

Pasantía de investigación: apoyo a la clasificación de los factores de sobre costo relacionados con la etapa de diseño y planificación de proyectos viales e identificación de soluciones BIM para la mitigación, en el grupo geomática, gestión y optimización de sistemas

Juan David Luengas Ortiz

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Omar Giovanni Sanchez Rivera

Phd. en Ingeniería - Gestión de Desarrollo Tecnológico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Metodología	12
2. Resultados	19
2.1 Definición de categorías propuestas de factores de sobrecosto	21
2.1.1 Cambios en el diseño y planificación	21
2.1.2 Errores en el diseño y planificación	21
2.1.3 Control en el diseño y planificación	21
2.1.4 Alcance del diseño	22
2.1.5 Coordinación y automatización del diseño	22
2.1.6 Completa planificación y diseño	22
2.1.7 Complejidad en el diseño	23
2.1.8 Documentos de diseño y planificación	23
2.1.9 Estimación del tiempo	23
2.1.10 Estimación del costo	23
2.1.11 Cronograma	24
2.1.12 Constructibilidad	24
2.1.13 Software y tecnología	24
2.2 Clasificación de factores de sobrecosto en las categorías propuestas	25

2.3 Proposición de soluciones BIM	28
3. Conclusiones	56
Referencias Bibliográficas	58

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Metodología de revisión sistemática. Fuente: elaboración propia.....	13
<i>Figura 2.</i> Distribución de cantidad de artículos por revista.....	15
<i>Figura 3.</i> Distribución de artículos en el tiempo de 1985 a 2017.....	16
<i>Figura 4.</i> Distribución de artículos por continente de publicación.. ..	16

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Esquema del proceso metodológico usado en la totalidad de la investigación</i>	17
Tabla 2. <i>Categorías propuestas para la etapa de diseño y planificación.</i>	20
Tabla 3. <i>Descripción general de la tecnología BIM.</i>	28
Tabla 4. <i>Factores de sobrecosto obtenidos en la literatura, clasificados en las categorías propuestas.</i>	30
Tabla 5. <i>Funciones propuestas para la mitigación del sobrecosto, distribuidas en cinco ámbitos o campos de acción de la tecnología BIM.</i>	35
Tabla 6. <i>Funciones BIM asignadas a cada categoría como posible solución a los factores de sobrecosto respectivos.</i>	39

Resumen

Título: Pasantía de investigación: apoyo a la clasificación de los factores de sobrecosto relacionados con la etapa de diseño y planificación de proyectos viales e identificación de soluciones BIM para la mitigación, en el grupo geomática, gestión y optimización de sistemas...*

Autora: Juan David Luengas Ortiz **

Palabras Clave: Diseño; Factores de sobrecosto; Modelado de Información de la Construcción; Planificación; Proyectos viales. Revisión sistemática.

Todo proyecto de ingeniería o de obra civil en el sector de infraestructura se puede ver afectado durante cualquier etapa por un alza o elevación de costos respecto a lo planeado, cuyas causas o motivos son llamados factores de sobrecosto, por lo que la identificación, organización y posible solución a estos factores toman gran importancia. Durante la elaboración del proyecto se estudian y analizan dichos factores, mediante una metodología de revisión sistemática durante el periodo de 1985 a 2017 alrededor del mundo, específicamente para el sector vial, durante la etapa de diseño y planificación, con el objetivo de identificarlos, clasificarlos en diferentes categorías y posteriormente solucionarlos con propuestas BIM. Se obtuvo de 35 reconocidas revistas 76 artículos como evidencia, los cuales son tabulados y ordenados mostrando autores, revista, año de publicación, región, principales factores de sobrecosto, principales categorías de clasificación, metodología, entre otros, de los cuales se obtienen 129 factores de sobrecosto ya comprobados por diferentes autores, métodos, encuestas y estadísticas, para la final proposición de trece categorías, definidas y excluyentes, para la clasificación de la totalidad de factores de sobrecosto obtenidos en la literatura, donde posteriormente para cada una de estas categorías se asignó una serie de funciones BIM que mitiguen, solucionen o aporten positivamente a reducir o eliminar los impactos en costos debido a los factores clasificados en cada categoría.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Omar Giovanni Sanchez Rivera

Abstract

Title: Research internship: support to the classification of overcosting factors related to the design and planning stage of road projects and identification of BIM solutions for mitigation, in the geomatics group, management and optimization of systems.*

Author: Juan David Luengas Ortiz **

Keywords: Building Information Modeling; Design; Overrun factors; Planning; Road projects, Systematic review.

Every engineering project or civil works in the infrastructure sector can be affected during any stage by a rise in costs compared to the planned, which causes or reasons are called cost overruns, so the identification, organization and possible solution to these factors take great importance. During the elaboration of the project, these factors are studied and analyzed through a systematic review methodology during 1985 to 2017 worldwide, specifically for the road sector during the design and planning stage, with the aim of identifying them, classifying them in different categories and then solving them with BIM proposals. We obtained from 76 recognized journals 76 articles as evidence, which are tabulated and arranged that show authors, journals, year of publication, region, main factors of overrun, main categories of classification, methodology, among others, where 129 factors are obtained of cost overruns already verified by different authors, methods, surveys and statistics, for the final proposition of thirteen categories, defined and excluding, for the classification of most of the overload factors in the literature, and for each of the categories assigned a series BIM functions that mitigate, solve or positively contribute to reduce or eliminate the impacts on costs due to the factors classified in each category.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Omar Giovanni Sanchez Rivera

Introducción

Al momento de iniciar un proyecto de construcción, el objetivo principal es estimar de manera anticipada los costos de este, estableciendo de manera cuantificada una aproximación del capital para la realización de la obra, sin embargo, se afirma que de los grandes proyectos de ingeniería, solo el 31% concluyen con un desfase presupuestal inferior al 10% (KPMG, 2015), demostrando con esto, la existencia de falencias en estimar, presupuestar y controlar los costos, convirtiéndose en una problemática mundial el completar el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Los errores en la planificación o el precario conocimiento sobre factores influyentes en la obra, afectan a la economía en general, involucrando tanto a propietario como a contratista, siendo de vital importancia cumplir con el presupuesto, programación, monitoreo y control de costos (Vanegas & Civil, 2016)(Sayed et al., 2015). Para el sector vial, considerado como una de las partes más influyentes en el crecimiento económico, la problemática en temas de sobrecostos es una de las más notorias, presentando grandes desafíos para sobrellevar la deficiencia en la elaboración de los presupuestos, falta de planeación de la infraestructura e insuficiencia de estudios y diseños de los proyectos, afectando por un desorden de planeación y gestión, al sector tanto público como privado (CCI & SCI, 2013)(Serrano Cuervo, 2014). En este campo de la construcción, la variabilidad de las obras depende de una serie de factores cambiantes, en los que se incluye lo que se denomina incertidumbre de los proyectos, donde se tiene en cuenta el rendimiento de las partes, disponibilidad de recursos, ambiente, diferentes sectores involucrados, entre otros, que producen diferentes propósitos principales, características y aspectos para cada

proyecto, más sin embargo, uno de los más grandes problemas, y en el cual se enfocará esta investigación, se da en la etapa de diseño y planeación de la obra (Tendencias, Las, Latinoamericanas, Algunos, & Factores, 1971)(Apolot, Alinaitwe, & Tindiwensi, 2011). Todos los proyectos se pueden ver afectados por un alza o elevación de costos respecto a lo planeado, cuyas causas o motivos son llamados factores de sobre costos, que derivan en una gran cantidad, numerosos tipos y diferentes variables, de los cuales se ha realizado una extensa indagación más no una consolidación de los resultados. En la actualidad, la necesidad de obtener bajos desfases en relación con los costos y garantizar la calidad general del proyecto se vuelve primordial, por lo que identificar, clasificar y solucionar dichos factores que provocan falencias en estimar, presupuestar y controlar los costos, se vuelve de vital importancia. Para mitigar dichos factores causantes de sobre costos, se encuentra un apoyo que optimiza, facilita y mejora la capacidad de asociar diferentes procesos, mostrando de manera completa y organizada el ciclo de la construcción (Shou, Wang, Wang, & Chong, 2015) (Picó & Por, 2008), proporcionando soluciones o herramientas para estas causantes, como lo es la tecnología BIM (Building Information Modeling).

Lo realizado durante la pasantía de investigación se basó en la clasificación y organización de los diferentes factores de sobre costos, mediante una revisión sistemática [10][11], que son producidos en la etapa de diseño y planificación de obras viales, logrando condensar de manera ordenada las diferentes causas, para posteriormente proponer diferentes soluciones BIM que mitiguen cada uno de dichos factores.

1. Metodología

El presente estudio se rige en su primera etapa a una metodología de revisión sistemática, que, en base a una revisión de literatura, busca examinar, seleccionar y determinar cual es la bibliografía óptima para responder a los objetivos propuestos. Para integrar y sintetizar los resultados de investigaciones previas se realizaron los siguientes pasos: 1) formulación del problema; 2) Especificación de los criterios de selección y búsqueda de los estudios; 3) Formulación de plan de búsqueda de la literatura; 4) Análisis y evaluación de evidencias; y 5) conclusión (Operativa & Planificaci, n.d.)[13][14]. Primeramente, se estableció el problema al formular objetivos claros, que definieron así los criterios y variables de la búsqueda mediante una revisión sistemática. De esta manera se determinó que la búsqueda se guiará a señalar los factores de sobrecostos relacionados con la etapa de diseño y planificación a nivel mundial. Posterior a esto, se determinaron diferentes bases de datos para la recolección de artículos como fuentes de evidencia. Se usaron las siguientes bases de datos: ASCE (American Society of Civil Engineers), ELSERVIER, Springer, Emerald Insight Google Académico, Taylor & Francis. En dichas bases de datos se usaron como criterios de búsqueda las siguientes palabras claves o keywords: “cost overruns”, “cost deviation”, “cost variance”, “construction projects”. En esta recolección de documentos científicos se tenían ciertas características para ser incluidos o excluidos, dichos criterios fueron los siguientes aspectos relevantes: idioma, pues únicamente se tenían en cuenta artículos en inglés; tiempo, pues se establecía un margen de tiempo que encerraba artículos desde 1985 hasta 2017.

