BIM Y LEAN CONSTRUCTION**

Recolectada la información necesaria, se realizo una relación por medio de matrices, la cual se valoro y se analizo, para dar conclusiones de los factores que generan perdidas en los proyectos de infraestructura vial, para dichas matrices se valoro de 0-1, en el cual el valor de cero (0) significa que no se encontró ninguna

relación Factor/ funcionalidades BIM, Factor/Lean Construction, y el valor uno (1) significa que gracias a las funcionalidades BIM y la filosofía Lean Construction, se podrá mejorar el rendimiento en la etapa de planificación del proyecto.

A continuación (figura 1) se evidencia el proceso de la toma de decisiones para seleccionar los documentos.

**Figura 1. Proceso de recolección de información**



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 FACTORES QUE GENERAN PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Como punto de partida para implementar cualquier proyecto, es necesario el uso de las tecnologías, que ayude a mejorar los recursos de la mejor manera posible, la identificación de pérdidas, es un paso importante para categorizar estos factores que generan pérdidas y darle una importancia significativa, para un mejoramiento a futuro; es por eso que se ha categorizado los principales factores que pueden generar pérdidas en la etapa de planificación, los cuales se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3. Factores que generan pérdidas en los proyectos**

<b>ID</b>	<b>Factores</b>
1	Medio Ambiente
2	Ubicación del sitio de trabajo
3	Mano de obra
4	Equipos de trabajo
5	Materiales
6	Causados por el propietario
7	Diseños y planificación
8	Aspectos contractuales
9	Gestión de proyectos
10	Costos financieros
11	Económicos
12	Políticos
13	Legales
14	Seguridad
15	Residuos

### **3.1.1 Descripción de los factores**

**3.1.1.1 Medio Ambiente:** se considera este factor como la suma de los comportamientos físicos o químicos que interactúan en nuestro entorno, un claro ejemplo son las condiciones climáticas, desastres naturales, los cuales son factores externos que afectan la ejecución del proyecto, cabe destacar que se pueden presentar sobrecostos en la planificación como los costos por mitigación y protección ambiental, o mejoras en la calidad del medio ambiente.

**3.1.1.2 Ubicación del sitio de trabajo:** en la localización del proyecto se puede presentar reubicación del sitio de trabajo, las instalaciones de equipos se puede encontrar retiradas, los cambios en las condiciones del sitio, como cimentaciones o suelos y rocas idóneas.

**3.1.1.3 Mano de obra:** estos factores están relacionados a los trabajadores, se puede evidenciar en obra, mano de obra inadecuada, como la falta de trabajadores inadecuados, bajo espíritu en los trabajadores para desempeñar los trabajos, la falta de experiencia y algunos problemas en la salud de los trabajadores, lo que agrega un factor de tiempo.

**3.1.1.4 Equipo de trabajo:** en este ítem se encuentra los factores de pérdidas como calidad de los equipos o la materia prima muy defectuosa, escases en los equipos, el mal uso a los equipos de trabajo, o número insuficiente de equipos.

**3.1.1.5 Materiales:** los materiales son una fuente fundamental en el momento del diseño, es por esto que la calidad y la buena utilización de estos recursos son de gran importancia para reducir costos, se presentan pérdidas en la utilización de los materiales innecesarios, errores en la especificación, entre otros.

**3.1.1.6 Causados por el propietario del proyecto:** los cambios en los requerimientos del propietario, es uno de los principales factores que generan atrasos en las obras, como las omisiones a las especificaciones los niveles de calidad del propietario, los retrasos en el proceso de pago, puede generar atrasos debido a las esperas.

**3.1.1.7 Diseños y planificación:** los cambios de diseño a última hora o las planificaciones inadecuadas, es el ítem de pérdidas más importantes en este título, podemos encontrar atrasos en los errores de diseño o las complejidades de diseño.

**3.1.1.8 Aspectos contractuales:** se evidencia las malas gestiones en los proyectos, contrataciones inadecuadas, y las obras adicionales no especificadas en el contrato.

**3.1.1.9 Gestión de proyectos:** es importante al momento de gestionar los proyectos, evaluar correctamente todas las etapas de planificación, malas gestiones en los proyectos, sanciones por baja calidad de los proyectos, o el mal manejo del calendario pueden ser principales factores que agregan un valor agregado.

**3.1.1.10 Costos financieros:** se podrá categorizar en este factor los métodos incorrectos de estimación de costos y a escases del flujo de efectivo.

**3.1.1.11 Económicos:** los cambios de divisas y la inflación son los principales puntos a tener en cuenta en este factor, los cuales son importantes y van de la mano con la economía creciente del país.

**3.1.1.12 Políticos:** los requisitos del gobierno, podrían generar un atraso, debido a que ellos establecen unas especificaciones, las cuales hay que tenerlas presentes, pues de no ser atendidas, se obtiene sanciones por parte del mismo.

**3.1.1.13 Legales:** las prácticas fraudulentas, los malos litigios, las consultas públicas y los requisitos son los índices de pérdidas en este ítem.

**3.1.1.14 Seguridad:** la seguridad en obras civiles es un tema al cual se presta mucha atención, la seguridad de los trabajadores, los accidentes de obra, los daños a personas o bienes, y otras fuentes como incendios robos hurtos son causas de pérdidas.

**3.1.1.15 Residuos** el desperdicio de los materiales, es un factor importante debido a que no se logra garantizar el completo porcentaje en la reutilización, ya sea por los tratamientos o al mal manejo que se le da a los residuos.

## **3.2 CARACTERÍSTICAS DE BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

A partir de la revisión bibliográfica y el manual de infraworks, identificamos los aspectos clave de funcionalidad que la tecnología BIM, idóneos para compilar, editar, evaluar y reportar información sobre la construcción de proyectos, ayudando notoriamente el proceso de la planificación.

**Tabla 4. Beneficios de la tecnología BIM**

<b>ID</b>	<b>COMPONENTE</b>
1	TIEMPO
2	VISUALIZACIÓN
3	DISEÑO
4	SIMULACIÓN
5	MODELAMIENTO
6	CONTROL
7	ESTIMACIÓN Y CONTROL DE COSTOS
8	GESTIÓN DE INFORMACIÓN
9	COLABORACIÓN

