

**Modelo BIM (Building Information Modeling) para el Análisis de Riesgos Laborales y la
Incorporación de Medidas Preventivas en la Construcción de Viviendas Unifamiliares.**

Caso Simulado en el Municipio de Villapinzón Cundinamarca

María Consuelo Deaza Mora, Cindy Yibe Briceño Penagos y Mariluz Deaza Mora

Facultad de Posgrados, Escuela Colombia de Carreras Industriales (ECCI)

II-04471: Seminario de Investigación

Mgtr. Luz Marleny Moncada Rodríguez

Abril 5 de 2021

Universidad Escuela Colombia de Carreras Industriales (ECCI)

Sede Bogotá

Tabla de contenido

Introducción	7
Resumen.....	8
1. Problema de Investigación.....	10
1.1. Descripción del problema	10
1.2. Formulación del Problema	13
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo General.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. Justificación y delimitación	15
3.1. Justificación	15
3.2. Delimitación.....	17
4. Marcos de Referencia	19
4.1. Estado del arte.....	19
4.2. Marco Teórico.....	34
4.3. Marco Legal.....	48
5. Marco Metodológico.....	54
5.1. Recolección de Información.	56
6. Resultados	67
6.1. Investigación	67
6.2. Análisis de Resultados de la Investigación	71
6.3. Generación del Modelo de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	76
7. Análisis Financiero	99
7.1. Multas y Sanciones	107
8. Conclusiones y Recomendaciones	108
8.1. Conclusiones	108
8.2. Recomendaciones	110
9. Bibliografía	112
10. Anexos	120

Lista de figuras

Figura 1 Porcentaje AT en el sector de la construcción	15
Figura 2 Tasa de AT en Colombia 2020.....	16
Figura 3 Funcionamiento de la metodología BIM.....	35
Figura 4 Publicaciones relevantes.....	38
Figura 5 Porcentaje de Publicaciones Según País de Publicación.....	39
Figura 6 Impacto de BIM en la SST	39
Figura 7 Implementación de la metodología BIM en el mundo	40
Figura 8 Dimensiones de la metodología BIM.....	43
Figura 9 Medidas de beneficio BIM (Building Information Modeling).....	48
Figura 10 Identificación de Peligros en el Caso Simulado de la Vivienda Unifamiliar	57
Figura 11 Nivel de Probabilidad y Consecuencia del proyecto.....	61
Figura 12 Modelo 3D de Vivienda Unifamiliar.....	70
Figura 13 Programación de obra.....	76
Figura 14 Creación de Parámetros de Seguridad Industrial	78
Figura 15 Creación de Parámetros de Seguridad Industrial	78
Figura 16 Identificación de los Riesgos en el Modelo 3D.....	79
Figura 17 Incorporación de Valores de Nivel de Deficiencia, Nivel de exposición etc	80
Figura 18 Ejemplo de la evaluación de riesgos mediante Dynamo	82
Figura 19 Código de colores según la GTC 45.....	85
Figura 20 Filtros de Visualización del Nivel de Riesgo de Trabajo en Alturas	86
Figura 21 Evaluación del Riesgo de Trabajo en Alturas	87
Figura 22 Niveles de Riesgo en Todas las Etapas de Construcción del Nivel 1 y 2	88
Figura 23 Creación de Familias de Protección	88
Figura 24 Creación de Barandillas de Protección.....	90
Figura 25 Creación de Andamios	91
Figura 26 Creación de Elementos de Protección Personal	92
Figura 27 Creación de Señalización de Emergencia	93
Figura 28 Vinculación de Medidas Preventivas en el Modelo 3D	94
Figura 29 Procedimiento en Caso de Accidentes de Trabajo	95
Figura 30 Ficha Técnica Pulidora.....	96
Figura 31 Modelo 8D de Seguridad y Salud en el Trabajo	97
Figura 32 Curva S de costos de implementación de SST aplicando metodología BIM	105
Figura 33 Curva S de costos de implementación de SST con la metodología tradicional	106

Lista de tablas

Tabla 1 Diagrama de Gantt	55
Tabla 2 Descripción de etapas del proyecto.....	71
Tabla 3 Priorización de Matriz de Peligros.....	74
Tabla 4 Identificación de riesgos en la etapa de construcción	80
Tabla 5 Identificación de riesgos en la etapa de mampostería.....	81
Tabla 6 Evaluación de Riesgos de Trabajo en Alturas	83
Tabla 7 Evaluación del Riesgo de Trabajo en Alturas	84
Tabla 8 Análisis Financiero	99
Tabla 9 Multas y sanciones.....	92

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Problemática del sector de la construcción	12
Ilustración 2 Procedimiento de identificación de peligros mediante la metodología BIM	62
Ilustración 3 Clasificación de los elementos en Revit.....	65

Anexos

Anexo 1 Clasificación de peligros.....	105
Anexo 2 Matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos.....	106
Anexo 3 Diagrama de Gantt.....	107
Anexo 4 Planeación de la seguridad y salud en el trabajo aplicando la metodología BIM.....	108

Introducción

El sector de la construcción en Colombia contribuye significativamente a la generación de empleo, a través de diferentes proyectos, según los datos de Camacol, se crean aproximadamente 720.000 puestos de trabajo cada año. Sin embargo, este sector también contribuye con altos índices de accidentalidad cada día teniendo en cuenta que las actividades que se realizan casi siempre representan un riesgo para los trabajadores. En la gran mayoría de las obras o proyectos se cuenta con mano de obra calificada o con personal con experiencia para el desarrollo de las diferentes tareas, las empresas algunas veces suministran elementos y equipos de protección personal, sin embargo, esto no garantiza que los trabajadores estén exentos de los riesgos laborales.

A pesar de todos los esfuerzos realizados por diferentes entidades para disminuir los índices de accidentalidad en este sector, no se ha logrado una reducción significativa de los peligros presentes en las áreas de trabajo. La mayoría de las empresas del sector de la construcción cuentan con sistemas de seguridad y salud en el trabajo, pero muchas veces estos no se implementan en su totalidad, solo se elabora con el fin de cumplir con unos requisitos legales exigidos por las entidades competentes o por las interventorías de los proyectos, quedando todos los programas y medidas del sistema plasmadas simplemente en papel y dejando de lado la seguridad de los trabajadores. Por esta razón, en este trabajo de investigación se pretende presentar una propuesta de un modelo con la metodología BIM (Building Information Modeling) para el análisis de riesgos laborales y la incorporación de medidas preventivas en la construcción de viviendas unifamiliares. Caso simulado en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, con el fin de dar a conocer esta alternativa en el sector de la construcción la cual contribuye a la minimización o eliminación de los riesgos desde la etapa de diseño de un proyecto.