Se obtuvo una muestra inicial de 236 artículos. Muchos de estos artículos no muestran claramente una serie de factores para ser posteriormente clasificados y otros hacen referencia al tema en cuestión de manera muy general o superficial, que se catalogan como “background” para el estudio, lo que lleva a un análisis y selección final de artículos catalogados como evidencia, que serían artículos específicos en el tema y discriminantes respecto a los factores de sobre costo.

De este último filtro se determinó que aproximadamente el 32% del total, lo que hace referencia a 76 artículos, presentaban evidencia, mostrando el proceso simplificado, desde las bases de datos usadas hasta la recolección de la evidencia final, en la figura 1.

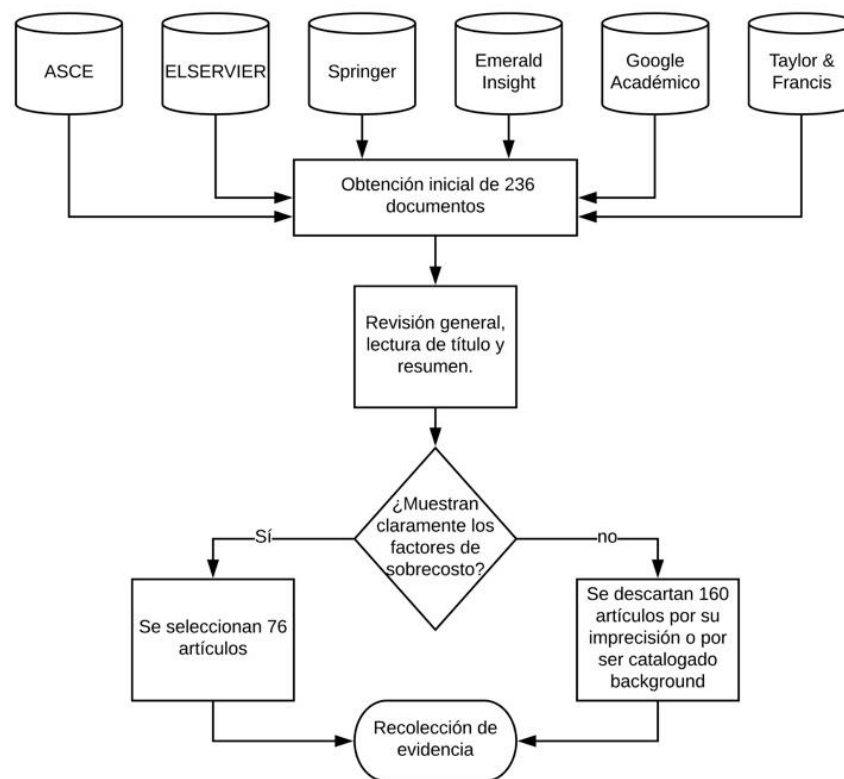


Figura 1. Metodología de revisión sistemática. Fuente: elaboración propia.

Las principales revistas o journal que mostraron evidencia son: “International Journal of Project Management” (10 art.), “Journal of Construction Engineering and Management” (8 art.), “KSCE Journal of Civil Engineering” (4 art.), “Procedia Engineering” (4 art.), “Journal of Construction in Developing Countries” (3. Art). Las demás revistas muestran entre 1 y 2 artículos. Esta lista de artículos por revista se muestra en la gráfica 1.

Con una ya seleccionada lista de artículos publicados alrededor de diferentes partes del mundo, representado en la gráfica 3, año de publicación, gráfica 2, diferentes revistas y entornos, se obtuvo de cada uno de ellos los mencionados factores de sobrecosto, obteniendo así una cantidad de dichos factores discretos por cada artículo. Se estudió en su totalidad la lista de factores de sobrecosto obtenidos, con el fin de determinar aquellos relacionados con la etapa de diseño y clasificación, para lo que era necesario entonces definir criterios y parámetros referentes a esta etapa, para la cual se estableció que: todo factor o causal de sobrecosto que se genere en una etapa referente a la proposición, ejecución y control del diseño, incluyendo investigación, análisis, modelado y ajustes del mismo, como también durante el proceso de planificación, del cual hacen parte los planes, programas, visualización y alcance, se incluirá como factor de evidencia para la investigación. El proceso completo y desglosado de la metodología se encuentra en la Tabla 1.



Figura 2. Distribución de cantidad de artículos por revista.



Figura 3. Distribución de artículos en el tiempo de 1985 a 2017.

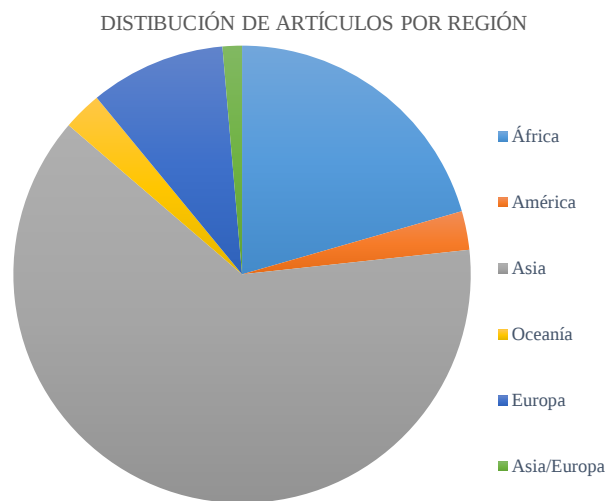
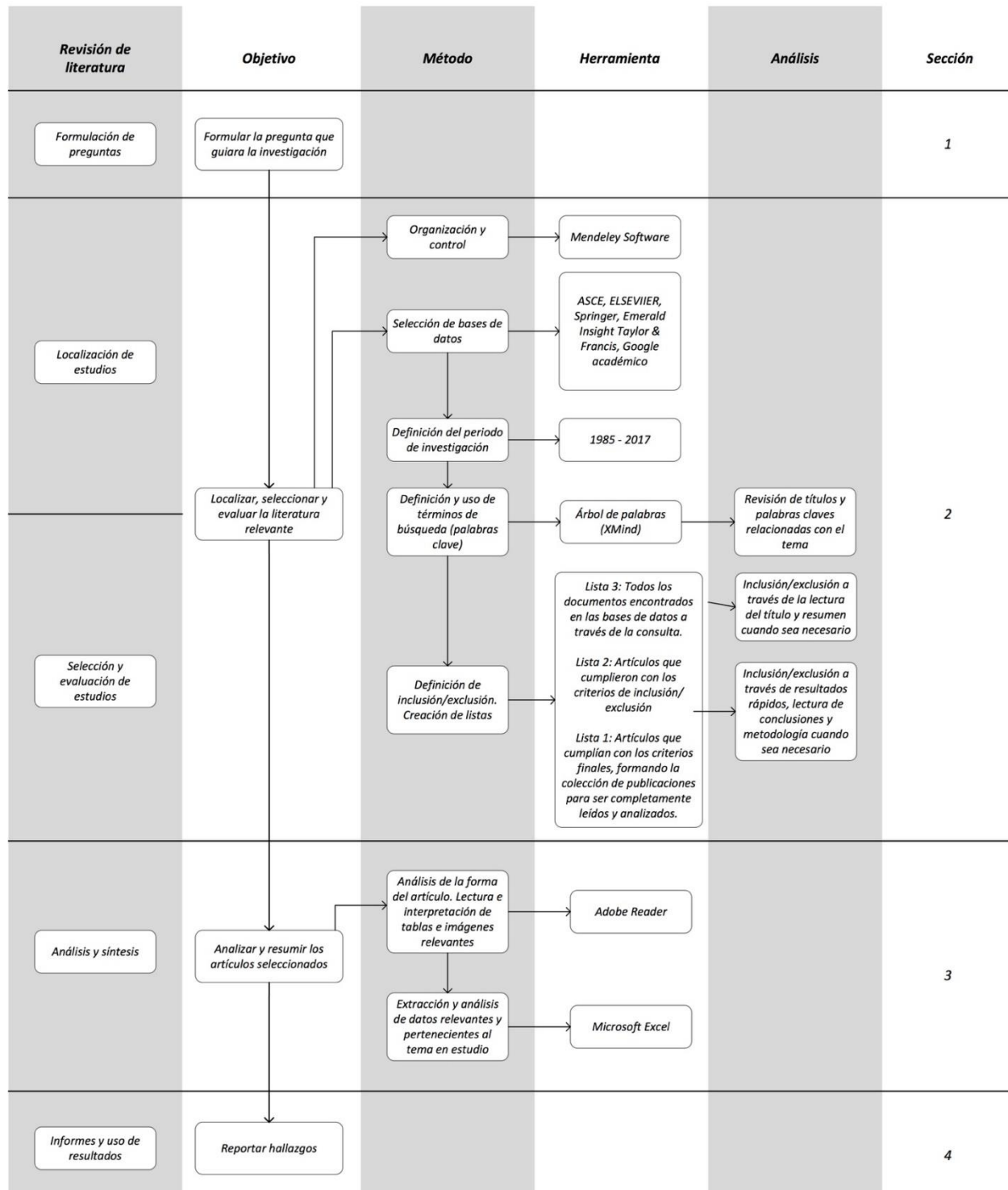


Figura 4. Distribución de artículos por continente de publicación..

Tabla 1.