**Tabla 5. Factores que generan pérdidas en los proyectos**

FACTORES QUE GENERAN PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS		
ESCENARIO	FACTOR	NOMENCLATURA
<b>Medio Ambiente</b>	Condiciones climáticas	F1
	Costos de protección ambiental y mitigación	F2
	Desastres naturales	F3
	Restricciones ecológicas	F4
	Mejoras de relación costo calidad y medio ambiente	F5
<b>Ubicación del sitio de trabajo</b>	Cambios de condiciones del sitio como la cimentación y la roca	F6
	Necesidad de instalación de puentes y otras	F7
	Localización del proyecto	F8
	Condiciones inesperadas del terreno	F9
	Suelos y rocas idóneas	F10
<b>Mano de obra</b>	Mano de obra inadecuada	F11
	Falta de trabajadores calificados adecuadamente	F12
	Falta de cooperación entre los trabajadores	F13
	Escases de trabajadores	F14
	Pobre espíritu de equipo entre los trabajadores	F15
<b>Equipos de trabajo</b>	Calidad de los equipos y materias primas	F16
	Escasez de equipos	F17
	Uso inadecuado de los equipos	F18
	Número insuficiente de equipos	F19
	Productividad de los equipos	F20
<b>Materiales</b>	Materiales inapropiados	F21
	Escases de materiales	F22
	Producción inadecuada de materias primas en el país	F23
	Error en las especificación de materiales	F24
	La remoción de material no especificado	F25
<b>Causados por el propietario del proyecto</b>	Cambios en los requisitos de los propietarios	F26
	Retraso en el proceso por pagos	F27
	Omisiones del propietario	F28
	Fracaso del propietario	F29
	El nivel de exigencia en la calidad	F30

<b>Diseños y planificación</b>	Cambios de diseños	F31
	Planificación inadecuada	F32
	Preparación en los dibujos	F33
	Errores en el diseño	F34
	Falta de requisitos en la norma de diseño	F35
<b>Aspectos contractuales</b>	Mala gestión en los contratos	F36
	Contratación inadecuada	F37
	Problemas de seguros	F38
	Obras adicionales no incluida en el contrato	F39
<b>Gestión de proyectos</b>	Numerosas obras de construcción en el mismo momento	F40
	Mala gestión de proyectos	F41
	Sanciones por baja calidad del proyecto	F42
	Falta de capacidad de gestión	F43
	Manejo del calendario	F44
<b>Costos financieros</b>	Método incorrecto de estimación	F45
	Costo previsto para la construcción del proyecto	F46
	Retraso en el pago	F47
	Escasez de efectivo	F48
<b>Económicos</b>	Cambios de divisas	F49
	Inflación	F50
<b>políticos</b>	Requisitos del gobierno	F51
	El cambio en el alcance del proyecto	F52
<b>Legales</b>	Prácticas fraudulentas y sobornos	F53
	Litigio	F54
	Consulta pública	F55
	Requisitos	F56
<b>seguridad</b>	Seguros	F57
	Accidentes en obras	F58
	Daños a personas o bienes	F59
	Incendios	F60
	Hurtos	F61
<b>Residuos</b>	Tratamiento de materiales	F62
	Aumento en la pérdida de material	F63
	Desperdicios de materiales	F64

### 3.2.1 Descripción de las características

**3.2.1.1 Tiempo:** las herramientas BIM almacenan cada pieza de información, sin la repetición común en la elaboración de sistemas en los que la misma información de

diseño se almacena en varios dibujos o las vistas de dibujo, como en un plan, una elevación, y una hoja de detalle.

**3.2.1.2 Visualización:** Todos los sistemas BIM proporcionan la capacidad de hacer los diseños con cierto grado de realismo, por lo que la construcción apoya más diseños que sean accesibles a los participantes del proyecto.

**3.2.1.3 Diseño:** se puede manipular geometría de diseño de manera eficiente mediante la adopción de las relaciones paramétricas, mantienen la coherencia de diseño, y de la generación y disposición de los componentes detallados por ejemplo, conexión automatizada detalla en la construcción de acero automatizado esto no era posible con los sistemas CAD.

**3.2.1.4 Simulación:** Numerosos paquetes comerciales están disponibles para su visualización 4D. Automatiza la generación de las tareas de construcción, modelado de las dependencias, los requisitos previos, el espacio, la información, las revisiones de seguridad, los equipos de recursos, materiales, Son ayudas del software que ayudan a los cambios en la planificación.

**3.2.1.5 Modelamiento:** Diferentes software BIM ofrecen distintos grados de automatización para la generación inicial de planos y documentos solo necesitan algunos datos de entrada del usuario para la anotación personalizada de los enfoques deseados.

**3.2.1.6 Control:** Automatizada el ciclo de vida y la estimación de costos de construcción con enlaces a las fuentes en línea de los datos. Evaluación automática de conformidad con valor de programa / cliente y el cumplimiento del código de verificación mediante el procesamiento de reglas.

**3.2.1.7 Estimación y control de costos:** consiste en la identificación de todos y cada uno de los elementos que tendrán un coste dentro del proyecto, materiales, recursos humanos, servicios, equipos, sistemas, transportes, etc., en otras palabras, todos los recursos que se necesitarán para llevar a cabo todas las actividades que se han identificado y que generarán un coste al proyecto.

**3.2.1.8 Gestión de información:** Colaboración en el diseño y la construcción son ayudas importantes de las tecnologías, se pueden clasificar de dos maneras: “internamente”, donde múltiples usuarios dentro de una sola organización o disciplina editar simultáneamente el mismo modelo, y “externo”, donde varios modeladores simultáneamente combinan y editan la información de los modelos.

**3.2.1.9 Colaboración:** es fundamental para generar un tejido empresarial sólido y altamente competitivo en la etapa de planificación, la buena organización y la ejecución de las tareas, en un menor tiempo ayudados de terceros.

A continuación, tabla 6, se muestra la relación generada por BIM en la planificación de proyectos de infraestructura, detallando el escenario, con la posible solución que BIM aporta para la solución sistemática.

**Tabla 6. Funcionalidad BIM**

FUNCIONALIDADES BIM		
ESCENARIO	FUNCIÓN	NOMENCLATURA
<b>TIEMPO</b>	· Reducción del tiempo de desarrollo de diseño, documentación y coordinación, menos órdenes de modificación y repeticiones de trabajo.	B1
	· Reducción del tiempo invertido en registrar y documentar las decisiones, comunicación.	B2
	· Reducción del tiempo en la toma de decisiones	B3
	· Control de tiempo durante el ciclo de vida del proyecto para evitar fenómenos de retrasos	B4
	· Puntualidad del calendario, mudanza temprana	B5
	· Detección más rápida de errores 2d y omisiones en los dibujos de construcción.	B6
	· Menos duración del proyecto	B7
	· Prefabricación y entrega justo a tiempo	B8
<b>VISUALIZACIÓN</b>	· Amplio acceso de los participantes a diversos grupos de vistas del proyecto	B9
	· Visualización desde dispositivos remotos	B10
	· Capacidad de visualización de los diseños con cierto grado de realismo, haciendo los diseños más accesibles a los participantes del proyecto no técnico.	B11
	· Visualización del comportamiento esperado de la instalación/infraestructura, especialmente comportamiento ocupante/usuario.	B12
	· Facilidad para la visualización y comunicación de información a terceros.	B13
<b>DISEÑO</b>	· Mejor conocimiento de los diseños y sistemas; eficiencias de construcción en la obra	B14
	· Automatización del proceso de diseño	B15
	· Posibilidad de elaborar un número significativo de alternativas con esfuerzos reducidos	B16
	· Integración de las disciplinas de diseño	B17
	· Detección de errores o falencias de diseño evaluación temprana de conflictos. Identificación y análisis de conflictos de diseño.	B18
	· Posibilidad para el control de calidad de los diseños, lo cual otorga a diseñadores, a través de herramientas que proporcionan advertencias y errores, cuando se violen requisitos.	B19
	· Los diseñadores pueden manipular la geometría del diseño eficientemente aprovechando las relaciones paramétricas y la "inteligencia" conductual.	B20