Resumen

El propósito de este trabajo fue realizar el modelo de seguridad y salud en el trabajo, aplicando la metodología BIM (Building Information Modeling) para el análisis de riesgos laborales y la incorporación de medidas preventivas.

El modelo se realizó teniendo en cuenta la metodología BIM, la Guía Técnica Colombiana GTC 45 de 2012 y la implementación de softwares Autodesk Revit, Ms Project y Dynamo. Para el desarrollo del proyecto inicialmente se tomó el modelo 3D de la vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, se realizó la identificación de riesgos teniendo en cuenta las etapas del proyecto, se llevó a cabo la planificación de la obra por medio del programa Ms Project, se crearon parámetros de seguridad industrial (nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de consecuencia, nivel de probabilidad, etc.) en el modelo 3D para cada uno de los elementos de la obra, se realizó identificación de riesgos en el modelo 3D a través del software Revit y la evaluación de estos mediante el software Dynamo, después se generaron tablas para realizar la valoración de los riesgos, posteriormente se crearon familias de protección como cerramiento de obra, barandillas, señalización preventiva y vinculación de medidas preventivas como procedimientos de trabajo, fichas de seguridad y finalmente se generó el modelo 8D de seguridad y salud en el trabajo. Según los resultados obtenidos se identificó que, durante la ejecución de la vivienda, los trabajadores están expuestos a riesgos biológicos, físicos, biomecánicos y de condiciones de seguridad (trabajo en alturas). Para realizar el modelado se tomó el peligro de trabajo en alturas ya que este es el más representativo en cada una de las etapas del proyecto.

Palabras clave: Metodología BIM, modelo, vivienda, peligros, prevención.

Abstract

The purpose of this work was to carry out the occupational health and safety model, applying the BIM (Building Information Modeling) methodology for the analysis of occupational hazards and the incorporation of preventive measures.

The model was made taking into account the BIM methodology, the Colombian Technical Guide GTC 45 of 2012 and the implementation of Autodesk Revit, Ms Project and Dynamo software. For the development of the project, initially the 3D model of the single-family house located in the municipality of Villapinzón Cundinamarca was taken, the identification of risks was carried out taking into account the stages of the project, the planning of the work was carried out through the program Ms Project, industrial safety parameters were created (level of deficiency, level of exposure, level of consequence, level of probability, etc.) in the 3D model for each of the elements of the work, identification of risks was carried out in the 3D model through the Revit software and the evaluation of these using the Dynamo software, then tables were generated to perform the risk assessment, later protection families were created such as work enclosures, railings, preventive signage and linkage of preventive measures such as work procedures, safety sheets and finally the 8D model of safety and health at work was generated. According to the results obtained, it was identified that, during the execution of the house, the workers are exposed to biological, physical, biomechanical and safety risks (work at heights). To carry out the modeling, the risk of working at heights was taken as this is the most representative in each of the stages of the project.

Key words: BIM methodology, model, housing, hazards, prevention.

1. Problema de Investigación

1.1. Descripción del problema

La construcción es un sector que genera un alto número de empleos a nivel mundial en obras de vivienda, vías, represas, servicios de energía, telecomunicaciones y edificaciones no residenciales. En Colombia este sector es uno de los más representativos ya que según Camacol se generan aproximadamente 720.000 empleos cada año.

Sin embargo, al ser un sector representativo en cuanto a número de empleos de igual forma se reporta mayor índice de accidentalidad. Según datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se estima que se producen más de un millón de muertos en el trabajo al año y cientos de millones de trabajadores son víctimas de accidentes en el lugar de trabajo a nivel mundial. Por otro lado, la Organización Mundial del Trabajo asegura que este indicador varía de acuerdo al país donde se desarrolle cada actividad, siendo los países en desarrollo uno de los más afectados debido a la falta de conciencia, compromiso por parte de los empleadores, trabajadores y coberturas en el sector salud.

Para el mes de septiembre del año 2017, según el ministerio de trabajo la accidentalidad en el sector de la construcción alcanzó un 10,5%, sumando 66.604 accidentes, según cifras suministradas por parte de las administradoras de riesgos laborales ARL.

Para este mismo año Fasecolda registró que en el sector de la construcción se registraron 88.102 casos de accidentes en el país. (LR, La República, 2018).

Por otra parte, en el año 2018, según cifras aportadas por la federación de aseguradores colombianos (Fasecolda) el sector de la construcción se ubica en el cuarto lugar de las

actividades más riesgosas, indicando que por cada 100 trabajadores se registra un 9,1% de accidentes.

En el año 2019 según el informe suministrado por Comisiones Obreras Oficialmente la Confederación (CCOO) de Construcción y servicios recoge, según sus propios datos, entre el periodo de enero y mayo de 2019 se registraron 28.970 accidentes en el sector de construcción, frente a los 25.168 en el mismo periodo del año 2018, suponiendo un incremento de la accidentalidad en la construcción de un 15,1%. Especificando también que el 41,0% de los accidentes mortales se han producido por caída a distinto nivel (caídas en alturas), de éstos un 30% se generaron por caídas de andamios y finalmente resalta que los atrapamientos son la segunda forma en la que se producen los accidentes mortales en la construcción.

Según el informe del observatorio de la seguridad y salud en el trabajo del consejo colombiano (CCS) en el primer semestre del 2020 el sector económico de la construcción ocupa el sexto lugar con una tasa de 100 trabajadores equivalente al 2,77% de accidentalidad y una tasa por 100.000 trabajadores lo que equivale a un 3,28% de muertes.

Actualmente, en la mayoría de los proyectos de construcción no se realiza una identificación de los peligros detalladamente, ni se implementa el Sistema de seguridad y salud en el trabajo en su totalidad lo que conlleva a que el índice de accidentalidad aumente.