Esquema del proceso metodológico usado en la totalidad de la investigación



Durante el análisis de documentos se identificaron algunas categorías y clasificación de factores ya propuestas por diferentes autores, proporcionando algunas bases para la propuesta final de categorías para la etapa del diseño y planificación de obras, que sumado al criterio de los investigadores logra reunir una serie de categorías que abarcan la totalidad de factores encontrados en la evidencia. Para la proposición de dichas categorías se observaba la generalidad de cada factor y la inclinación o ámbito de este, para así reunir aquellos que se presentaban en un mismo plano. De esta manera, se obtienen 13 categorías para la clasificación total de factores.

Posterior a la clasificación de los factores de sobrecosto reportados en la literatura en las categorías propuestas se procedió a identificar un conjunto de soluciones BIM que logren mitigar estos factores. Para esto, primeramente, se debe aclarar las funciones y alcance en proyectos de “Building Information Modeling”, por lo que se hace una búsqueda en diferentes bases de datos y plataformas oficiales de diferentes programas BIM, para la identificación de una amplia cantidad de funciones generales y particulares de esta metodología o herramienta. Las diferentes funciones se agrupan en la Tabla 3 de Anexos, de la cual se genera la Tabla 5, la cual muestra las posibles funciones de solución específicas para la etapa de diseño y planificación en el sector vial. En base a criterio propio del investigador y la orientación y probación del director, se procede a identificar un conjunto de soluciones BIM para la mitigación de los factores de sobrecosto clasificados, por lo que se asignan diferentes funciones a cada categoría de sobrecosto en la que pueda ser útil como solución. La Tabla 6 muestra esta distribución de funciones vs categorías de factores

2. Resultados

Tras la realización de una revisión sistemática entre los años 1985 a 2017 alrededor del mundo, mostrada en la sección anterior, que en base al estudio de la literatura, examinó, seleccionó y determinó cual era la bibliografía óptima, se obtuvo de 236 artículos una muestra de 76 artículos catalogados como evidencia, que muestran de manera clara y concisa los diferentes factores de sobrecosto en obras civiles, los cuales son tabulados por artículos, y todas sus características como autores, revista, año de publicación, región, principales factores de sobrecosto, principales categorías de clasificación, entre otros, esto se muestra en Tabla 1 en Anexos de este documento, seleccionando aquellos que hagan parte de la etapa de diseño y planificación de obras viales,. Para la identificación de aquellos factores catalogados como de sobrecosto se define primeramente este término, el cual debe entenderse como una desviación de costos calculada entre el costo real final de construcción del proyecto y la estimación inicial autorizada al inicio de la construcción (Mejía, Leguizamo, Alejandro, & Hernández, 2017). El manejo de costos suele ser esencial para todas las partes involucradas en un proyecto de construcción, es decir, propietarios, contratista, subcontratista, donde se establece como uno de los principales indicadores en la construcción que se deba cumplir y completar con lo planeado en el proyecto. El alza o elevación de los costos respecto a lo planeado, pueden ser producidos por: el propietario, el contratista, el entorno, etc., donde pueden ocurrir varios tipos de factores generadores al mismo tiempo, estos provocan un aumento inesperado en el capital requerido en los proyectos de construcción. Este efecto no solo influye en la industria de la construcción, sino también en la economía en general [3][16], por esto,

todo factor encontrado en la revisión de bibliografía que se ajustó a este tipo de definición es catalogado como factor de sobrecosto. Así mismo, para identificar si dicho factor hace parte de la etapa de diseño y planificación de proyectos viales se define a estos como aquellos que afectan la construcción de calles, carreteras, autopistas, puentes, viaductos, túneles y sus obras asociadas como señalización, alumbrado, ventilación, puentes peatonales, sistemas masivos de transporte de pasajeros, así como factores tales como el tráfico, características estructurales y funcionales del pavimento y condiciones climatológicas locales [17] [18], factores que son el material de estudio en el diseño y planificación de estos proyectos. De esta manera, se identificaron 129 factores de sobrecosto que hacen parte de la etapa de diseño y planificación, mostrando en la Tabla 2 de Anexos, cada factor con su respectivo artículo como fuente. De las generalidades presentadas por algunos factores y con bases de propuestas mostradas por diferentes autores de la evidencia, mostradas posteriormente en la sección 3.2, se proponen trece categorías discretas y excluyentes mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2.

Categorías propuestas para la etapa de diseño y planificación.

CATEGORIES	ID
Design - Planning/ Changes	1
Design - Planning/ Errors	2
Design - Planning/ Control	3
Scope Design	4
Design Coordination & Automation	5
Design - Planning/ Complete	6
Design complexity	7
Design - Planning/ Documents	8
Time Estimation	9

CATEGORIES	ID
Cost Estimation	10
Design -Planning/ Schedule	11
Constructability	12
Software & Technology	13

A continuación, se presentan las definiciones de las categorías definidas para el agrupamiento de los factores de sobrecostos pertenecientes a la etapa de diseño y planificación.

2.1 Definición de categorías propuestas de factores de sobrecosto

2.1.1 Cambios en el diseño y planificación Agrupa los factores relacionados a los cambios y alteraciones en el diseño y planificación del proyecto, donde pueden intervenir modificaciones a estudios previos, estudio del terreno, diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de instalaciones, entre otros.

2.1.2 Errores en el diseño y planificación Agrupa los factores relacionados a los errores, falta de calidad y fallas cometidas en el diseño y la planificación, donde se incluyen aspectos como errores, problemas y defectos en el diseño, calidad de este, estudios defectuosos de preconstrucción, y temas relacionados, con responsabilidad tanto para diseñadores como contratistas.

2.1.3 Control en el diseño y planificación Agrupa los factores relacionados a la falta de control o errores en el mismo para la etapa de diseño y planificación, abarcando factores que

involucren una falta de revisión de diseños, técnicas de control, seguimiento tanto a documentos como a profesionales y en general una rigurosa revisión en temas de planificación.

2.1.4 Alcance del diseño Agrupa los factores relacionados con el alcance del diseño, abarcando en general a las descripciones y extensión del trabajo que se espera realizar bajo un contrato, incluyendo cambios en este alcance, variaciones de extensión, cambios en el alcance de los estudios, temas y políticas de gobierno que modifiquen el alcance.

2.1.5 Coordinación y automatización del diseño Agrupa los factores relacionados con la coordinación de diseños y la automatización de estos, donde las falencias y carencia en transferir tareas de producción, habitualmente realizadas de la manera convencional, a elementos tecnológicos y programas sofisticados e integrales son de gran relevancia. Incluye todos aquellos factores que representen una deficiencia en la coordinación o el correcto manejo de los diseños desde diferentes áreas, así como la falta de estandarización y la repetición de manera técnica en los procesos y relacionados.

2.1.6 Completa planificación y diseño Agrupa los factores relacionados con la completa realización del diseño y la planificación, lo que incluye diseños incompletos para el tiempo solicitado, incorrecto desarrollo del diseño, dibujos y planos sin su totalidad de elementos, un desarrollo del proceso de planificación incompleto o inconcluso, en general, factores que representen el no cumplimiento o realización en su totalidad del diseño y planificación respecto al tiempo.

2.1.7 Complejidad en el diseño Agrupa los factores relacionados a la alta complejidad en el diseño que complican la construcción y realización de estos e intrínsecamente los costos, abarcando desde planos, dibujos, complejidad en innovación, imprácticos diseños, y respuestas alternativas difíciles de realizar, que llevan a propuestas y soluciones iniciales que llevan a futuros sobre costos.

2.1.8 Documentos de diseño y planificación Agrupa los factores relacionados a todo tipo de complicaciones en los documentos de diseño y planificación, como planos, memorias, especificaciones y dibujos de diseño, abarcando la preparación, aprobación, especificaciones técnicas, ambigüedades, inconsistencias, estándares, incompatibilidades y demás faltantes en los documentos requeridos y necesarios en la etapa tanto en diseño como planificación.

2.1.9 Estimación del tiempo Agrupa los factores relacionados a todo tipo de errores, dificultades, y complicaciones en el proceso de una adecuada estimación del tiempo del proyecto. Incluye factores como una mala administración el tiempo planeado para la construcción del proyecto, deficiencias y subestimación en la estimación, planeación incorrecta del tiempo y estimaciones fuera de la realidad.

2.1.10 Estimación del costo Agrupa los factores relacionados a una adecuada estimación y planeación del costo del proyecto. Errores, dificultades, malas prácticas, y en general una mala estimación, llevan a un alza en los costos finales del proyecto. Incluye factores como un erróneo presupuesto, deficiencias en la estimación, errores en la estimación, omisiones e incorrectas cantidades, errores del consultor, reportes incorrectos, mala escogencia del método de

estimación del costo, malas técnicas y prácticas, deficiencias en el monitoreo y control de dicha estimación.

2.1.11 Cronograma Agrupa los factores relacionados a la realización de un cronograma y calendario de actividades a completar, que de no seguirse en cualquier etapa o fase lleva a afectar el costo estimado. Incluye factores como el inicio tardío de un proceso de planificación, retraso en la aprobación del diseño, aprobación de dibujos, incorrecto cronograma por parte de contratistas, mala planificación de cualquier actividad.

2.1.12 Constructibilidad Agrupa los factores relacionados a la constructibilidad del proyecto, a la capacidad de realización de los diseños, técnicas y procesos planteados. Incluye factores como diseños inconstruibles, una realización irrealista del plan, integración entre el diseño y la construcción, materiales inadecuados, soluciones inadecuadas, y en general, factores que relacionen condiciones inicialmente planeadas pero difíciles y complicadas al momento de la construcción.

2.1.13 Software y tecnología Agrupa los factores relacionados a los criterios tecnológicos usados en la etapa de diseño y planificación, donde la mala escogencia de estos o errores en el manejo de software y técnicas pueden llevar a sobrecostos en el proyecto. Incluye factores como uso de software apropiados para las diferentes etapas y el uso y manejo de nuevas tecnologías.