<b>SIMULACIÓN</b>	· Simulación de superposición y secuenciación de cuadrillas.	B21
	· Simulación del proceso constructivo en n dimensiones simular la secuencia constructiva.	B22
<b>MODELAMIENTO</b>	· Generador de modelos rápidos a partir de información preexistente.	B23
	· Los entornos virtuales creados en los modelos bim representarían una buena plataforma para la simulación y la planificación.	B24
	· Automatización del proceso de modelamiento.	B25
<b>CONTROL</b>	· Monitorización digital de cadenas de suministro y materiales	B26
	· Mejor seguridad en la obra, control, topografía y supervisión de cuadrillas	B27
	· Facilidad para el control de calidad durante el desarrollo de la etapa de construcción	B28
	· Facilidad para el control de avance del proyecto a partir de simulaciones en Ndimensiones.	B29
<b>ESTIMACIÓN Y CONTROL DE COSTOS</b>	· Precios más rápidos y exactos	B30
	· Análisis de más opciones, estimaciones más precisas, uso eficiente de los recursos	B31
	· Menos fluctuaciones de precios y desperdicio de recursos.	B32
	· Menos costos de impresión, embalaje, copia, envío/ recepción y distribución	B33
	· Ahorro en preparativos y control, problemas en la obra, accidentes	B34
	· Estimación de cantidades de obra rápida y precisa a través de la estimación de recursos permite en el desarrollar el presupuesto.	B35
	· Actualización de costos en tiempo real al realizarse cambio en el modelo también actualizará la información del flujo de efectivo del proyecto en consecuencia.	B36
<b>GESTIÓN DE INFORMACIÓN</b>	· Información digital de las instalaciones para un mantenimiento eficiente	B37
	· Permite almacenar un gran volumen de información de un proyecto de infraestructura vial en una única base de datos digital.	B38
	· Gestión eficaz y organizada de la documentación	B39
	· Reuniones electrónicas con anotaciones, comentarios y revisiones digitales	B40
	· Menor dependencia de documentación de ámbito variable.	B41
	· Transferencia más eficaz de información al propietario	B42
	· Interoperabilidad de datos más eficiente para simplificar el traspaso de la gestión de las instalaciones al propietario	B43
<b>COLABORACIÓN</b>	· Fomenta la integración de las partes interesadas en un proyecto para una colaboración más precisa y eficiente.	B44
	· Fuentes de datos compartidas a lo largo del ciclo de vida del proyecto modelado.	B45
	· Toma de decisiones conjunta	B46
	· Modificación de tareas programadas del forma paralela y conjunta	B47
	· Reuniones virtuales	B48
	· Evaluación de decisiones desde distintos puntos de vista	B49

### 3.3 PRINCIPIOS DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo

hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos<sup>20</sup> .

A continuación, tabla 7, se muestra los principios más relevantes de esta filosofía, con el objetivo de relacionarlos con los factores anteriormente descritos, y visualizar como las relaciones sistemáticas de la filosofía con los factores que causan pérdidas en la etapa de planificación.

---

<sup>20</sup> ON J., CHENG J. C. P., and LEE G., Op. Cit.

**Tabla 7. Principios LEAN CONSTRUCTION**

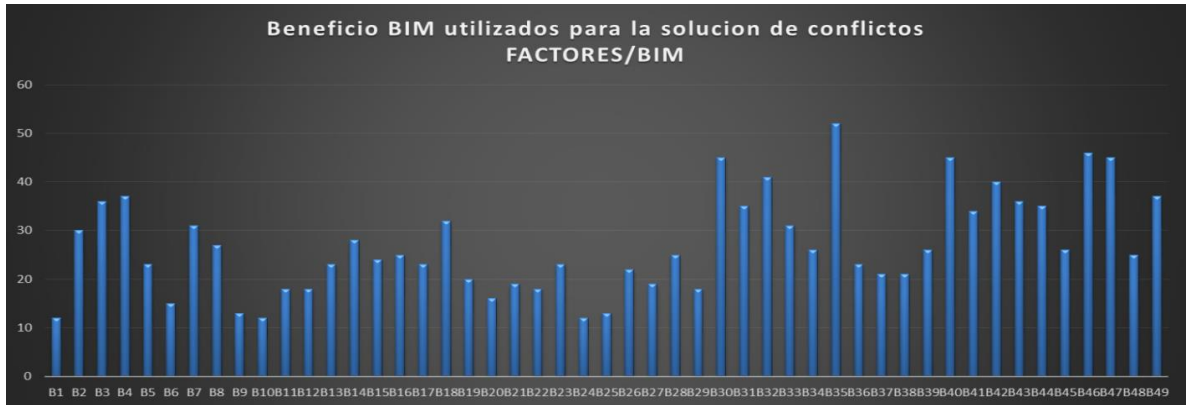
PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION			
ESCENARIO	PRINCIPIO	NOMENCLATURA	
	<b>Reducir la variabilidad</b>		
	Obtenga la calidad correcta la primera vez, reduzca la variabilidad del producto	L1	
	Centrarse en mejorar el flujo de aguas arriba	L2	
	<b>Reducir los tiempos de ciclo</b>		
	Reducir la duración del ciclo de producción	L3	
	Reducir el inventario	L4	
	<b>Reduzca los tamaños de lote (esfuércese por el flujo de una sola pieza)</b>		
	<b>Aumenta la flexibilidad</b>		
	Reducir los tiempos de cambio	L5	
	Usa equipos multiespecializados	L6	
	<b>Seleccione una producción apropiada</b>		
<b>Proceso de flujo</b>	Usar sistemas de extracción	L7	
	Nivele la producción	L8	
	<b>Estandarizar</b>		
	Instituto de mejora continua	L9	
	<b>Usa la gestión visual</b>		
	Visualice los métodos de producción	L10	
	Visualice el proceso de producción	L11	
	<b>Diseña el sistema de producción para flujo y valor</b>		
	Simplificar	L12	
	Usa procesamiento paralelo	L13	
	Use solo tecnología confiable	L14	
	Asegurar la capacidad del sistema de producción	L15	
		<b>Asegurar un requisito integral</b>	L16
	<b>Proceso de generación de valor</b>	<b>Centrarse en la selección del concepto</b>	L17
		Asegurar el flujo de requisitos hacia abajo	L18
<b>Verificar y validar</b>		L19	
<b>Resolución de problemas</b>	<b>verlo por tí mismo</b>	L20	
	<b>Decidir en consenso, considere todas las opciones</b>	L21	
<b>Socios en desarrollo</b>	<b>Cultivar una red extendida de socios</b>	L22	