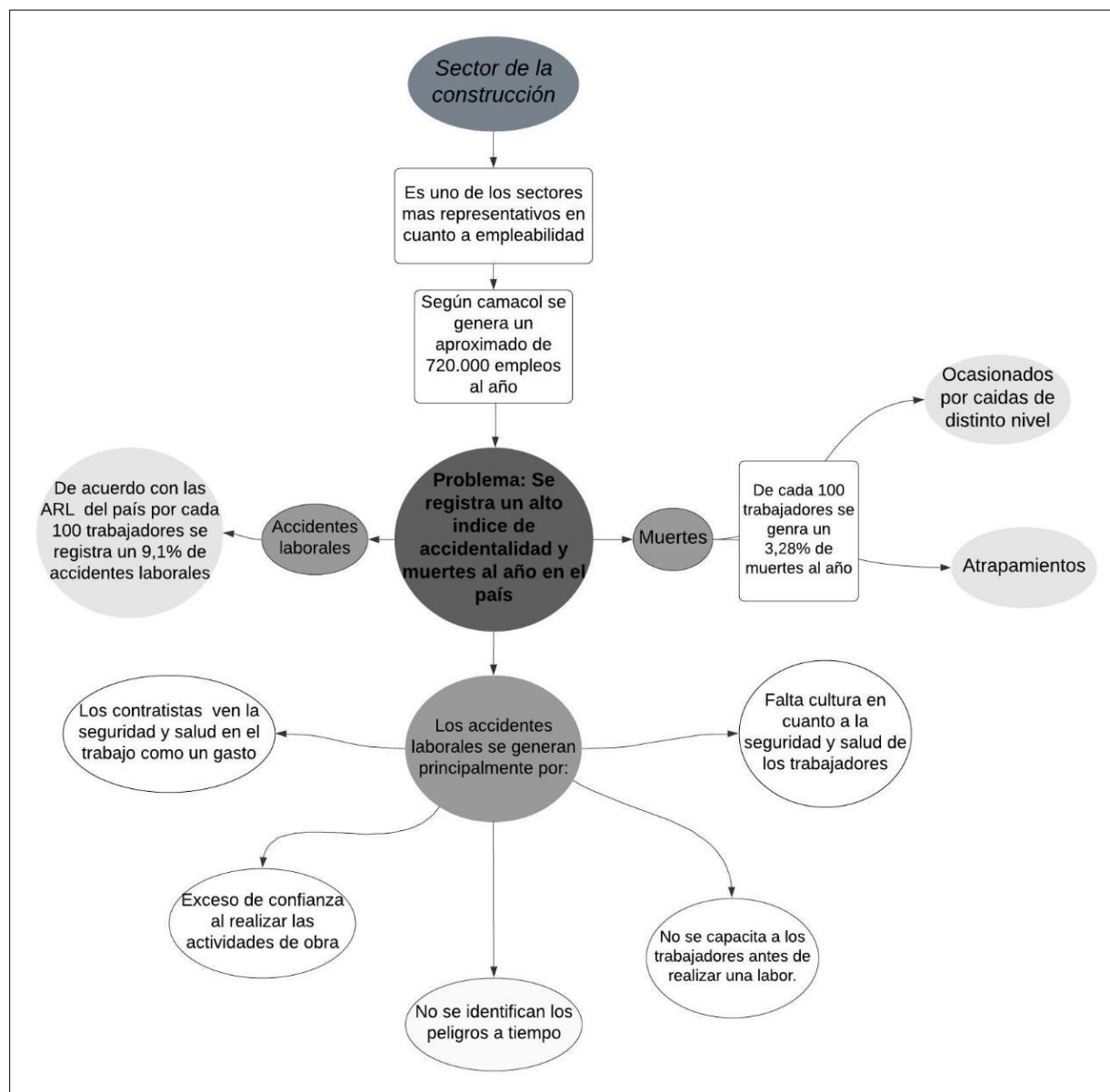
1.1.1 Enunciado del Problema

Actualmente en Colombia la construcción presenta una alta tasa de accidentalidad, la mayoría de los accidentes de trabajo son mortales y se presentan bajo el desarrollo de actividades en alturas, incidiendo así en ocupar el cuarto lugar de los sectores económicos con mayor índice de víctimas a nivel laboral.

A continuación, se describe la problemática relacionada a índices de accidentalidad en el sector de la construcción:

Ilustración 1

Problemática del sector de la construcción



Fuente: elaboración propia. (2021)

1.1.2 Delimitación o Alcance del Problema

El alcance de esta investigación es la identificación de riesgos laborales presentes en el sector de la construcción y la incorporación de medidas preventivas mediante nuevas metodologías que permitan la minimización o eliminación de los peligros que pueden afectar la salud de los trabajadores.

1.2. Formulación del Problema

Teniendo en cuenta la problemática que se presenta en las actividades diarias que realizan los trabajadores en la construcción de viviendas, es necesario implementar nuevas metodologías que permitan identificar los peligros presentes antes de dar inicio al proyecto. Es por esto que se pretende dar respuesta al siguiente interrogante:

¿Cómo en la construcción de una vivienda unifamiliar se puede realizar el análisis de los riesgos laborales y la incorporación de medidas preventivas desde la etapa de diseño del proyecto que permitan la detección, eliminación o minimización de los peligros presentes en la construcción?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar la propuesta del modelo de seguridad y salud en el trabajo, aplicando la metodología BIM (Building Information Modeling) para el análisis de riesgos laborales y la incorporación de medidas preventivas en la construcción de la vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la identificación de peligros, valoración y evaluación de los riesgos presentes en la construcción de una vivienda unifamiliar utilizando la Guía Técnica Colombiana GTC 45 de 2012.
- Parametrizar cada una de las variables de determinación del nivel de riesgo en el modelo 3D de la vivienda unifamiliar utilizando los softwares de modelado.
- Realizar la simulación del Modelo 8D con la metodología BIM (Building Information Modeling) incorporando medidas preventivas para minimizar los riesgos laborales en cada una de las fases del proyecto de la vivienda unifamiliar.