2.2 Clasificación de factores de sobrecosto en las categorías propuestas

De acuerdo a las descripciones propuestas, se clasificó según criterio del investigador y director, cada factor encontrado en la literatura en una única y exclusiva categoría. La Tabla 4 muestra la distribución de factores de sobrecostos obtenidos en la literatura en las trece categorías. Para esto, se tuvo en cuenta las diferentes clasificaciones y propuestas de diferentes autores en sus respectivos artículos, a continuación se muestran algunas evidencias importantes como fundamento para las propuestas de esta investigación:

“Large construction project in developing countries: a case study from Vietnam, N. Long; S. Ogunlana; T. Quang; K. Lam” (Duy & Ogunlana, 2004), este artículo, publicado por la revista International Journal of Project Management, muestra evidencia, basada en literatura y entrevista a profesionales, de una clasificación de problemas o factores en diferentes categorías. “Financiero, Propietario, Contratista, Consultor, Atributos del proyecto, Medio ambiente” estas son las cinco categorías propuestas para los 62 principales factores generales de sobrecosto según la investigación. A su vez, se hace un análisis estadístico de estas cinco categorías y sus factores dependiendo de su ocurrencia e influencia, generando diferentes tablas y rankings.

Un artículo publicado por el Journal of Engineering, Design and Technology, *“Major causes of construction time and cost overruns: a case of selected educational sector projects in Ghana, S. Famiyeh; C. Teye; A. Ebenezer; A. Collins; S. Agbenohevi”* (Authors, 2017) muestra evidencia, en base al análisis estadístico (Relative Importance Index), de una propuesta de categorías para los 27 principales factores de sobrecosto encontrados en la investigación, dividiéndolos en siete grupos y a su vez ordenándolos en un ranking y sus respectivos índices de importancia. Estos siete grupos son: “Factores relacionados con el cliente, Factores relacionados al Consultor, Factores

relacionados al contratista, Factores relacionados al gobierno, Factores relacionados a materiales, Factores contractuales, Factores relacionados a cambios externos”, en los cuales se clasifican la totalidad de factores y a su vez se describe el efecto, de manera estadística, de cada una de estas categorías con sus respectivos factores.

“Dealing With Cost and Time in the Portuguese Construction Industry, H.P. Moura, J.C. Teixeira, B. Pires” (Moura, Teixeira, & Pires, 2007), publicado en CIB World Building Congress, muestra evidencia en base al análisis de datos de la causa de factores de sobre costo en obras civiles y las ordena en cinco categorías, “Errores de diseño y omisiones, Condiciones existentes, Responsabilidad del cliente, Cambios impuestos por terceros, Factores externos”

“Identification and assessment of risk factors affecting construction projects, M.S. Abd El-Karim, O.A.M El Nawawy, A.M. Abdel- Alim” (Sayed et al., 2015), publicado en HBRC Journal, muestra evidencia importante en tanto a proposición de diversos factores de sobre costo, como también diferentes categorías y subcategorías de clasificación, obteniendo 70 factores críticos de sobre costo los cuales se clasifican en cuatro grandes categorías, que son “Condiciones de sitio, Recursos, Partes del proyecto, Características del proyecto”, estas cuatro categorías son mencionadas en este artículo como el criterio más general, sin embargo, una clasificación más específica y de gran valor para esta investigación, propone 13 categorías con el fin de clasificar la totalidad de factores, estas son “Medio ambiente, Terreno, Localización, Labores, Equipamiento, Materiales, Propietario, Diseño e Ingeniería, Contratista, Manejo del proyecto, Financiamiento, Política y Cronograma”. Estas categorías y sus respectivos factores, son analizadas por probabilidad de ocurrencia, riesgo, impactos en costo y cronograma.

“Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia, A.A. Abdul Azis, A.H. Memon, I.A. Rahaman, A.T. Karim” (Asmi et al., 2013) este artículo, publicado por Research

Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, muestra evidencia en tanto a la proposición de categorías en un ranking de afectación a sobrecostos en los proyectos civiles, mostrando 8 categorías, de mayor a menor impacto, las cuales son “Manejo del contratista, Información y comunicación, Manejo del proyecto y administración del contratista, Factores relacionados a labores, Maquinaria y materiales, Factores externos, Diseño y documentos, Manejo financiero”

“Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip, A. Enshassi, J. Al-Najjar, M. Kumaraswamy” (Enshassi, n.d.) publicado por Journal of Financial Management of Property and Construction, muestra 42 factores de sobrecosto que fueron hallados mediante una revisión de literatura y expertos que dan paso a doce categorías de clasificación, las cuales son “Relacionadas al proyecto, Responsabilidad del contratista, Responsabilidad del consultor, Responsabilidad del propietario, Manejo del profesional, Diseño y documentación, Materiales, Ejecución, Equipamiento, Relaciones contractuales, Relacionados al gobierno, Factores externos”, para posteriormente clasificar la totalidad de los factores y mediante un análisis estadístico e índices se muestran en diferentes tablas y rankings.

Esta es parte de la evidencia encontrada en la literatura, en la cual se muestra alguna proposición de categorías y clasificación de factores de sobrecosto en general, de los cuales se seleccionan posteriormente únicamente aquellos relacionados a la etapa de diseño y planificación, esta evidencia se puede observar con su completo análisis de datos, índices, rankings, importancia, fuentes y métodos usados en cada investigación en Anexos del presente documento. En esta investigación, la gran variedad de factores encontrados y en base a las categorías y sub categorías halladas en la literatura llevan a la proposición de varias categorías (13), con el fin de clasificar la totalidad de problemas de sobrecostos para la etapa de diseño y planificación encontrados. La

Tabla 4 muestra el resultado de las 13 categorías con la totalidad de los factores de sobre costo hallados en la literatura, manteniendo su idioma original (inglés) para evitar confusiones y mantener el claro propósito del autor.

2.3 Proposición de soluciones BIM

Para la proposición de soluciones BIM que mitiguen los factores de sobre costo clasificados anteriormente, primero se define este tipo de tecnología, y a su vez se muestra de manera general su descripción en la Tabla 3 (Pic, 2008). Podemos definir BIM como una tecnología de modelamiento y asociación de diferentes procesos, que demuestran de manera completa y organizada el ciclo de la construcción, describiendo geometría, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de elementos, costos estimados, inventario de materiales y cronograma del proyecto, generando diseños y esquemas tridimensionales de alta calidad, modelos de cuarta dimensión en los cuales se conectan los modelos geométricos con el programa de construcción, y de quinta dimensión en las cuales se realiza la estimación del costo (Marzouk & Aty, 2012)(Borrmann et al., 2014).

Tabla 3.

Descripción general de la tecnología BIM.

DESCRIPCIÓN GENERAL BIM
Crear visualizaciones convincentes de ideas de diseño, y simular múltiples alternativas de diseño de manera más rápida y precisa
Comunicar de manera más precisa la intención de diseño con dibujos precisos,

DESCRIPCIÓN GENERAL BIM

imágenes renderizadas, animaciones, paseos virtuales, cumplir con los cronogramas

Reducir el costo y el tiempo mediante la identificación de colisiones y problemas de construcción

Proporcionar un activo digital valioso para el propietario del proyecto, para la operación y la gestión

Comunicar el posible impacto sobre la decisión tomada

De esta tecnología BIM se obtienen extensas y variadas funciones, las cuales se obtienen en diferentes bases de datos y plataformas oficiales de diferentes programas BIM (Revit, Naviswork, Bentley, entre otros). La totalidad de las funciones generales encontradas fueron tabuladas en la Tabla 3 en Anexos. En base al criterio propio del investigador y experiencia del director, se seleccionaron diferentes funciones que podrían minimizar las problemáticas de sobre costo en proyectos viales. Estas funciones fueron catalogadas en cinco grupos basados en los diferentes ámbitos y campos de aplicación de la tecnología BIM, estos son: Modelo, Diseño, Análisis, Visualización e Interacción/Colaborativo. La tabla 5 muestra las posibles funciones que evitarían un aumento no planeado de costos en la etapa de diseño y planificación de distribuidas en los campos de acción anteriormente mencionados. Posteriormente, se muestra una de las partes fundamentales de este proyecto, al distribuir la totalidad de posibles soluciones BIM para la etapa de diseño y planificación de obras viales en las trece categorías de factores de sobre costo, asignando para cada una de ellas una lista de funciones que de alguna manera solucionen o mitiguen las generalidades de cada categoría. Esto es mostrado en la Tabla 6.

Tabla 4.

Factores de sobrecosto obtenidos en la literatura, clasificados en las categorías propuestas.