### 3.4 RESULTADOS ARROJADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS FACTORES CON LA TECNOLOGÍA BIM

Gracias a los beneficios proporcionados por la tecnología BIM, se puede visualizar la ayuda que aporta a la reducción de tiempos, en la planificación de proyectos de

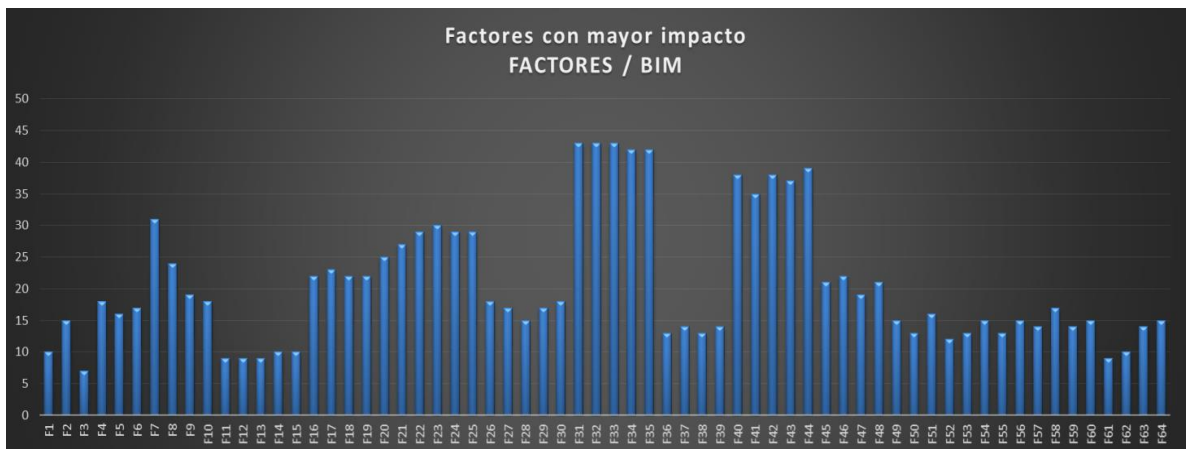
ingeniería civil, con el apoyo de una implementación basada en la información recopilada.

**Figura 2. Matriz de relación producida por los beneficios de BIM**



Se evidencia que el beneficio que tiene mayor impacto es: B35 (Estimación de cantidades de obra rápida y precisa a través de la estimación de recursos que permite en el desarrollar el presupuesto),

**Figura 3. Matriz de relación producida por los ahorros proporcionados por los factores**



A continuación (figura 1), se muestran los gráficos de dispersión, donde se visualiza los beneficios de la tecnología BIM, que mayor tienden apoyar los programas de

planificación, de igual forma, los factores que tienden a ser más factible para un mejor aprovechamiento de los recursos.

Sin importar que tanto afecten los otros beneficios, cada uno aporta en parte a la planificación de los proyectos, para ayudar a la optimización y reducción de costos.

Se visualiza que los tres factores que tienden a favorecer la etapa de planificación son: F31 (los cambios de diseño), F32 (la planificación inadecuada), y F33 (la preparación de dibujos), debido a que tienden a estar mejor relacionados con los beneficios proporcionados por la tecnología BIM, cada factor tiene su relación directa con la tecnología, ayudando en parte a la reducción de tiempos y planificación.

**Figura 4. Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION**



**Figura 5. Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION**



### 3.5 RESULTADOS ARROJADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS FACTORES CON LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION

La filosofía LEAN CONSTRUCTION está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua. Este novedoso método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. Ayudados de este principio relacionamos los factores que agregan valor al proyecto, con esta filosofía, para detectar como están relacionadas.

Se puede visualizar en las gráficas que el principal factor que tiende a relacionarme en repetidas ocasiones para permitir una mejora en los proceso de planificación es F4 (la reducción del inventario), seguido de, F3 (la reducción en la duración del ciclo de producción), estos ítem de la filosofía se enmarcan en la reducción de los tiempos de ciclo; por otra parte el factor que sigue generando un alto grado en posible solución por las filosofías o tecnologías, es F31 ( los cambios de diseño), lo que permite concluir que cambios de último momento, serán resueltos de una manera más oportuna, donde se analice el problema que lo ocasiona, y se establezcan las posibles soluciones en un menor tiempo, para la ejecución del proyecto.

#### **4. CONCLUSIONES**

Con la experiencia obtenida en el desarrollo de la investigación, se logró constatar que la contribución de BIM beneficia considerablemente la toma de decisiones en la etapa de planificación, de proyectos de infraestructura vial, logrando reducir la cantidad de tiempo. Gracias a su plataforma virtual, consigue una mayor colaboración entre las diferentes disciplinas que trabajan en el mismo proyecto, al mismo tiempo que evalúan diferentes propuestas para que la solución sea efectiva, logrando así mayor rendimiento y eficiencia frente al proceso de escoger la mejor solución para cualquier problemática vial.

La filosofía LEAN CONSTRUCTION al momento de evaluar y planificar los procesos de la construcción, elimina notoriamente, procesos que no agregan un valor al proyecto de ingeniería civil, lo que genera un mayor beneficio relacionado a los costos, ayudando a eliminar tareas no programadas.

A partir de la revisión bibliográfica, se pudo evidenciar, un alto número de factores, que agregan valor al proyecto de infraestructura vial, se expuso un conjunto de características para una relación conjunta con la tecnología BIM y la filosofía LEAN CONSTRUCTION, para su evaluación y toma de decisiones otorgando así una metodología que lleva a la reducción y/u optimización tanto de recursos como de tiempo implementados en la duración total de un proyecto.

Los factores que agregan valor al proyecto en la etapa de planificación, citados en el artículo, se observa el alto grado de dependencia que tienen con la tecnología BIM y la filosofía LEAN CONSTRUCTION, lo que permite observar, como factores, que se creen no tan importantes, se pueden solucionar o en su defecto omitir en la

etapa de planificación, para generar un resultado más agradable al usuario y/o propietario del proyecto.

La tecnología BIM no puede ser total ayuda para solucionar ciertos factores encontrados en la previa revisión bibliográfica, estos parámetros fueron descartados y/o eliminados de estudio debido a que se sale de los alcances de los beneficios o herramientas proporcionados por estas tecnologías, cabe recalcar que algunos factores no tienen relación algún entonces al momento del análisis de resultados no se encuentra una solución para ello.

## BIBLIOGRAFÍA

A. ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ, Manual de gestión para obras en construcción, vol. 1. 2009.

AKINADE O. O. et al., “BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities,” *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 6, no. 1, pp. 260–271, 2017.