3. Justificación y delimitación

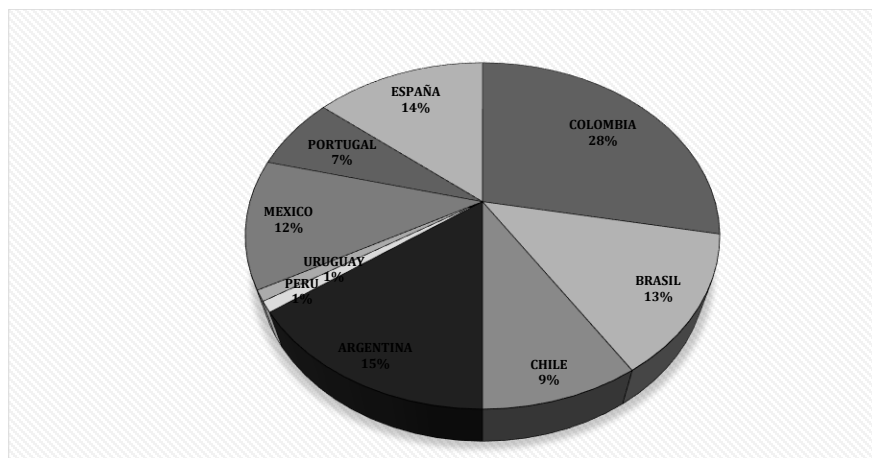
3.1. Justificación

A nivel mundial se presentan innumerables accidentes y fallecimientos derivados de la actividad laboral, siendo el 30% de estos siniestros atribuidos a las actividades de construcción de obras civiles, de acuerdo con un estudio realizado por la revista de ingeniería de construcción, se observa que Colombia es uno de los países que más registra accidentalidad a nivel laboral. (ver figura 1).

Porcentaje AT en el sector de la construcción a nivel mundial para los años 2017 a 2019

Figura 1

Porcentaje AT en el sector de la construcción a nivel mundial para los años 2017 a 2019



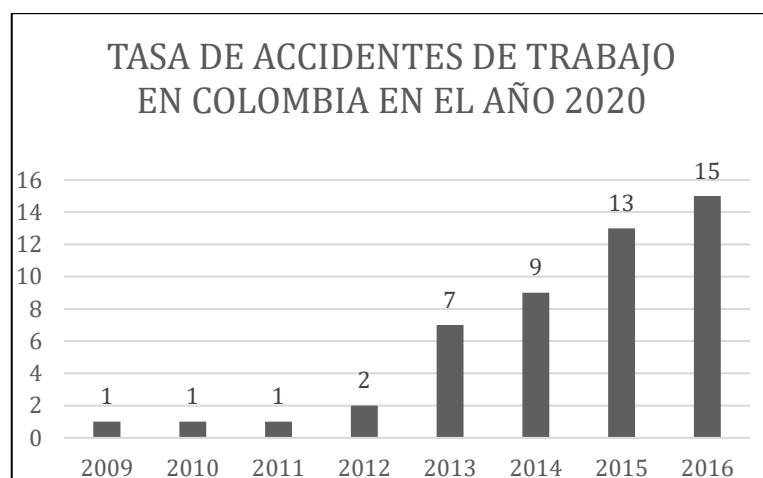
Fuente: Hernández (2020)

Teniendo en cuenta las estadísticas presentadas por Fasecolda en cuanto al índice de accidentalidad laboral en Colombia en el año 2020 de todos los sectores del país (ver gráfica No. 2), se evidencia que las actividades de construcción ocupan el tercer lugar con un 9,16%, siendo

este uno de los sectores que presenta mayor riesgo para los trabajadores debido a la falta de conciencia tanto de los empleados como los empleadores.

Figura 2

Tasa de AT en Colombia 2020



Fuente: Fasecolda (2020)

De acuerdo con los datos anteriores es posible analizar que el índice de siniestralidad es ocasionado por el incumplimiento de las normas establecidas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, es por esto que surge la necesidad de implementar una metodología que permita la identificación de estos peligros antes de la ejecución de cualquier proyecto, por lo tanto se propone el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) ya que esta se fundamenta en ser colaborativa interdisciplinaria que junta herramientas, procesos y tecnologías digitales permitiendo generar información y documentación sobre el proyecto durante todo el ciclo de vida, teniendo una gran incidencia sobre la prevención de riesgos laborales durante la etapa del diseño. (Cortés et al., 2019)

A pesar que esta tecnología es nueva para el país, se pretende que las empresas dedicadas al sector de la construcción adopten esta metodología de tal forma que se minimicen

aquellas deficiencias en la identificación de peligros, así como la comunicación entre trabajadores, coordinadores y contratistas trayendo grandes beneficios para cada una de las partes, adicionalmente con esta metodología se busca prevenir y reducir los accidentes de trabajo, generando mejores condiciones laborales y calidad de vida para los trabajadores, optimizando las actividades de cada proyecto y lo más importante cumplir los deberes, derechos y obligaciones que se establecen en cada una de las leyes, decretos y resoluciones en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Se espera que la información brindada en esta investigación pueda ser fuente de consulta para las diferentes empresas del sector de la construcción, sirviendo como referencia para tomar medidas de prevención y promoción antes y durante la ejecución de un proyecto. Igualmente, con esta investigación se pretende que esta metodología sea conocida e implementada con mayor interés en todos los sectores productivos de Colombia.

3.2. Delimitación

El alcance de este proyecto es la identificación de riesgos laborales mediante un modelo digital de seguridad y salud en el trabajo utilizando el software Autodesk Revit con el fin de analizar los riesgos laborales y presentar las medidas preventivas desde la etapa de diseño que permitan minimizar los peligros en la construcción de una vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, para el desarrollo de este proyecto se recopila información primaria, secundaria y terciaria tanto a nivel nacional como internacional en temas referentes al uso e implementación de la metodología BIM.

3.3. Limitaciones

Por tratarse de un estudio teórico no se realizará la implementación en el proyecto de investigación.

En el presente estudio surgió una serie de limitantes como fue el acceso a la información sobre la metodología BIM en la seguridad y salud en el trabajo, esto debido a que esta metodología es usada principalmente en Estados Unidos y Europa, mientras que en Colombia su implementación es muy limitada debido al costo y tiempo que conlleva realizar este tipo de modelos.

Para el desarrollo del modelo base se debe contar con profesionales especializados en todas las áreas de la ingeniería civil (especialista eléctrico, hidrosanitario, estructural y profesional en seguridad y salud en el trabajo), debido a que esta metodología se caracteriza por ser colaborativa por parte de todas las disciplinas que intervienen en el desarrollo de una construcción.

4. Marcos de Referencia

4.1. Estado del arte

Actualmente la aplicación de la metodología BIM se está utilizando en diferentes proyectos de construcción permitiendo realizar la estructuración de procesos, herramientas con el fin de lograr gestionar la información de manera eficaz y lograr un trabajo colaborativo con cada uno de los profesionales de las áreas intervinientes. En este espacio se describen algunos de los trabajos, experiencias e investigaciones que se han realizado a nivel nacional e internacional donde se ha aplicado esta metodología para el análisis de riesgos laborales.