Design - Planning/Changes	Design - Planning/Errors	Design - Planning/Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/Complete
Project design change	Poor planning of construction	Design revisions	Scope and design change	Lack of coordination at design phase	Incomplete design at the time of tender
Design changes within development period	Lack of standard requirements from designers and poorly enforced professional liability of designers	Insuficint use of progress/status reports	Scope changes arising from redesign and extensive variation occasioned by change in brief	Repeatability and standardization (e.g. repeated units in a terrace housing or typical floor plans in a multi-storey building project)	Weakness in design/slow reviewing and approve the document
Repetitive revisions and changes	Lack of preliminary examination before design or tendering		Change in the scope of the project in Governments policies	Repeat use of design, moulds or construction techniques from previous projects	Incomplete design drawings and specification at tendering stage
Design changes during execution	Comprehensive ness of IBS principles in the design		Preliminary engineering challenges	Lack of standarization in design	Ambiguous or incomplete tender document
Design changes	Mistakes and errors in design		Design not requested by client		Design team performance

Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete
Frequent design changes	Inadequate project preparation, planning, and implementation		Changes in scope of study		Incomplete design package during the tender
	Inadequate project preparation, planning, and implementation		Design and scope change		Long period between design and time bidding
	Inappropriate preconstruction study		Design brief		Design development
	Poor design and delays in Design				Completeness of design
	Poor pre-planning process				Incomplete drawings
	Incorrect planning by contractors				Unsettled or lack of Project planning
	Defective design				
	Mistakes in design				
	Inadequate pre-planning				
	Incorrect planning				

Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete
	Improper planning				
	Quality of design				
	Over design				
	Errors in measurements				
	Surveying mistakes				
	Design problems				
	Design error				

Design complexity	Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design -Planning/ Schedule	Construct ability	Software & Technology
Impractical and complicated design	Ambiguities, inconsistency of specifications	Planned time for project constructio n	Omissions and errors in the bills of quantities	Late start of the planning process, and with too low a budget	Integration of design and constructio n	Lack of appropriate software
Complexity of design	Incomplete drawings/designs	Inaccurate estimates	Inaccurate quantity take-off	Delay in design approval	Unrealistic project execution plan	Use of new technology
Complexity of design and construction	Improvements to standard drawings during construction stage	Inaccurate Time and Cost estimates	Contract tender price higher than original estimates	Planning and price scheduling deficiencies	The gap between the constructio n plan and the reality is too great	

Design complexity	Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design -Planning/ Schedule	Construct ability	Software & Technology
Innovativeness of design	Shortage of approved construction drawings	Planning and scheduling deficiencies	Deficiencies in the initial estimates	Delay in preparation and approval of drawings	Inadequate of solutions	
Project complexity	Contradictions in design documents	Over-optimistic status reports	Inaccurate Time and Cost estimates	Late in approving design documents	Unconstructable design	
Complicated design	Unclear technical specifications	Underestimate project duration	Mistakes in project cost estimates	Waiting for information	Inadequate materials	
Complex design of the project	Deficient documentation (specification design)	Inaccurate evaluation of projects time/duration	Planned cost for project construction	Poor design and delays in Design	Constructability	
	Mistakes and discrepancies in design documents	Unrealistic in time and cost estimation	Deficiencies in cost estimates prepared by public agencies	Submissions for approval		
	Inadequate specification		Too small a design Budget	Incorrect scheduling by contractors		
	Inadequate design information		Over-optimistic status reports	Improper planning and scheduling		
	Unclear design/details		Omissions—consultant	Delays in design		
	Preparation and approval of drawings		Construction cost understatement	Weakness planning and scheduling		

Design complexity	Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design -Planning/ Schedule	Construct ability	Software & Technology
	Errors or inconsistencies in project documents		Lack of cost planning/monitoring	Delay in approval of drawings by the client		
	Poor documentations		Inaccurate estimates			
	Construction document conflicts		Underestimation of cost/schedules			
	Document incompatibilities		Deficiencies in cost estimate			
	Technical omissions at design stage		Wrong method of cost estimation			
	Project information in early stage of a Project		inaccurate cost estimating			
	Premature tender documents (drawings, bill of quantities, specifications, contracts and legal documents)		Unrealistic time and cost estimation			
			Deficiencies in cost estimates prepared			

Tabla 5.

Funciones propuestas para la mitigación del sobre costo, distribuidas en cinco ámbitos o campos de acción de la tecnología BIM.

Modelo	Diseño	Análisis	Visualización	Interacción/Colaborativo
Capturar, modelar y visualizar las condiciones existentes para mejorar opciones de diseño	Base de datos, control de versiones, acceso y mantenimiento de los objetos del diseño	Entender los impactos rápidamente, con mejor comprensión de viabilidad del diseño, evitando fase costosa de cambios de diseño	Evaluar las alternativas y hacer cambios en un modelo dinámico, visualizando los cambios en las diferentes vistas y tiempo real	Solución única con acceso seguro a los datos del proyecto, guardando versiones del proyecto y haciéndolo colaborativo desde sus inicios
Importación automatizada de datos y creación de modelos	Bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas en el contexto de las condiciones existentes	Simulación y análisis en tiempo real ayudando a encontrar la solución en menos tiempo	Publicación de modelos	Introducir cambios en la última etapa de diseño actualiza todos los documentos asociados
Vistas transversales(Peralte, ensamblaje de carretera, detalles de ingeniería de corte y relleno)	Introducir cambios en la última etapa de diseño actualiza todos los	Archivos digitales del proyecto y modelado en 3D para la	Modelo de almacenamiento en red	El cambio se mantiene, sincronizando los datos entre aplicaciones

Modelo	Diseño	Análisis	Visualización	Interacción/Colaborativo
	documentos asociados	planificación a largo plazo		
Presentación de mapas pendiente	de Nueva los diseños preliminares a Civil 3D	Simulación de la construcción 4D/5D	Importación-exportación con Civil 3D	Mejor comunicación con las partes interesadas
Presentación de mapa elevaciones	de Componentes de carretera (bordillos, carriles, hombros, rampas)	Análisis de trafico	Videos de recorrido por el corredor personalizado	
Presentación de orientación taludes	de Editor de partes (piezas de drenaje o tuberías personalizada s. Inventor)	Use la información del proyecto para el mantenimiento y operación (Recap)	Exportación de videos de recorridos en variados formatos	
Configuración y administración de Materiales	Administración de geometría vertical y horizontal	Cantidades de material	Exportación de planos planta del recorrido	

Modelo	Diseño	Análisis	Visualización	Interacción/Colaborativo
Módulo de puentes (parámetros, control de altura, soportes, dimensiones, geometrías, tablero, de manera integral)	Módulo de puentes, basado en componentes (parámetros, control de altura, soportes, dimensiones, geometrías, tablero, de manera integral)	de Evaluar factibilidad de construcción con detección de colisiones y simulación 4D (Navis-project)	Software, diferentes formatos y especialidades	
Tema estructural con Revit	Sincronizado con el diseño y las normas del país	Análisis de rasante, medición de distancias y áreas	Comentarios en tiempo real	
Modelo de entorno existente	Diseño de rotonda	de Agilizar el análisis del impacto ambiental con la integración de datos	Producción de planos y documentación	
Hacer cambios a los modelos en la etapa de diseño permitiendo un	Drenaje de pavimento más inteligente	de Factibilidad de los diseños con análisis y		

Modelo	Diseño	Análisis	Visualización	Interacción/Colaborativo
modelamiento inteligente		simulación, referente a el análisis de drenaje añadiendo normas ambientales		
Simulación de la construcción		Análisis de sombras e iluminación		
Desde el 2D al 3D		Modelo de drenajes		
		Simulación de inundación		
		Análisis dinámico del sitio		

Tabla 6.

Funciones BIM asignadas a cada categoría como posible solución a los factores de sobre costo respectivos.

	CATEGORIAS						
	Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete	Design complexity
FUNCIONES BIM	Base de datos, control de versiones, acceso y mantenimiento de los objetos del diseño	Base de datos, control y versiones, acceso y mantenimiento de los objetos del diseño	de Módulo de puentes (parámetros, control y altura, soportes, dimensiones, geometrías, tablero, manera integral)	de Bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas en el contexto de las condiciones existentes	El cambio se mantiene, sincronizando los datos entre aplicaciones guardando versiones del proyecto haciéndolo colaborativo desde sus inicios.	Solución única a los proyectos, guardando versiones del contexto y las condiciones existentes desde sus inicios.	Bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas en el contexto de las condiciones existentes
	Bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas en el contexto de las condiciones existentes	Módulo de puentes (parámetros, control y altura, soportes, dimensiones, geometrías, tablero, manera integral)	de Archivos digitales proyecto de modelado 3D para planificación largo plazo	Capturar, del modelar y visualizar en las condiciones a existentes para mejorar opciones de diseño	Agilizar y análisis impacto ambiental con la integración de datos	el Administrar del componentes directamente en Infracore	Factibilidad de los diseños con análisis y simulación, referente a el análisis de drenaje añadiendo normas ambientales

CATEGORIAS

Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete	Design complexity
----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-----------------	--	-----------------------------------	----------------------

Componentes de carretera (bordillos, carriles, hombros)	Diseño de puente basado en componentes	de Use información para el mantenimiento y operación (Recap)	la Modelo entorno existente el	de Mejor comunicación con las partes interesadas	Componentes de carretera (bordillos, carriles, hombros)	Análisis dinámico del sitio
---	--	--	--------------------------------	--	---	-----------------------------

Diseño de puente en componentes	Rampas de carriles centrales	y Componentes de carretera (bordillos, carriles, hombros)	Área de interés	de Nueva diseños preliminares a Civil 3D	los	Análisis de sombras e iluminación
---------------------------------	------------------------------	---	-----------------	--	-----	-----------------------------------

Módulo de puentes (parámetros, control de altura, soportes, dimensiones, geometrías, tablero, de manera integral)	Diseño de rotonda	de ClashDetective	Análisis del tráfico	Colaborativo-Vinculación y coordinación; Subproyectos y Sincronización		Análisis de viga de línea de puente
---	-------------------	-------------------	----------------------	--	--	-------------------------------------

Administración de geometría vertical y horizontal	Análisis de tráfico y	Memorias CTE-CYPECAD	Simulación de construcción 4D/5D	Comentarios en la tiempo real		Simulación de inundación
---	-----------------------	----------------------	----------------------------------	-------------------------------	--	--------------------------

CATEGORIAS

Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete	Design complexity
Editor de partes (piezas de drenaje tuberías personalizadas. Inventor)	Work Breakdown o Structure (WBS)		Work Breakdown Structure (WBS)	Importación automatizada de datos y creación de modelos		Modelo de drenajes
Diseño rápido de rampas y carriles centrales				Tema estructural con revit		Análisis de rasante
Evaluar las alternativas y hacer cambios en un modelo dinámico, visualizando los cambios en las diferentes vistas y tiempo real				Acceso seguro a los datos del proyecto, guardando versiones del proyecto y haciéndolo colaborativo desde sus inicios.		
Diseño de rotonda				Use la información del proyecto para el mantenimiento y operación (Recap)		