ARAYICI Y., COATES P., KOSKELA L., KAGIOGLOU M., USHER C., and O'REILLY K., “Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice,” *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 2, pp. 189–195, 2011.

BLAZQUEZ L. B., “Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y mantenimiento.”

BOTERO L. F. B. and VILLA M. E. Á., “Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción,” *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 39, no. 130, pp. 64–78, 2012.

BRADLEY A., LI H., LARK R., and DUNN S., “BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective,” *Autom. Constr.*, vol. 71, pp. 139–152, 2016.

CARRETERA D. E. U. N. A., “Manual de diseño Geometrico de Carreteras.”

DAVE B., KUBLER S., FRAMLING K., and KOSKELA L., “Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 136, no. 9, pp. 968–980, 2010.

DÍAZ H. P., GIOVANNY O., RIVERA S., ALBERTO J., and GUERRA G., “Resumen Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 11, no. 1, pp. 1794–4953, 2014.

EL-DIRABY T., KRIJNEN T., and PAPAGELIS M., “BIM-based collaborative design and socio-technical analytics of green buildings,” *Autom. Constr.*, vol. 82, no. April, pp. 59–74, 2017.

FERNÁNDEZ M. R., “La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción,” *Rev. e-Mercatoria*, vol. 6, pp. 1–29, 2007.

FLYVBJERG B., HOLM M. K. S., and BUHL S. L., “How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects,” *Transp. Rev.*, vol. 23, no. 1, pp. 71–88, 2003.

FLYVBJERG B., HOLM M. S., and BUHL S., “Underestimating costs in public works projects: Error or lie,” *J. Am. Plan. Assoc.*, vol. 68, no. 3, pp. 279–295, 2002.

GKRITZA K. and LABI S., “Estimating Cost Discrepancies in Highway Contracts: Multistep Econometric Approach,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 134, no. 12, pp. 953–962, 2008.

HABIBI S., “The Promise of BIM for Improving Building Performance,” *Energy Build.*, vol. 153, pp. 525–548, 2017.

HERTOGH M., BAKER S., STAAL-ONG P. L., and WESTERVELD E., *Managing Large Infrastructure Projects Research on Best Practices and Lessons Learnt in Large Infrastructure Projects in Europe*. 2008.

ISAAC S., CURRELI M., and STOLIAR Y., "Work packaging with BIM," *Autom. Constr.*, vol. 83, no. August, pp. 121–133, 2017.

KASSEM M. and SUCCAR B., "Macro BIM adoption: Comparative market analysis," *Autom. Constr.*, vol. 81, no. September 2016, pp. 286–299, 2017.

LIN J. J. and GOLPARVAR-FARD M., "Construction Research Congress 2016 1731," *Xxxx*, pp. 1731–1741, 2016.

MANSOOREH M. A.-H. MOGHADAM, Aladdin ALWISY, "Construction Research Congress 2012 © ASCE 2012 1271," pp. 1271–1280, 2012.

MARHANI M. A., JAAPAR A., and BARI N. A. A., "Lean Construction: Towards Enhancing Sustainable Construction in Malaysia," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 68, pp. 87–98, 2012.

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, AND V. Y D. T. MINISTERIO DE AMBIENTE, "Guia de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura Subsector Vial," *Dir. Desarro. Sect. Sosten.*, p. 165, 2011.

SACKS R., KOSKELA L., DAVE B. A., and OWEN R., "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 136, no. 9, pp. 968–980, 2010.

SANTOS B., ANTUNES A., and MILLER E., "Multiobjective Approach to Long-Term Interurban Multilevel Road Network Planning," *J. Transp. Eng.*, vol. 135, no. 9, pp. 640–649, 2009.

SÖZÜER M. and SPANG K., "Significance of Infrastructure and Road Construction Projects in Germany," *Constr. Res. Congr. 2012 @ ASCE 2012*, no. 2007, pp. 2369–2378, 2012.

TAURIAINEN M., MARTTINEN P., DAVE B., and KOSKELA L., "The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices," *Procedia Eng.*, vol. 164, no. June, pp. 567–574, 2016.

TOURAN A. and LOPEZ R., "Modeling Cost Escalation in Large Infrastructure Projects," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 132, no. 8, pp. 853–860, 2006.

TSANG J. L., LAMBERT J. H., and PATEV R. C., "Extreme Event Scenarios for Planning of Infrastructure Projects," *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 8, no. 2, pp. 42–48, 2002.

WON J., CHENG J. C. P., and LEE G., "Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea," *Waste Manag.*, vol. 49, pp. 170–180, 2016.

ZHANG L. and CHEN X., "Role of Lean Tools in Supporting Knowledge Creation and Performance in Lean Construction," *Procedia Eng.*, vol. 145, pp. 1267–1274, 2016.

## ANEXOS

### Anexo A. Factores que generan pérdidas en proyectos de infraestructura vial

A continuación se relacionan los factores que generan pérdidas en proyectos de infraestructura vial, y se realiza la debida descripción de cada uno, para general un ámbito más entendible, al momento del análisis de las relaciones propuestas.

**Tabla 1.** Factores medio ambientales.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Medio Ambiente</b>		
<b>Condiciones climáticas</b>	[ 28, 30,]	Se considera un factor extrínseco a la edificación que influye en el aprovisionamiento energético de la construcción, este es parte del medio ambiente y afecta a la refrigeración interior del edificio y por tanto al comportamiento y el nivel de confort de sus habitantes.
<b>Costos de protección ambiental y mitigación</b>	[29]	constituyen el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un Proyecto, a fin de asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente.
<b>Desastres naturales</b>	[14]	Es un evento calamitoso, repentino o previsible, que trastorna seriamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad, hace referencia a las enormes pérdidas materiales y vidas humanas ocasionadas por eventos o fenómenos naturales, como terremotos, inundaciones, tsunamis, deslizamientos de tierra, y otros.
<b>Restricciones ecológicas</b>	[22]	es la reducción de impactos que busca un equilibrio económico, crecimiento de población, uso racional de los recursos, protección y conservación ambiental
<b>Mejoras de relación costo calidad y medio ambiente</b>	[30]	es proporcionar a las organizaciones la relación de las diferentes herramientas de gestión que son necesarias para garantizar la satisfacción de los clientes, la seguridad, y el mínimo impacto en el medio en el que se desarrolla su actividad.