4.1.1. *Información Internacional*

- **Guía para la integración del subproceso coordinación de seguridad y salud en fase de diseño en el proceso de elaboración de un proyecto de edificación desarrollado con metodología BIM.**

Cortés et al. (2007), elaboraron una guía para la integración de la salud y la seguridad en la metodología BIM, donde describen el paso a paso a seguir. Los autores también describen cada una de las herramientas o software que se requieren para la generación de los parámetros relacionados con el tema de seguridad y salud en el trabajo como nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad, nivel de riesgo para poder realizar la identificación y evaluación de los riesgos en el respectivo modelo 3D de la edificación que se vaya a trabajar y de esta manera poder analizar los riesgos del proyecto desde la etapa de inicio y presentar las medidas preventivas para minimizar estos riesgos o en su efecto eliminarlos. (p. 15)

Cortés et al. (2007), explican que los profesionales que intervienen en el proyecto deben tener conocimientos básicos de modelación BIM y se debe contar con un profesional de seguridad y salud en el trabajo con el fin de entender los beneficios que presenta el modelo a la hora de implementar cada una de las medidas propuestas. (p. 17)

Para la elaboración de la guía los autores tuvieron en cuenta resultados de índices de accidentalidad generados en el sector de la construcción durante los últimos años, también la normatividad vigente de ese país. Otro aspecto importante que tuvieron en cuenta fue la decisión que había tomado el Ministerio de Fomento de España en el año 2015, donde decretaban que a partir de 2018 se debía utilizar el método BIM en las licitaciones de proyectos de construcción y se debía utilizar sistemas electrónicos en la contratación de obras, servicios y suministros. Esta obligación representa un cambio fundamental en el desarrollo y ejecución de los proyectos de construcción y, por tanto, también representa la gestión de los riesgos profesionales asociados al proceso anterior. (Cortés et al., 2007, p. 19)

Cortés et al. (2007), finalmente concluyen que la metodología BIM, está tomando fuerza a escala mundial ya que esta se está implementando en diferentes países en áreas como arquitectura e ingeniería civil a pesar de no contar con la suficiente información acerca del tema ya que a la fecha son muy pocos los textos o documentos que se han elaborado sobre el tema relacionado con la metodología BIM en la seguridad y salud en el trabajo. (p. 101)

Para lograr una correcta implementación de lo planteado en los modelos BIM, los profesionales que intervienen en el proyecto deben tener un conocimiento amplio de estas herramientas y debe haber un trabajo colaborativo por parte de todo el personal de la obra para la integración de la seguridad y la salud.

Sin duda esta guía es una herramienta que permite entender el paso a paso de la aplicación de la metodología para la prevención de riesgos laborales en proyectos de construcción los cuales presentan un índice de accidentalidad alto y muchas veces no se da la importancia necesaria para prevenir o mitigar los peligros presentes en las actividades constructivas.

- **Gestión de la prevención en la construcción con herramientas BIM, ejemplo de la aplicación en la construcción de una vivienda trifamiliar.**

Gea (2016), utilizó BIM (Building Information Modeling) y los modelos de representación 4D para estudiar la generación de nuevos métodos de investigación de seguridad y gestión de salud durante la ejecución de proyectos de construcción, teniendo en cuenta que desde el inicio de la etapa de diseño, se puede lograr la integración, coordinación y organización de toda la información, medios utilizados y medidas de protección entre todos los profesionales que intervienen en la ejecución de la obra. (p. 3)

Gea (2016), propuso un método de organización de trabajo basado en diferentes etapas constructivas y modelos estructurales los cuales incluían el desmontaje de instalaciones sanitarias y asistenciales, maquinaria y vías peatonales, medios auxiliares y medidas de protección colectiva. De acuerdo con la parte de "seguridad y salud" a partir del modelo se explicó cómo obtener la vista y el plano detallado, la vista 3D, la ruta y los elementos de modelado métrico. (p. 4)

En esta investigación Gea (2016), determinó que el modelo permite planificar y determinar cómo se deben realizar los trabajos de reparación y mantenimiento y cuando sea necesario, diseñar medios auxiliares o medidas de protección colectiva, como anclar líneas en

cubiertas inclinadas, colocar redes en claraboyas y fijar escaleras en los puntos de conexión en la construcción.

Gea (2016), concluye que el modelo puede ser manejado por el contratista y se puede implementar en la fase de ejecución de acuerdo con su plan de seguridad y salud, también se puede controlar el desarrollo de la obra en tiempo, espacio, y se puede actualizar de acuerdo al avance del proyecto. Cuando se detecte una inconsistencia se puede revisar o incluso modificar, de modo que el resultado del cambio se pueda verificar de forma inmediata. En cuanto al mantenimiento posterior, el modelo puede predecir y proyectar las medidas de protección colectiva de antemano. (p. 50)

Es importante resaltar el trabajo del autor ya que hace un gran aporte al tema relacionado con la aplicación de la metodología BIM para la prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción, permite tener una visión más clara del tema y comprobar que si funciona esta metodología si se implementa en su totalidad y se realiza un trabajo colaborativo con todos los profesionales intervinientes en el proyecto.

- **Determinación de una metodología para el análisis en fase de proyecto de los riesgos laborales generados por los servicios afectados en la fase de movimiento de tierras de una obra lineal empleado metodología BIM.**

Cortés et al. (2019), establecieron la metodología BIM para identificar los riesgos laborales durante el movimiento de tierras de una obra lineal, para este trabajo se tomó el proyecto real de una carretera de Miranda de Ebro, Burgos España. El proyecto se realizó con la ayuda de Autodesk Civil 3D 2020, con el fin de definir la precisión geométrica y ubicación georreferenciada, y luego se pasó a Autodesk Revit 2020, una vez modelada la ruta, se continuó con la digitalización de todos los servicios afectados. (p. 6)

Cortés et al. (2019), explican que el Reino Unido es el único país que tiene un marco regulatorio que incorpora H&S en BIM. En comparación con la normatividad española, es el único país que debe cumplir con los estudios de seguridad y salud laboral en todas las etapas de los proyectos de construcción. No cabe duda que esto supone un reto para la seguridad y salud en el trabajo, ya que intenta promover la prevención de riesgos laborales durante la fase de diseño y cuando finalice el proyecto. Pero esto no solo se centra en los beneficios de aplicar el método BIM, sino al contrario, se esfuerza por hacer que la metodología sea aplicable y permite reducir tiempos, costos y logre minimizar los riesgos de accidentalidad en las áreas de trabajo. (p. 14)

Es interesante saber que esta metodología también se está aplicando a proyectos viales los cuales representan un porcentaje importante en las obras civiles y contribuyen con los índices de accidentalidad de los trabajadores que están expuestos a este tipo de trabajos. Implementar esta metodología contribuye a minimizar los riesgos y permite garantizar espacios de trabajo seguros.