CATEGORIAS

Design - Planning/ Changes	Design - Planning/ Errors	Design - Planning/ Control	Scope Design	Design Coordination & Automation	Design - Planning/ Complete	Design complexity
----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-----------------	--	-----------------------------------	----------------------

BIM Execution
Plan

CATEGORIAS

Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design - Planning/ Schedule	Constructability	Software & Technology
------------------------------------	--------------------	--------------------	-----------------------------------	------------------	--------------------------

sincronizados con el diseño y las normas del país

Simulación y análisis en tiempo real ayudando a encontrar la solución en menos tiempo

Entender los impactos rápidamente, con mejor comprensión de viabilidad del diseño, evitando fase costosa de cambios de diseño

Simulación de la construcción 4D/5D

Diseño de puente basado en componentes

Software, diferentes formatos y especialidades

FUNCIONES BIM

Introducir cambios en la última etapa de diseño actualiza todos los documentos asociados

Simulación de la construcción 4D/5D

Cantidades de material

Conexión con diferentes software de cronograma de obra

Evaluar factibilidad de construcción con detección de colisiones y simulación 4D (Navis-project)

Producción de memorias básicas

CATEGORIAS

Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design - Planning/ Schedule	Constructability	Software & Technology
Producción de planos, listados, memorias, datos		Simulación de la construcción 4D/5D	Cronogramas NAVISWORK	Simulación de la construcción 4D/5D	Diseño de puente basado en componentes
Videos de recorrido por el corredor personalizado		Configuración y administración de Materiales	Vínculo MS Project	simulación de la construcción	Drenaje de pavimento más inteligente
Exportación de videos de recorridos en variados formatos					Mueva los diseños preliminares a Civil 3D
Exportación de planos planta del recorrido					
Producción de planos, documentación es parte del diseño					
Presentación de mapas de pendiente					

CATEGORIAS					
Design - Planning/ Documents	Time Estimation	Cost Estimation	Design - Planning/ Schedule	Constructability	Software & Technology
Presentación de mapa de elevaciones					
Presentación de orientación de taludes					
Memorias CTE					

A continuación, se describen las categorías con sus respectivas funciones BIM ya clasificadas, mostrando en aspectos generales las posibles soluciones a los diferentes factores de sobre costo mediante esta tecnología y herramienta.

1. Cambios en el diseño y planificación

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye aquellos cambios y alteraciones en el diseño y planificación del proyecto, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar y simplificar aquellas modificaciones a estudios previos, estudio del terreno, diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de instalaciones, entre otros. Se proponen herramientas como lo es la base de datos de estas tecnologías, que permite controlar las versiones, el acceso y el manejo de los objetos de diseño, haciendo mucho más fácil y práctico aquellas modificaciones en el momento que sean requeridas, manteniendo toda la información, de cualquier etapa, campo de acción, condiciones y características, de manera ordenada al alcance del diseñador, a su vez, esta tecnología permite bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas para determinado

proyecto siempre bajo el contexto de las condiciones existentes, así pues, aquellas modificaciones e incluso propuestas de diseño requeridas pueden realizarse de manera más rápida, lo que sería entonces un diseño eficiente, con la capacidad de mantener el entorno, las condiciones y características existentes tras cada modificación, generando ahorros tanto en tiempo como en costos, además, la evaluación de dichas alternativas y cambios están bajo un modelo dinámico, lo que permite visualizar dichas modificaciones en diferentes vistas y tiempo real, facilitando la interacción de las partes involucradas y la actualización rápida de datos. De manera más particular, esta tecnología tiene en algunos casos, como lo es el diseño de puentes y carreteras, un sistema basado en componentes, lo que hace que esta herramienta enfatice en la separación de asuntos, encapsulando un conjunto de funciones relacionadas en paquetes, separando funcionalidades y características, de esta manera, el amplio rango de funciones separadas pero relacionadas, hacen más específicas, detalladas y fáciles las modificaciones en el diseño, como también lo hace herramientas como el editor de partes, el cual permite cambiar cualquier pieza y personalizar según lo requerido por el diseñador, y la administración de geometrías, que permite modificar en carreteras toda geometría vertical u horizontal de manera fácil y rápida.

2. Errores en el diseño y planificación

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye aquellos errores, falta de calidad y fallas cometidas en el diseño y la planificación, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar o solucionar aspectos como errores, problemas y defectos en el diseño, calidad de este, estudios defectuosos de pre construcción, y temas relacionados, para esto, se establecen herramientas como lo es la base de datos de estas tecnologías, pues al tener el control, acceso y manejo de toda la información incluida en el diseño y en las diferentes partes involucradas, es posible determinar el error de un manera más sencilla para su posterior solución, que a su vez será

más eficiente por aquellas funciones que permiten el cambio y modificaciones de diseño. Se incluye también el sistema basado en componentes como una solución para los factores de sobre costo debido a errores en el diseño y planificación, pues con esta herramienta se puede discriminar y manejar en paquetes de funciones relacionadas todos los elementos, siendo más fácil y rápido solucionar el error cometido con tan solo el uso del software adecuado. Específicamente para el sector vial, aquellos errores cometidos en diseño y planificación pueden prevenirse con aquellas herramientas particulares como lo son los módulos de puentes, rampas y carriles, diseños de rotondas y el muy novedoso análisis del tráfico, entre otros, que proponen diferentes soluciones que pueden ser bosquejadas y revisadas de manera rápida para encontrar el óptimo diseño, evitando así posibles errores y malas decisiones, así mismo, con estas herramientas puede corregirse el error cometido al proponer y evaluar diferentes soluciones susceptibles al cambio.

3. Control en el diseño y planificación

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye la falta de control o errores en la etapa de diseño y planificación, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar o solucionar aspectos que involucren la revisión de diseños, técnicas de control y seguimiento, entre otros. Para esto se establecen herramientas que faciliten la revisión, control y seguimiento, como lo sería el archivo digital del proyecto y modelado en 3D, pues en un solo archivo o paquete se unifica el proyecto en la mayoría de sus partes haciendo más sencillo el proceso de control de los diseños, pues en él se encuentran todos sus elementos, dimensiones, valores y cantidades propuestas que deben cumplirse, así mismo los componentes de carreteras y el módulo de puentes permiten verificar en el diseño digital y los elementos que se producen en planos los valores y el cumplimiento de la norma. De la misma manera, para el control del diseño y verificación de calidad se pueden usar herramientas como Clashdetective, que permite identificar,

inspeccionar y registrar las interferencias de un modelo de proyecto, esta herramienta disminuye el riesgo de errores humanos durante la inspección del modelo y puede usarse para realizar una comprobación o control final de un proyecto ya completado, o para realizar periódicamente un seguimiento durante el proyecto. La sencillez de la tecnología BIM, que de manera automatizada permite el manejo y la integración de información constructiva por parte de los diseñadores, permite la verificación y minimiza errores al momento de lectura, control y administración de documentos, que contrario a la manera tradicional 2D, la información se encuentra integrada en un archivo y no en pilas extensivas de documentos. A su vez, estos programas facilitan para el auditor o aquel encargado del control de calidad toda la información y datos necesarios para el cálculo y su correcto uso, ya que cuenta con programas como Memorias CTE, vinculable a CYPECAD, que muestran toda la información y memorias básicas para la elaboración del diseño.

4. Alcance del diseño

Para esta categoría de factores de sobrecosto, la cual incluye el alcance del diseño, las descripciones y extensiones del trabajo que se espera realizar, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden solucionar o ayudar en aspectos que involucren cambios en el alcance, variaciones de extensión, cambios en el alcance de los estudios, temas y políticas de gobierno que modifiquen dicho alcance. Primeramente, debemos considerar el alcance como un componente dependiente de otros como el tiempo y el costo (“Aprender Compartiendo,” n.d.), y a su vez este proceso de diseño se complica cuando en él están involucradas varias partes o agentes, trabajando de manera separada y con intereses distintos, para esto BIM propone empatía y compatibilidad de algunas partes, tanto campos de acción especializada o áreas de interés, como análisis 4D y 5D, que facilita el manejo y determinación del alcance, pues al controlar todos los factores que lo

determinan se puede monitorizar y verificar el mismo, así , BIM propone herramientas para crear una estructura de desglose de tareas o WBS (Work Breakdown Structure), la cual aparte de ser una herramienta de comunicación con todos los interesados, permite analizar cada una de sus fases, descomponiendo analíticamente un proyecto en partes discriminadas, logrando elementos fáciles de manejar y menos complicados o complejos, haciendo más sencillo la determinación del alcance. De manera más particular, BIM permite capturar, modelar y visualizar las condiciones existentes, lo que permite estudiar unas bases iniciales antes de determinar el alcance, evitando errores o cambios en esta etapa. Para el sector vial, BIM ofrece herramientas como lo es el análisis del tráfico, una herramienta muy compleja y útil que modela y analiza condiciones de tráfico solicitadas, así como su impacto, optimizando zonas de congestión o estudiando propuestas de solución, lo que brinda información y datos para la determinación de la extensión del trabajo o alcance.