**Tabla 2.** Factores relacionados con la ubicación del proyecto.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Ubicación del sitio de trabajo</b>		
<b>Cambios de condiciones del sitio como la cimentación y la roca</b>	[21]	Con base en las características geométricas y de carga del proyecto, se estima el asentamiento probable de las estructuras, se determinan los posibles problemas de la fundación.
<b>Necesidad de instalación de puentes y otras</b>	[6,3]	una vez realice el diagnóstico de la situación particular y defina que este proyecto es la alternativa de solución más adecuada sea la construcción de una infraestructura la cual hará que se generen costos adicionales.
<b>Localización del proyecto</b>	[7]	Consiste en identificar y analizar las variables denominadas fuerzas localizacional es con el fin de buscar la localización en que la resultante de estas fuerzas produzca la máxima ganancia o el mínimo costo unitario.
<b>Condiciones inesperadas del terreno</b>	[4]	El terreno es invaluable para formular un panorama completo y preciso de las condiciones existentes y determinar las restricciones que pudiera tener el desarrollo. La determinación temprana de estas garantizará que puedan ser manejadas y dominadas de la manera más rentable.
<b>Suelos y rocas idóneas</b>	[30]	El tipo de suelo puede variar en un terreno y debe ser evaluado totalmente

**Tabla 3.** Factores de mano de obra.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Mano de obra</b>		
<b>Mano de obra inadecuada</b>	[17,5,10]	lo ideal es disponer de una capacidad potencial de mano de obra que pueda adaptarse rapidamente.
<b>Falta de trabajadores calificados adecuadamente</b>	[18]	debido a que los trabajadores no se encuentren devidamente calificados, esto generara retrasos en las obras
<b>Falta de cooperación entre los trabajadores</b>	[18]	este tipo de actitudes son muy comunes en el ambito de la contruccion, los trabajadores deben ser supervisados para que asi se genere una optima relacion entre los trabajadores
<b>Escases de trabajadores</b>	[18]	la escases de trabajadores es en definitiva un gran problema a la hora de la elaboracion de un proyecto, sin los trabajadores no se podría realizar ningun tipo de obra.
<b>Pobre espíritu de equipo entre los trabajadores</b>	[18]	El espíritu de equipo puede unir o separar a un equipo. Los compañeros que tienen espíritu de equipo son capaces de trabajar juntos para lograr su objetivo

**Tabla 4.** Factores relacionados con los equipos de trabajo.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Equipos de trabajo</b>		
<b>Calidad de los equipos y materias primas</b>	[6,2]	La falta de control de calidad es la pérdida de dinero. Conocer los procedimientos de evaluación de la calidad de los suministros de materia prima para la aceptación del materiales y equipos.
<b>Escasez de equipos</b>	[18]	la falta de equipos especializados atrasa cualquier tipo de obras generando así un sobre costo en los proyectos
<b>Uso inadecuado de los equipos</b>	[18]	al no hacer uso adecuado de los equipos se genera que estos sean propenzos a daños y tengan que ser reparados o cambiados inmediatamente.
<b>Número insuficiente de equipos</b>	[24,5,2]	si en una obra no se cuenta con el numero suficiente de maquinaria, los trabajadores no podran realizar su trabajo y se presentaran demoras.
<b>Productividad de los equipos</b>	[22]	El conocimiento de los equipos debe permitir la correcta utilización, disponibilidad y operación, factores importantes en la productividad de las máquinas.

**Tabla 5.** Factores relacionados con los materiales.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Materiales</b>		
<b>Materiales inapropiados</b>	[4,1,20,21]	Un producto elaborado empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil. Los materiales de construcción son los componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación si estos no se cumplen con sus respectivas especificaciones no cumplirán con su objetivo.
<b>Escases de materiales</b>	[21,26,24,20]	Esto debe abarcar un informe, fotografías de las condiciones existentes y planos mostrando las condiciones actuales del terreno e ilustrando las propuestas u opciones para el desarrollo para así tener los cálculos y cantidades de materiales
<b>Producción inadecuada de materias primas en el país</b>	[17,5,10]	Esto brinda una organización al proceso de desarrollo y contribuye a garantizar que el proyecto avance de una manera lógica.
<b>Error en las especificación de materiales</b>	[18]	cuando se presenta este error en la hora de pedir el material genera grandes problemas haciendo así que se tenga que ver ese material donde podría ser utilizado o su respectiva devolución.
<b>La remoción de material no especificado</b>	[18]	Consiste en la remoción, desecho y disposición de los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción, y que se convierten en obstáculo para la utilización normal de la vía o para la ejecución de las obras

**Tabla 6. Factores causados por el propietario.**

Factor	Fuente	Descripción
<b>Causados por el propietario del proyecto</b>		
<b>Cambios en los requisitos de los propietarios</b>	[6]	La mayoría de los proyectos están sujetos a cambios y modificaciones durante su ejecución, los cuales pueden llegar a provocar el fracaso del proyecto si no se gestionan correctamente.
<b>Retraso en el proceso por pagos</b>	[4,5,10,27]	al producirse algún retraso en los pagos establecidos esto hará que se produzcan demoras en las obras incluso el no seguimiento del proyecto.
<b>Omisiones del propietario</b>	[13]	El propietario del proyecto puede cambiar las especificaciones en cualquier momento de la ejecución, es habitual que ellos omitan especificaciones, y en la ejecución de la obra den a conocer su voluntad para ejecutar el proyecto en una forma diferente a la planificación inicial.
<b>Fracaso del propietario</b>	[13]	Resultado negativo o adverso al que se llega en una empresa, en este caso del dueño del proyecto, al no cumplir los objetivos, pueden ser fracasos económicos, penales, o sociales
<b>El nivel de exigencia en la calidad</b>	[14]	Pretensión arbitraria, o desmedida ocasionadas, por los malos resultados en los proyectos.

**Tabla 7. Factores ocasionados por los diseños y planificación.**

Factor	Fuente	Descripción
<b>Diseños y planificación</b>		
<b>Cambios de diseños</b>	[3,41,46,19,22,36,47]	Los cambios de diseño, se presentan cuando por condiciones climáticas o del terreno se ven obligados a realizarse modificaciones, es por esto que hay que conocer el terreno y las condiciones del mismo para evitar estas alteraciones a futuro.
<b>Planificación inadecuada</b>	[17]	Los esfuerzos que se realizan a fin de cumplir objetivos y hacer realidad diversos propósitos se enmarcan dentro de una planificación exitosa, pero muchas veces los objetivos no son cumplidos a cabalidad, debido a diversos factores que no han sido estipulados, los cuales generan demoras en la ejecución
<b>Preparación en los dibujos</b>	[14,16]	Es la disposición del material, para ejecutarlo posteriormente, este debe contar con la normativa necesaria, para evitar posteriormente errores que demandan pérdida de tiempo, debido al cambio de los diseños
<b>Errores en el diseño</b>	[4,26]	Los errores en el diseño van de la mano con las malas prácticas de los diseñadores, muchas veces por la falta de experiencia, falta de la tecnología y conocimiento para realizar los diseños necesarios de buena calidad en menos tiempo posible
<b>Falta de requisitos en la norma de diseño</b>	[6]	En obras civiles, es importante contemplar todas las normas, estipuladas por la ley, el desconocimiento de las normas no son motivos para la no utilización de ellas, es por esto que hay que estar al pendiente de estas e implementar los diseños con la normativa necesaria.