- **Constructibilidad de los proyectos de infraestructura utilizando la metodología BIM y la tradicional en la municipalidad distrital de Sinsicap, Otuzco, La Libertad, 2019.**

Flores (2019), determinó qué BIM es más eficiente en la construcción de proyectos de infraestructura en el Distrito Sinsicap, Otuzco y La Libertad, en comparación con otros métodos tradicionales, ya que BIM utiliza la investigación descriptiva comparativa, transversal y tipos de encuestas como herramientas de investigación. (p. 13)

Flores (2019), considera que la implementación, el análisis de problemas de diseño, la mejora de proyectos y la aplicación de BIM y otras herramientas de gestión permiten optimizar los procesos, logrando una mayor rentabilidad y productividad. A través de entidades públicas o

privadas asociadas al desarrollo e introducción de nuevas tecnologías, se ha fortalecido la enseñanza del concepto de constructibilidad y el uso de la tecnología BIM en la formación profesional, y se ha apoyado y fomentado la promoción y difusión de estas tecnologías. (p. 13)

Flores (2019), también describió que, en Perú, el sector de la construcción ha ido creciendo rápidamente. Sin embargo, este enfrenta problemas como: incumplimiento de plazos, sobrecostos, baja productividad, falta de calidad del proyecto, niveles insuficientes de seguridad y prevención de riesgos. En la mayoría de los casos, la baja calidad de los proyectos de construcción, se debe principalmente a la forma como estos se ejecutan y a la falta de cumplimiento de los requisitos o lineamientos exigidos. (p. 14)

Flores (2019), recomendó que el departamento de ingeniería y gestión de proyectos de la alcaldía distrital de Sinsicap de Otuzco, debería aplicar conceptos como la constructibilidad y el uso de herramientas como BIM a la gestión de proyectos, ya que esto ayuda a asegurar que se cumpla con la ejecución de los proyectos en los tiempos establecidos y se asegure la seguridad de los trabajadores. (p. 68)

- **Tendiendo puentes entre la ingeniería y el derecho: El Building Information Modelling (BIM) y su impacto en la obra pública.**

García (2020), analiza la importancia del modelado de información de construcción (BIM) y sus beneficios frente a la rigidez de la supervisión de obras públicas. También describe que el líder mundial en el desarrollo de BIM en la industria de la construcción es Estados Unidos, desde 2003 ha estado implementando BIM en los sectores público y privado. Además, cuenta con pautas metodológicas y protocolos que permiten a todas las agencias involucradas en el proyecto y agencias reguladoras (como la Administración de Servicios Generales (GSA) del Gobierno Federal) lograr la interoperabilidad. (p. 149)

En América Latina, Chile viene implementando el plan BIM en el marco del plan estratégico “Construye 2025” desde 2016, a través del cual “Chile busca promover y brindar valor a la industria mediante la introducción de métodos y tecnologías para el desarrollo y operación. Proyectos de infraestructura. Inicialmente, será obligatorio para el sector público en 2020. (García, 2020, p. 166)

El método BIM no solo contribuye al adecuado mantenimiento de las obras públicas, sino también a prevenir accidentes (daños materiales y no materiales). En este caso, describe la dimensión 8D (seguridad y salud laboral), la cual se utiliza para la prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción. (García, 2020, p. 155)

García (2020), concluye que el método BIM ha cambiado por completo la forma en que se realizan las obras públicas y las interrelaciones entre los profesionales involucrados en el proyecto. Para ello, primero hay que entender que BIM no es solo un software, sino también un método de trabajo colaborativo que ayuda a optimizar los resultados esperados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

García (2020), también hace énfasis que el costo de implementar BIM es menor que los beneficios micro y macroeconómicos de su uso. En otras palabras, el BIM es una inversión rentable a corto, medio y largo plazo. Asimismo, aporta beneficios ambientales ya que reduce la cantidad de residuos o escombros generados, los cuales requieren de una inversión económica significativa para realizar la disposición final de estos ya sea en escombreras o vertederos, también representa beneficios económicos ya que esta metodología reduce tiempos y costos del proyecto, Otro de los beneficios que presenta es en el tema de seguridad y salud en el trabajo ya que el hecho de incorporar medidas preventivas desde la etapa inicial del proyecto, esto permite minimizar riesgos en gran proporción. (p. 166)

- **Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile.**

Eliash (2015), propone 28 indicadores BIM, de los cuales 19 son de uso, 7 para infraestructura y 2 para impacto. Estos indicadores se aplicaron a una muestra de 20 empresas que pertenecen a la iniciativa BIM Fórum Chile. El propósito de la propuesta es comprender cómo empresas y profesionales de la industria de la construcción utilizan BIM en el proceso de diseño y coordinación de especialidades. (p. 11)

Dado que no existen indicadores de proceso para describir cómo las empresas y los profesionales utilizan los métodos BIM, el autor se centra en este tema, que es muy importante para entender cómo utilizar el método y la relación entre determinadas formas de uso de BIM y los resultados obtenidos.

Eliash, 2015, describe que teniendo en cuenta que muchas veces se desconoce este tema en el sector de la construcción, se tomó como iniciativa realizar encuestas que permitieran identificar las características relacionadas con la metodología BIM, las cuales resultaron ser un gran aporte porque brindaban información inexistente a la industria. En la mayoría de los casos, estas encuestas se centrarán ampliamente en los tipos de indicadores generados. Por otro lado, existen estudios y metodologías aplicadas a diferentes disciplinas de la construcción que intentan medir la madurez de los procesos de la empresa mediante el uso de un método determinado para implementar acciones que puedan significar mejoras. (p. 35)

Finalmente, Eliash (2015), concluye que los datos obtenidos en la encuesta están sesgados porque solo son aplicables a un pequeño grupo específico de empresas y son bastante limitados, y en general, están altamente motivados para utilizar este tipo de metodologías. Esto

lleva a pensar que, lógicamente hablando para comprender realmente cómo se utiliza BIM en Chile, es necesario aplicarlo a un número más amplio de empresas. (p. 85)