5. Coordinación y automatización del diseño

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye la deficiencia en la coordinación o el correcto manejo de los diseños desde diferentes áreas, así como la falta de estandarización y la repetición de manera técnica en los procesos, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden solucionar o mitigar estas falencias, primeramente para temas de coordinación se determinan herramientas como la sincronización, que puede mostrar y agrupar en un solo archivo varios campos de acción, lo que permite la unificación y con ello la facilidad en el manejo por parte de cualquier diseñador de cualquier área, a su vez, dicha sincronización es en tiempo real, esto hace referencia a que cualquier modificación de algún elemento o dato de cualquier área se mantiene y se enlaza entre aplicaciones de manera instantánea, también, se incluye como una posible solución para temas de coordinación lo que refiere al acceso seguro a los datos del

proyecto, guardando versiones del proyecto. BIM propone dos herramientas de trabajo colaborativo como lo son Vinculación y Coordinación o Subproyectos y Sincronización, la primera hace referencia a una vinculación entre sí de los diferentes modelos desde los que se desarrollan las distintas disciplinas de arquitectura, estructura o instalaciones, la segunda se refiere a la herramienta Colaborar, la cual nos permite el trabajo simultáneo de los diferentes integrantes de un equipo en un mismo modelo al que actualizamos la información desarrollada a través de la sincronización de cambios (“Flujo de trabajo colaborativo en BIM con Autodesk Revit®| Espacio BIM,” n.d.). También, se aplica el concepto de BEP (BIM Execution Plan), el cual es el plan que asegura la colaboración y cooperación de todos los agentes involucrados, asegurando el seguimiento correcto del desarrollo (“Ingenieros & Arquitectos. ZIGURAT,” n.d.), lo que un BEP correctamente implementado puede asegurar el éxito en tiempos y presupuestos. Para la automatización, BIM propone en su mayoría de campos sistemas automáticos, programables, repetitivos e instantáneos, mejorando la productividad y así la calidad, como también realizando operaciones que de manera manual pueden ser lentas y complejas, de manera particular se tienen funciones como la mayoría de procesos de Revit, que con su motor de cambios paramétricos, permite coordinar automáticamente los cambios realizados en cualquier sitio (modelo, planos, tablas, secciones, etc), también permite a partir del modelamiento, el cálculo inmediato de datos como cantidades de material y áreas, así como la producción de planos instantáneos, y en general, permite de manera eficiente la construcción de edificaciones. Otros softwares usados en proyectos viales, como Infracore, se rigen por los mismos principios de automatización, permitiendo la realización de modelos, planos, tablas, y análisis de mallas viales de manera rápida y repetitiva, siguiendo estándares y convenciones, haciendo así, proyectos automatizados.

6. Completa planificación y diseño

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye la completa realización del diseño y la planificación, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar falencias en diseños incompletos para el tiempo solicitado, incorrecto desarrollo del diseño, dibujos y planos sin su totalidad de elementos, un desarrollo del proceso de planificación incompleto o inconcluso, entre otros. Para esto, este tipo de tecnología trabaja con componentes, como los componentes de carreteras hablando de proyectos viales, que permite separar paquetes de funciones relacionadas, y manejar por separado cada elemento del diseño, por lo que si se encuentra un plano, diseño o dibujo incompleto, puede tratarse directamente desde el respectivo software y modificar la falencia, a su vez, al tener un sistema colaborativo en todas sus partes, se es más fácil y accesible que cualquier diseño o plano inconcluso de cualquier campo de acción se termine o se complete, pues se tiene un archivo unificado que es de fácil envío y manejo.

7. Complejidad en el diseño

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye la alta complejidad en el diseño que complican la construcción y realización de estos e intrínsecamente los costos, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar falencias en planos y dibujos complejos, innovación complicada, imprácticos diseños, y respuestas alternativas difíciles de realizar. Para esto, este tipo de tecnologías permite bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas en el contexto de las condiciones existentes, que brinda al diseñador diferentes opciones o soluciones de las cuales puede obtener datos y valores como cantidades, análisis 4D y 5D, para tiempo y costos respectivamente, factibilidad de los diseños, realización respecto al entorno, intentando idealizar bajo parámetros reales dichas soluciones, si es un proyecto vial se puede incluir un análisis del tráfico para la determinación de la complejidad necesaria en el diseño, análisis de

sombras e iluminación para determinar si es posible abastecer estos elementos satisfactoriamente, de la misma manera un modelo de drenajes y simulación de inundación, determinarían si aquellas soluciones son precisas o ineficientes, y todo lo anterior brindaría datos y generaría conclusiones en el diseñador y las diferentes partes. En general, estas herramientas permiten evaluar de manera rápida la viabilidad y factibilidad en cualquier tipo de diseño y campo de acción, lo que evitaría posteriores problemas, dificultades o desconocimiento en temas de complejidad en los diseños.

8. Documentos de diseño y planificación

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye todo tipo de complicaciones en los documentos de diseño y planificación, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar falencias en documentos como planos, memorias, especificaciones y dibujos de diseño, aprobación, especificaciones técnicas, ambigüedades, inconsistencias, estándares, incompatibilidades, entre otras. Para esto, esta tecnología cuenta con la capacidad de producción de planos y dibujos desde cualquier perspectiva, con todas las opciones de modificación de parámetros exigidos por norma, con capacidad de administrar especificaciones, tablas, márgenes, rótulo, escala, referencias, y cualquier elemento contenido en los planos de manera inmediata. BIM a su vez detecta errores y muestra inconsistencias a la hora de producción de planos, con herramientas que muestran interferencias o conflictos, evitando errores al momento de la presentación de documentos. En cuanto a las memorias de cálculo, esta tecnología ofrece programas como CYPECAD, que permite el análisis, cálculo y dimensionamiento en la estructura, tanto en hormigón armado como metálicas, siendo una herramienta BIM de ayuda para la elaboración y comprobación de cálculos. A su vez, programas como el mencionado anteriormente, tienen en cuenta criterios de normas específicos para determinadas funciones, lo que hace de todos los documentos un filtro para la aprobación según criterios normativos. La documentación

obtenida por parte de estas herramientas abarca desde planos, en diferentes formatos, tamaños, estándares, como listados, que muestran con facilidad todos los datos introducidos y resultados, listados de obra, combinaciones usadas en el cálculo, mediciones, cuantías, cargas, entre otros. Programas como Memorias CTE, importan de CYPECAD y demás programas, los datos e información necesaria para lograr apartados y memorias básicas del proyecto, todos estos bajos estándares predeterminados normativos.

9. Estimación del tiempo

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye errores, dificultades, y complicaciones en el proceso de una adecuada estimación del tiempo, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar falencias en una mala administración el tiempo planeado para la construcción del proyecto, deficiencias y subestimación en la estimación, planeación incorrecta del tiempo y estimaciones fuera de la realidad. Para esto, esta tecnología proporciona una herramienta valiosa como lo es TimeLiner, la cual permite vincular un modelo a una programación de construcción visual basada en el tiempo y el costo, la herramienta añade la simulación y análisis en tiempo real, conectando tareas y comparando fechas planeadas, programando la hora de inicio y la duración de las tareas del proyecto, ayudando en la planificación desde el inicio, para la estimación, y durante la realización, para el control, a su vez, esta función se actualiza automáticamente si el modelo se modifica, brindando aún más comodidad y ayuda para todas las partes involucradas. De la misma manera, una herramienta como ClashDetective, en el software Navisworks, la cual permite identificar, inspeccionar y registrar de forma efectiva las interferencias o conflictos en el modelo, así pues, al combinar las funcionalidades de esta herramienta con TimeLiner, se podrá comprobar si existen conflictos basados en el tiempo del proyecto, para tener la claridad y seguridad en el modelo y así establecer una estimación final.

Programas BIM, con herramientas 4D, disponen de funciones para elaborar la planificación como SYNCHRO y otros necesitan que la planificación sea importada como en el caso de NAVISWORKS, sin embargo, en ambos casos se propone un manejo de la planificación de manera digital, ordenada y visual, haciendo que cada elemento del modelo BIM se vincule con la programación de obra, por lo que se puede llevar un control de las fases, ajustando tiempos de acuerdo con el modelo. Asimismo, pueden visualizarse los avances de los trabajos realizados de forma automática.

10. Estimación del costo

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye falencias en una adecuada estimación y planeación del costo del proyecto, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar deficiencias en la estimación, errores en la estimación, omisiones e incorrectas cantidades, reportes incorrectos, mala escogencia del método de estimación del costo, malas técnicas y prácticas, deficiencias en el monitoreo y control de dicha estimación. Para esto, esta tecnología implementa la estimación 5D, la cual es un modelo BIM vinculado a la estimación del costo de construcción mediante la evaluación de factores como cantidades de material, los cuales son generados de manera automática desde el modelo en sí. De esta manera, al brindar una programación del costo, se logra manejar y variar múltiples estimaciones para lograr comparaciones rápidas, así mismo, al estar vinculado a todas las demás funciones, se permiten cambios de diseño, y con esto, se permite re-calcular costos a medida que el proyecto se desarrolla, obteniendo reportes continuos con las posibles variantes y correcciones, y con ellos su impacto en el balance general de manera inmediata, siendo una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Al entender los impactos rápidamente, con mejor comprensión de viabilidad del diseño, se evitan futuras fases costosas de cambios alrededor del proyecto, también, la importancia

de cálculos inmediatos como cantidades, configuración y administración de materiales, hacen de la estimación un proceso más sencillo.

11. Cronograma

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye falencias en la realización de un cronograma y calendario de actividades a completar, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar deficiencias en inicio tardío de un proceso de planificación, retraso en la aprobación del diseño, aprobación de dibujos, incorrecto cronograma por parte de contratistas, mala planificación de cualquier actividad. Para esto, esta tecnología permite con una simulación de la construcción 4D y 5D, realizar el denominado Gantt, que define las etapas y actividades que se deben ejecutar para la construcción de una edificación (Administración & Producción, 2014), siendo este un documento complejo, que a su vez se hace difícil para la revisión de este, donde al final, un error en él puede generar sobre costos, consecuencia de la corrección, riesgos, detención o atrasos en lo planeado. Este análisis 4D, permite vincular el modelo 3D de una edificación con el cronograma de obra, con el fin de recrear el proceso constructivo (Navisworks). Este último software, NAVISWORKS, permite realizar un vínculo con el programa MS Project, usado para la realización de cronogramas de obra, y su herramienta TimeLiner, para manejar, estudiar y modelar el proyecto bajo un cronograma de obra estipulado.