**Tabla 8.** Factores relacionados con aspectos contractuales.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Aspectos contractuales</b>		
<b>Mala gestión en los contratos</b>	[10,20,21,3,6,28]	La celebración de contratos debe realizarse de una manera honesta y responsable, debido a que muchas veces como interventores solo observamos el aprovechamiento de ciertos recursos sin importar que tan exitoso sean los resultados que se esperan
<b>Contratación inadecuada</b>	[7]	La contratación es la concreción de un contrato a un individuo a través de la cual se acuerda, entre las partes intervinientes, generalmente empleador y empleado, la realización de un determinado trabajo o actividad, a cambio de la cual, el contratado, percibirá una suma de dinero estipulada en la negociación de las condiciones, pero muchas veces, se realizan mayores contrataciones, que se pueden evitar al conocer todos los litigios, para reducir costos y comisiones.
<b>Problemas de seguros</b>	[20]	Serán objeto del seguro los trabajos permanentes y temporales realizados y en curso de realización. Quedan incluidos en estos conceptos los materiales, aprovisionamientos y repuestos necesarios para la ejecución de la obra.
<b>Obras adicionales no incluida en el contrato</b>	[19]	al presentarse este tipo de adiciones a las obras produce un gran desequilibrio en el presupuesto el cual debe ser medido meticulosamente para que estos sobrecostos no afecten el proyecto.

**Tabla 9.** Factores relacionados con la gestión de los proyectos.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Gestión de proyectos</b>		
<b>Numerosas obras de construcción en el mismo momento</b>	[17,5,44,10]	La planificación de una obra de construcción es el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándolo de la manera más económica posibles y previendo todas las acciones para la ejecución del mismo cuando hay numerosas obras puede generar un estancamiento en el proyecto a la hora de vender.
<b>Mala gestión de proyectos</b>	[4,5]	Cuando nos enfrentamos a la gestión de proyectos algo esencial es hacer una correcta y detallada planificación. Es fundamental planificar las tareas, los plazos y los recursos que tenemos a nuestra disposición para llevar a cabo una gestión de proyectos eficiente. De lo contrario, puede correr peligro la consecución de nuestro objetivo.
<b>Sanciones por baja calidad del proyecto</b>	[49]	Todos los productos y servicios tienen que cumplir unos requisitos mínimos de calidad e idoneidad. Cuando estos no se cumplen, existen sanciones pecuniarias y ejemplarizantes que son impuestas por las autoridades municipales y nacionales.
<b>Falta de capacidad de gestión</b>	[19]	Es importante que los indicadores de gestión reflejen datos veraces y fiables, ya que el análisis de la situación, de otra manera, no será correcto. Por otra parte, si los indicadores son ambiguos, la interpretación será complicada.
<b>Manejo del calendario</b>	[2]	el control y monitoreo de los recursos en general en obra, es parte importante de cualquier proyecto en construcción, debido a que con este seguimiento de avance y monitoreo de las actividades, se tienen que ir revisando y en su caso, reprogramando cada una de ellas para que se logren alcanzar los objetivos.

**Tabla 10.** Factores relacionados con costos financieros.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Costos financieros</b>		
<b>Método incorrecto de estimación</b>	[17,5,10,7]	existen múltiples métodos de estimación según la información disponible. Una manera sencilla de estimar los costos de un proyecto es establecer analogías con proyectos similares que se hayan realizado recientemente cuando no se hacen las estimaciones correctas pueden acarrear demasiados problemas en el proyecto.
<b>Costo previsto para la construcción del proyecto</b>	[6]	es el proceso de estimar, asignar y controlar los costes de un proyecto. Permite que se conozcan por adelantado los gastos y así reduzcan las posibilidades de superar el presupuesto inicial.
<b>Retraso en el pago</b>	[6]	Es la tardanza o aplazamiento que quita la posibilidad del cumplimiento oportuno de la obligación.
<b>Escasez de efectivo</b>	[3]	la carencia de efectivo hace que las obligaciones requeridas en un proyecto se vean afectadas

**Tabla 11. Factores económicos.**

Factor	Fuente	Descripción
<b>Económicos</b>		
<b>Cambios de divisas</b>	[5]	La relación o precio de la moneda de un país con respecto a otras, depende de los flujos comerciales y financieros entre los residentes de la zona de esa moneda con respecto a los de las otras.
<b>Inflación</b>	[29,10,20,21,22]	Los efectos de la inflación en una economía son diversos, y pueden ser tanto positivos como negativos. Los efectos negativos de la inflación incluyen la disminución del valor real de la moneda a través del tiempo, el desaliento del ahorro y de la inversión debido a la incertidumbre sobre el valor futuro del dinero, y la escasez de bienes

**Tabla 12. Factores políticos.**

Factor	Fuente	Descripción
<b>Políticos</b>		
<b>Requisitos del gobierno</b>	[6]	El marco de restricciones y oportunidades al análisis, tales como leyes como niveles de contaminación, especificaciones de construcción y la obtención de permisos.
<b>El cambio en el alcance del proyecto</b>	[19]	La gestión del proyecto no comienza ni termina con la definición y planificación de un proyecto, de hecho, contrariamente a lo que muchos Directores de Proyecto creen, si no incluye la gestión de alcance del proyecto y del cambio, el éxito de su proyecto podría estar en peligro. Por eso, el responsable de un proyecto debe siempre estructurar sus funciones.

**Tabla 13. Factores legales.**

Factor	Fuente	Descripción
<b>Legales</b>		
<b>Prácticas fraudulentas y sobornos</b>	[17,5,10]	puede definirse como cualquier práctica o acto deliberado que se planea con el propósito de obtener una ganancia desleal o ilícita mediante engaño o la maiupulación de terceros.
<b>Litigio</b>	[17,1]	es un conflicto de intereses calificado y elevado a una autoridad jurisdiccional, por parte de un sujeto de derecho, con una intención o pretensión contra otro que manifiesta una resistencia o que se opone al planteamiento del primero.
<b>Consulta publica</b>	[22]	es un mecanismo de participación ciudadana que tiene la finalidad de que la sociedad conozca y participe en los procesos de evaluación de los proyectos que son analizados en términos de los impactos a nivel ambiental que puedan conlleva
<b>Requisitos</b>	[28]	Es el acto por el cual la Administración Distrital autoriza, a solicitud del propietario de un predio urbanizado, la construcción de edificaciones o las intervenciones que no sean reformas, con base en el respectivo certificado de delineación urbana.