Eliash (2015), logró distinguir la necesidad de incluir más indicadores de impacto en la encuesta, como ahorro de tiempo, ahorro de costos, necesidades de información, planes inconsistentes, etc. La capacidad de proporcionar datos objetivos y cuantitativos es diferente de los indicadores de impacto proporcionados, que son fundamentalmente cualitativos. (p. 85)

4.1.2. Información Nacional

- **Análisis de las herramientas BIM como estrategia para minimizar riesgos en proyectos de construcción en Colombia.**

Laguna et al. (2015), estos autores muestran los beneficios obtenidos durante todo el ciclo de vida de un proyecto que ha sido controlado mediante herramientas BIM desde la etapa de planificación, y principalmente introdujeron las herramientas BIM como una opción para la gestión de riesgos de proyectos de construcción. Para esta investigación, tomaron proyectos nacionales e internacionales implementados utilizando herramientas BIM, reduciendo en gran medida el impacto negativo causado por los riesgos de implementación. (p. 6)

Laguna et al. (2015), se enfocaron en esta investigación, considerando que, en Colombia, la implementación de herramientas de gestión de riesgos para proyectos de construcción es aún limitada, pero el número de empresas de la industria interesadas en innovar sus métodos para minimizar el riesgo es cada vez mayor. (p. 6)

La experiencia del caso de estudio aportado en este trabajo demuestra que independientemente de la complejidad del proyecto constructivo, si se utiliza correctamente la metodología BIM, esta herramienta puede detectar posibles interferencias y posibles riesgos

durante la obra antes de iniciar la construcción. Para países como Colombia, los trabajos imprevistos y retrasados suelen ser causados por problemas que pudieron ser detectados previamente, esta herramienta brinda soluciones que pueden mejorar la calidad de los proyectos de construcción y mejorarlos en términos de control de tiempo y presupuesto. (Laguna et al., 2015, p. 20)

Laguna et al. (2015), explican que la implementación de la metodología BIM en la gestión de riesgos del proyecto es factible y una herramienta muy útil, ya que puede minimizar los riesgos provocados por inconsistencias en el diseño de las instalaciones del proyecto, se ve reflejada en la reducción del tiempo de trabajo, mejor control y efectividad del costo y calidad del producto final. (p. 46)

Laguna et al. (2015), concluyen que la tecnología BIM en Colombia está dando el primer paso. En la actualidad, algunas empresas constructoras utilizan esta herramienta como un producto diferenciado al momento de desarrollar proyectos. Sin embargo, el uso de este software se limita a herramientas de ventas y marketing. Por lo tanto, todavía queda un largo camino por recorrer para utilizar este software. (p. 46)

- **Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia.**

Flórez & García (2018), establecieron un modelo para la implementación de la metodología BIM en aquellas labores de edificación las cuales son financiadas con los recursos públicos en Colombia, a través de la personalización de exigencias u obligaciones para la ejecución del método en el sector de la construcción pública, en el ámbito internacional, y de análisis y reconocimiento en el contexto nacional realizado a través de encuestas encaminadas a expertos de la parte pública e investigación de información. (p. 4)

Flórez & García (2018), describen que se lleva a cabo la iniciativa de esta propuesta, teniendo claro que, en Colombia muchas de las construcciones costeadas con aquellos recursos públicos son debidamente discutidas por el alza de los costos, demora en las entregas y productos de mala calidad, todo esto, presentado por la no utilización de herramientas avanzadas, sino basadas en aquellas metodologías establecidas tradicionalmente. En un contexto general a nivel mundial, la ejecución de la metodología Building Information Modeling (BIM) de manera regulatoria es dirigida por entes del gobierno, demostrando gran impacto y control en las obras públicas, obteniendo ventajas como la identificación temprana de interferencias o ahorro en costos y tiempos en el desarrollo de dicha obra. (p. 31)

Flórez & García (2018), resaltan que la organización es muy importante dentro del proceso de construcción, para llevar a cabo el desarrollo del proyecto y es allí donde se debe tener en cuenta cuáles son las tareas, responsabilidades, obligaciones y demás fases o requisitos establecidos en la metodología BIM para la fase de construcción. Es aquí donde se resalta el capítulo de “Licitación y Contratación” donde indica que se debe contemplar e incluir todos aquellos requerimientos que puedan afectar el presupuesto y que deben estar dentro de los términos establecidos para que puedan ser considerados o evaluados por el contratista. Por otra parte, el contratista tendrá la potestad de verificar la información y modelaciones existentes anticipándose a la firma del contrato. Todo esto, con el fin de que pueda llevar a cabo el modelamiento de la construcción.

Flórez & García (2018), hacen referencia que es importante establecer las obligaciones y tareas por parte del contratista para la implementación BIM e incluir toda la documentación contractual correspondiente. De manera tal, que en el momento que se soliciten los informes de las diferentes fases de ejecución de construcción puedan ser suministrados y contemple la

documentación correspondiente, como lo es: establecer la programación del desarrollo del proyecto de obra en la modelación BIM, planificación de las zonas a intervenir basadas en la modelación BIM para la ejecución del proyecto, revisión de la parte de seguridad y salud en el trabajo para implementar controles, verificación de la planificación en la modelación por medio de los procesos establecidos y formatos con el fin de registrar los cambios requeridos en el momento de la construcción, asociados al modelo BIM. (p. 26)

Flórez & García (2018), finalmente, las autoras de este proyecto concluyeron que obtuvieron resultados favorables que sirven como base para generar un modelo aplicable en la construcción de edificaciones públicas en Colombia y así mismo ser validados por profesionales del sector que quieran incursionar en dicha aplicación.