12. Constructibilidad

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye falencias en la constructibilidad del proyecto, realización de los diseños, técnicas y procesos planteados, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar deficiencias en diseños inconstruibles, una realización irrealista del plan, integración entre el diseño y la construcción, materiales inadecuados, soluciones inadecuadas, entre otras. Para esto, esta tecnología cuenta con funciones

como bosquejar, evaluar y modificar rápidamente alternativas siguiendo siempre el contexto de condiciones existentes, la cual permite dar una visión al diseñador a diferentes partes, de la proximidad del proyecto a la realidad, analizando el impacto de determinada alternativa y su viabilidad, de la misma manera funcionaría con la simulación de la construcción, la cual brindaría datos para el respectivo análisis de factibilidad por parte del diseñador. A su vez, con análisis 4D y 5D, se podría determinar si bajo unos parámetros de presupuesto se es posible llevar a cabo el proyecto, o por el contrario, no es rentable la realización de este.

13. Software y tecnología

Para esta categoría de factores de sobre costo, la cual incluye falencias en criterios tecnológicos usados en la etapa de diseño y planificación, se proponen una serie de soluciones BIM que pueden ayudar a mitigar deficiencias en el correcto uso de software apropiados para las diferentes etapas y el uso y manejo de nuevas tecnologías. Para evitar malas prácticas de nuevas tecnologías, errores de software y demás, BIM brinda herramientas como Clashdetective, la cual permite evaluar si se usó de manera adecuada el programa o software, al identificar errores o conflictos de interferencia por parte de algún agente involucrado en el archivo de diseño. A su vez, la producción de memorias básicas de datos e información en diferentes programas BIM, permiten la verificación del modelo y el correcto análisis en los diferentes softwares, evitando errores y malos cálculos.

3. Conclusiones

Se determinó mediante una revisión sistemática desde 1985 hasta 2017 de 35 reconocidas revistas 76 artículos como evidencia, los cuales son tabulados y ordenados mostrando autores, revista, año de publicación, región, principales factores de sobre costo, principales categorías de clasificación, entre otros, de los cuales se obtienen 129 factores de sobre costo diferentes y únicos ya comprobados por diferentes autores, métodos, encuestas y estadísticas, logrando entender el alza en costos respecto a lo presupuestado en la etapa de diseño y planificación de obras viales desde todas sus partes, abarcando todas las razones, causas o motivos que se pueden presentar, determinando una lógica alza en la cantidad de artículos del tema en investigación con respecto al tiempo, al igual que una notoria diferencia en cuanto a regiones en estudio por dichos artículos, de los cuales la gran mayoría abarca en primer lugar países asiáticos, seguido de africanos, europeos y finalmente oceánicos y americanos.

Se concluye la proposición de una serie de trece categorías para la clasificación de los factores de sobre costo relacionados con la etapa de diseño y planificación de proyectos viales únicas y excluyentes, basadas en la literatura seleccionada la cual muestra diferentes propuestas de clasificación, categorías y sub categorías, y en base al criterio del investigador y director, de tal manera que se abarque la totalidad de los factores obtenidos, estas categorías son: “Design - Planning/ Changes, Design - Planning/ Errors, Design - Planning/ Control, Scope Design, Design Coordination & Automation, Design - Planning/ Complete, Design complexity, Design - Planning/ Documents, Time Estimation, Cost Estimation, Design -Planning/ Schedule, Constructability,

Software & Technology”. A partir de estas categorías propuestas se clasificó la totalidad de los factores de sobrecosto reportados en la literatura, que tratan desde todo tipo de problemas en los diseños, planificación, constructabilidad, viabilidad, factores externos, diferentes partes involucradas, documentos y demás, mostrando de manera tabulada los resultados de los 129 factores en las 13 categorías.

Se identificó un conjunto de soluciones BIM para la mitigación de los factores de sobre costos clasificados, donde inicialmente se determinó una gran variedad de funciones de esta tecnología para así seleccionar aquellas con posible uso durante la etapa de diseño y planificación de obras viales, para la obtención de funciones como posible solución a las diferentes razones de alza en costos. Se mostró de manera tabulada y discriminada aquellas herramientas BIM que pueden ser usadas para determinada categoría de factores de sobre costo, y a su vez se describió cómo y de qué manera dicha función solucionaría diferentes aspectos negativos en el proyecto. Sin embargo, se dejó ver como algunos factores de sobre costo, especialmente aquellos que dependen únicamente de agentes externos, como aprobaciones o avales por parte de diferentes entes, no pueden ser solucionados con este tipo de tecnología, al igual que la calidad de las partes involucradas y la toma de las decisiones correctas de estos, pues no dependería directamente de ninguna manera de las herramientas de la tecnología BIM. Se concluye de manera general un balance positivo de esta tecnología como solución a los problemas de sobre costo en la etapa de diseño y planificación en obras viales, al brindar numerosas ayudas y herramientas que pueden mitigar, ordenar, simplificar y en general, mejorar la calidad del proyecto, las cuales están descritas en este artículo.

Referencias Bibliográficas

Administración, M., & Producción, D. (2014). TRABAJO FINAL.

Alzahrani, J. I., & Emsley, M. W. (2013). The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation. *International Journal of Project Management*, 31(2), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006>

Apolot, R., Alinaitwe, H., & Tindiwensi, D. (2011). An Investigation into the Causes of Delay and Cost Overrun in Uganda's Public Sector Construction Projects, 18(2), 305–312.

Aprender Compartiendo. (n.d.). Retrieved from <https://aprendercompartiendo.com/triple-restriccion-proyecto/>

Asmi, A., Azis, A., Memon, A. H., Rahman, I. A., Tarmizi, A., & Karim, A. (2013). Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia, 5(8), 2621–2629.

Authors, F. (2017). Article information : Major causes of construction time and cost overruns : a case of selected educational sector projects in Ghana Introduction.

Beltrán, Ó. (2015). Revisiones Sistemáticas de la Literatura. *Rev. Colomb. Gastroenterol*, 20(1), 60–69.

Borrmann, A., Kolbe, T. H., Donaubauer, A., Steuer, H., Jubierre, J. R., & Flurl, M. (2014). Multi-scale geometric-semantic modeling of shield tunnels for GIS and BIM applications. *Comput. Civ. Infrastruct. Eng.*, 30, 263–281.

CCI, & SCI. (2013). Los factores que afectan el buen desarrollo de las obras en el país, 3.

Clavijo García, H. A., Álzate Ospina, M. A., & Mantilla Meza, L. (2014). Análisis Del Sector De Infraestructura En Colombia, (1679397), 11.

- D.L., H., & Antonio Torres, F. (2014). Criterios para publicar artículos de revisión sistemática Publishing criteria for systematic review articles. *Esp, Rev*, 19, 393–399.
- Duy, N., & Ogunlana, S. (2004). PROJECT Large construction projects in developing countries : a case study from Vietnam, 22, 553–561. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.03.004>
- Enshassi, A. (n.d.). Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. <https://doi.org/10.1108/13664380910977592>
- Fisioterapia, P. De. (2013). Una propuesta metodológica para la conducción de revisiones sistemáticas de la literatura en la investigación biomédica, 1(1), 61–73.
- Flujo de trabajo colaborativo en BIM con Autodesk Revit®| Espacio BIM. (n.d.). Retrieved from www.espaciobim.com/flujo-trabajo-colaborativo-bim-revit/
- Ingenieros & Arquitectos. ZIGURAT. (n.d.). Retrieved from <https://www.e-zigurat.com/blog/es/bim-execution-plan-bep-cuando-se-utiliza/>
- KPMG. (2015). Climbing the curve, 2015 Global Construction Project Owner's Survey. *Kpmg*, 1–36.
- Marzouk, M., & Aty, A. A. (2012). Maintaining Subways Infrastructures using BIM. *Constr. Res. Congr.*, 2320–2328.
- Medina, E. U., Mauricio, R., & Pailaquilén, B. (2010). La revisión sistematica y su relación con la práctica basada en la evidencia en salud, 18(4).
- Mejía, G., Leguizamo, N. E., Alejandro, L., & Hernández, R. (2017). Characterizing construction project overruns by region : A systematic review from 1985 to 2016 Caracterización de los sobrecostos en proyectos de construcción de acuerdo con la localización geográfica : Una revisión sistemática entre 1985 y 2016, 24–35.
- Moura, H. P., Teixeira, J. C., & Pires, B. (2007). Dealing With Cost and Time in the Portuguese Construction Industry, (1999), 1252–1265.

Operativa, F., & Planificaci, D. E. (n.d.). Guia para una revision sistemática, 1–3.

Pic, E. C. (2008). *Introducción a la tecnología bim*.

Picó, E. C., & Por, P. (2008). *Introducción a La Tecnología Bim*.

Sayed, M., Ahmed, B., El-karim, A., Aly, O., El, M., & Abdel-alim, A. M. (2015). Identification and assessment of risk factors affecting construction projects. *HOUSING AND BUILDING NATIONAL RESEARCH CENTER*. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2015.05.001>

Serrano Cuervo, A. (2014). *Corrupción en la Contratación Pública en Colombia*, 37.

Shou, W., Wang, J., Wang, X., & Chong, H. Y. (2015). A Comparative Review of Building Information Modelling Implementation in Building and Infrastructure Industries. *Arch. Comput. Methods Eng.*, 22(2), 291–308.

Tendencias, L. A. S., Las, R. D. E., Latinoamericanas, E., Algunos, D. E. M. Y., & Factores, D. E. S. U. S. (1971). Consejo economico y social.

Universidad de San Buenaventura de Medellín. Facultad de Ingenierías, J. A. Z., & Londoño, G. J. C. (2012). Revista ingenierías USBMed. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 70–84.

Vanegas, J. J., & Civil, I. (2016). *METHODOLOGY COST CONTROL BUDGET IN*.