**Tabla 14.** Factores relacionados con la seguridad.

Factor	Fuente	Descripción
<b>seguridad</b>		
<b>Seguros</b>	[4]	La necesidad de disponer de más seguros, y la exigencia de conocimiento especializado por parte de los aseguradores, motivaron el desarrollo de los ramos técnicos. Entre éstos figuran la póliza de Todo Riesgo Construcción.
<b>Accidentes en obras</b>	[7,30]	los accidentes en obras son sucesos no deseados que provocan, efectos negativos para la salud, daño u pérdida, todos estos factores son de vital importancia cuando sucede un accidente.
<b>Daños a personas o bienes</b>	[22]	Los agentes que intervienen en el proceso de la edificación por vicios o defectos de construcción, que es acompañada de un sistema de seguros obligatorios de daños materiales o seguros de caución para garantizar el resarcimiento de los daños materiales causados en el edificio.
<b>Incendios</b>	[22]	Durante el proceso de la construcción de un edificio, la posibilidad de riesgo de incendio está basada fundamentalmente sobre dos situaciones concretas: el control sobre los elementos fácilmente combustibles y el control sobre las fuentes de energía.
<b>Hurtos</b>	[22]	Una modalidad delictiva que se reitera en el último tiempo es el robo de herramientas y materiales de obras en construcción.

**Tabla 15.** Factores relacionados con los residuos.

Factor	Fuente	Descripción
<b>Residuos</b>		
<b>Tratamiento de materiales</b>	[22]	deben hacerse los respectivos tratamientos a los materiales, todos los residuos deben ser debidamente desechados para que no se generen atascamientos en la obra o sanciones.
<b>Aumento en la pérdida de material</b>	[30]	el desperdicio de los materiales es muy común en las obras, es importante hacer que estas pérdidas sean cada vez menores.
<b>Desperdicios de materiales</b>	[28]	son cualquier sustancia u objeto generado en una obra de construcción o demolición y que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar, la mayoría son considerados inertes, o no peligrosos, compuestos principalmente de hormigón, cerámicos, pétreos, asfaltos.

## **Anexo B. Evidencia, de las relaciones realizadas, para visualizar los resultados**

A continuación, se muestra la evidencia, de las relaciones realizadas, para visualizar los resultados anteriormente expuestos, se utilizó una nomenclatura de (B) para los beneficios proporcionados por la tecnología BIM, (L) para la filosofía de lean construcción, (F) para los factores que generan pérdidas en proyectos de ingeniería civil, donde, se observa un valor asignado por la relación propuesta para cumplir con el objetivo,( a mayor numero significa que tuvo una relación óptima para poder dar una solución al problema.





Para el grafico se utilizó, una relación 0-1, donde el valor cero (0) representa una nula relación por medio de las dos partes, y el valor uno (1) representa un relación exitosa para solucionar dichos factores, obteniendo unos valores, los cuales se analizaron, y se concluyen que entre mayor sea el valor obtenido será mayor el grado de beneficio ofrecido. Para la Figura 2. Matriz de relación producida por los beneficios de BIM estos son los resultados obtenidos

**Tabla 1.** Datos obtenidos por la relación conjunta de BIM y los factores

<b>B1</b>	<b>12</b>	<b>B23</b>	<b>23</b>
<b>B2</b>	<b>30</b>	<b>B24</b>	<b>12</b>
<b>B3</b>	<b>36</b>	<b>B25</b>	<b>13</b>
<b>B4</b>	<b>37</b>	<b>B26</b>	<b>22</b>
<b>B5</b>	<b>23</b>	<b>B27</b>	<b>19</b>
<b>B6</b>	<b>15</b>	<b>B28</b>	<b>25</b>
<b>B7</b>	<b>31</b>	<b>B29</b>	<b>18</b>
<b>B8</b>	<b>27</b>	<b>B30</b>	<b>45</b>
<b>B9</b>	<b>13</b>	<b>B31</b>	<b>35</b>
<b>B10</b>	<b>12</b>	<b>B32</b>	<b>41</b>
<b>B11</b>	<b>18</b>	<b>B33</b>	<b>31</b>
<b>B12</b>	<b>18</b>	<b>B34</b>	<b>26</b>
<b>B13</b>	<b>23</b>	<b>B35</b>	<b>52</b>
<b>B14</b>	<b>28</b>	<b>B36</b>	<b>23</b>
<b>B15</b>	<b>24</b>	<b>B37</b>	<b>21</b>
<b>B16</b>	<b>25</b>	<b>B38</b>	<b>21</b>
<b>B17</b>	<b>23</b>	<b>B39</b>	<b>26</b>
<b>B18</b>	<b>32</b>	<b>B40</b>	<b>45</b>
<b>B19</b>	<b>20</b>	<b>B41</b>	<b>34</b>
<b>B20</b>	<b>16</b>	<b>B42</b>	<b>40</b>
<b>B21</b>	<b>19</b>	<b>B43</b>	<b>36</b>
<b>B22</b>	<b>18</b>	<b>B44</b>	<b>35</b>
		<b>B45</b>	<b>26</b>
		<b>B46</b>	<b>46</b>
		<b>B47</b>	<b>45</b>
		<b>B48</b>	<b>25</b>
		<b>B49</b>	<b>37</b>

Para la **Figura 3**. Matriz de relación producida por los ahorros proporcionados por los factores, estos son los datos obtenidos.

**Tabla 2.** Datos obtenidos por la relación conjunta de BIM y los factores

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
10	15	7	18	16	17	31	24	19	18
F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
9	9	9	10	10	22	23	22	22	25
F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30
27	29	30	29	29	18	17	15	17	18
F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37	F38	F39	F40
43	43	43	42	42	13	14	13	14	38
F41	F42	F43	F44	F45	F46	F47	F48	F49	F50
35	38	37	39	21	22	19	21	15	13
F51	F52	F53	F54	F55	F56	F57	F58	F59	F60
16	12	13	15	13	15	14	17	14	15
F61	F62	F63	F64						
9	10	14	15						

Para la **Figura 4**. Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION estos son los resultados obtenidos

**Tabla 3.** Datos obtenidos por la relación conjunta de la filosofía LEAN CONSTRUCTION y los factores

L1	13
L2	29
L3	50
L4	54
L5	37
L6	10
L7	27
L8	26
L9	4
L10	7
L11	17
L12	11
L13	19
L14	31
L15	32
L16	41
L17	27
L18	49
L19	15
L20	9
L21	20
L22	21
L23	28
L24	7

Para la **figura 5.** Matriz de relación producida por la Filosofía LEAN CONSTRUCTION estos son los datos.

**Tabla 4.** Datos obtenidos por la relación conjunta de la filosofía LEAN CONSTRUCTION y los factores

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
4	8	5	11	9	10	21	9	12	12
F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
6	5	6	5	7	8	9	8	9	9
F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30
11	12	12	12	13	8	7	7	7	8
F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37	F38	F39	F40
23	4	8	5	11	9	10	21	9	12
F41	F42	F43	F44	F45	F46	F47	F48	F49	F50
12	4	8	5	4	8	5	11	9	10
F51	F52	F53	F54	F55	F56	F57	F58	F59	F60
21	9	12	12	6	5	6	5	7	8
F61	F62	F63	F64						
9	8	9	9						