- **Mejora del proceso de elaboración de proyectos de arquitectura mediante metodología BIM**

Vega & Pérez (2019), propusieron la mejora del proceso de elaboración de proyectos de arquitectura mediante la implementación de la metodología BIM en la empresa Conurma Ingenieros Consultores Sucursal Colombia S.L. Para el desarrollo del proyecto tuvieron en cuenta los lineamientos dados por el Project Management Institute PMI para la gerencia de proyectos, el trabajo de investigación consta de 3 partes: formulación en el cual se describieron los antecedentes, objetivos y marco metodológico del proyecto, la segunda parte hace referencia a estudios y evaluaciones, acá realizan el análisis de la viabilidad del proyecto en términos económicos, financieros y ambientales, en el punto tres inicio y planeación del proyecto. (p. 17)

Para las compañías que cuenta con un área de arquitectura, se vuelve indispensable contar con herramientas que permitan realizar el trabajo de manera efectiva y eficiente además de minimizar los costos y aumentar la calidad. Esto hace que la compañía genere posicionamiento

de marca y adquiera prestigio con respecto a su competencia directa y pueda convertirse en un referente en la industria, además de evitar inconvenientes por una mala práctica de su objeto contractual. También identifican que en la compañía Conurma Ingenieros Consultores existe la necesidad de implementar una nueva metodología con herramientas adecuadas de acuerdo a la necesidad que permita resolver la baja eficiencia en la gestión de los proyectos de arquitectura, con el fin de evitar problemas al momento de vincular la información con los productos que construyen las otras áreas de la compañía o los constructores que ejecuten los diseños realizados en la organización. (Vega & Pérez, 2019, p. 32)

Otro aspecto descrito es que existe un exceso de tareas redundantes que van apareciendo durante el proceso, por la ineficiencia de la metodología y herramientas que se manejan actualmente. De igual manera, se identifica que la adaptabilidad por cambios en el alcance del proyecto es baja, por lo que se generan reprocesos, pérdidas significativas para la compañía y tiempo de más que no se contempla durante el desarrollo de un proyecto. (Vega & Pérez, 2019, p. 33)

- **Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos de construcción en la ciudad de Manizales**

Salazar (2017), realizó el seguimiento del proyecto multifamiliar con el fin de aplicar la metodología de trabajo BIM y verificar la rentabilidad durante la implementación en la coordinación multidisciplinar de un proyecto de vivienda en la ciudad de Manizales, adoptando como estudio de caso el proyecto de construcción Ópalo el cual fue diseñado con el sistema tradicional. (p. 12)

Con base en los resultados obtenidos en la investigación, aplicar la metodología de trabajo BIM en la coordinación multidisciplinar de un proyecto de vivienda en la ciudad de

Manizales, y en particular del proyecto de construcción “Ópalo” diseñado y construido con el sistema tradicional, se evidencia una clara rentabilidad de su implementación dentro de todo el proceso constructivo, en especial en la etapa de diseño. Si se hubiera implementado BIM el costo aproximado sería de \$ 32, 889,300 pesos colombianos, pero debido a las variaciones que presento el presupuesto desde el principio que suman un valor aproximado de \$ 68, 406,544 pesos colombianos, este valor se hubiera podido pagar e incluso se tendría un saldo a favor aproximado de \$ 35,517,244 pesos colombianos. (Salazar, 2017, p.100)

Poder contar con el valor real de un proyecto de construcción antes de empezar su ejecución se traduce en un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles y en la reducción de imprevistos en el proceso. Así mismo, permite garantizar que el resultado final del proyecto se dé con la menor cantidad de retrasos posibles u obras inconclusas, lo que se traduce en pérdidas económicas no solo para el constructor sino también para el usuario final, siendo éste quien en ocasiones asume la variación económica que se presenta en el presupuesto final de la obra. (Salazar, 2017, p.100)

Salazar (2017), concluye que este método se puede implementar en cualquier etapa del proyecto, dependiendo del tipo de empresa y los objetivos a alcanzar. Si bien si se utiliza en todo el proceso de construcción, el impacto del uso será mucho mayor, pero no necesariamente tiene que implementarse en todas las etapas para generar ahorros económicos. Por ejemplo, si la mayor deficiencia en una organización se encuentra en la etapa inicial del proyecto, se puede contratar la implementación de este método para hacer modelos y extraer cantidades de ellos sin participar directamente en la implementación del proyecto. El proceso de ejecución de la obra. También puede ser que el objetivo de la empresa sea incrementar la productividad. Este método se puede implementar para que el modelo pueda ser utilizado para prefabricar componentes en

obra en un taller remoto, dando como resultado un mayor control de calidad en el producto final obtenido. (p. 119)

- **Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia.**

Duarte & Pimilla (2014), demostraron que al llevar a la práctica la aplicación de la metodología BIM y los diferentes enfoques del método tradicional en la construcción de una vivienda, permite establecer adecuadamente la planificación de la obra, y así mismo tener en cuenta factores tales como: costos, tiempos, pérdidas y a su vez técnicas de control que facilitan la ejecución eficiente del proyecto.

Ya sea, en la pérdida de tiempo, en los cambios de diseño, la planificación inadecuada, o el déficit de la materia prima, la mano de obra del personal, la poca experiencia en los proyectos, etc. Por lo anterior, es importante tener en cuenta los ítems mencionados con el fin de establecer el ciclo de vida en los proyectos y contemplar aquellos cambios que se presenten durante su fase de ejecución.

Duarte & Pimilla (2014), escogieron “el proyecto de vivienda de interés social llamado Villa Toledo conjunto residencial en la ciudad de Tunja, el cual cuenta con 200 viviendas. Para el desarrollo del ejercicio tomaron solamente 2 torres de 20 viviendas” (p. 28).

Duarte & Pimilla (2014), establecieron un análisis de costo de efectividad del estudio, teniendo en cuenta el costo de cada una de las metodologías utilizadas con el fin de obtener el resultado esperado, cabe resaltar que la metodología BIM abarca muchos beneficios en cada fase del proyecto, pero actualmente en Colombia son pocas las empresas que realmente realizan la aplicación como es, para ello se debe realizar una modelación en 3D o 4D, una parametrización y

una caracterización con el fin de obtener una simulación más real con base en los tiempos y en los costos, para así mismo tomar adecuadas decisiones. Por lo anterior, el costo-efectividad de cada una de las metodologías fue el siguiente: tradicional \$ 1.644.323.673, determinando una influencia mayor en costos con respecto a lo planeado por un valor de \$ 265.446.025, resaltando que el sobre costo se asocia a los reprocesos administrativos entre otros. El costo de la metodología BIM fue de \$ 1.410.110.133, determinando menor influencia en el valor planeado de \$ 31.232.485 resaltando que se debe tener en cuenta aquellos errores que se presentaron en las fases de proyecto y que no se contemplaron en la fase de ejecución. (p. 54)

Duarte & Pimilla (2014), finalmente concluyen que el costo-efectividad para la metodología BIM es satisfactoria obteniendo un valor de 0.6 siendo menor a 1.0 con base en los modelos tradicionales y por ello resulta importante dar a conocer la metodología BIM, con el fin de persuadir a la implementación de dicho método en todo el sector de la construcción a nivel nacional. (p. 55)

4.2. Marco Teórico

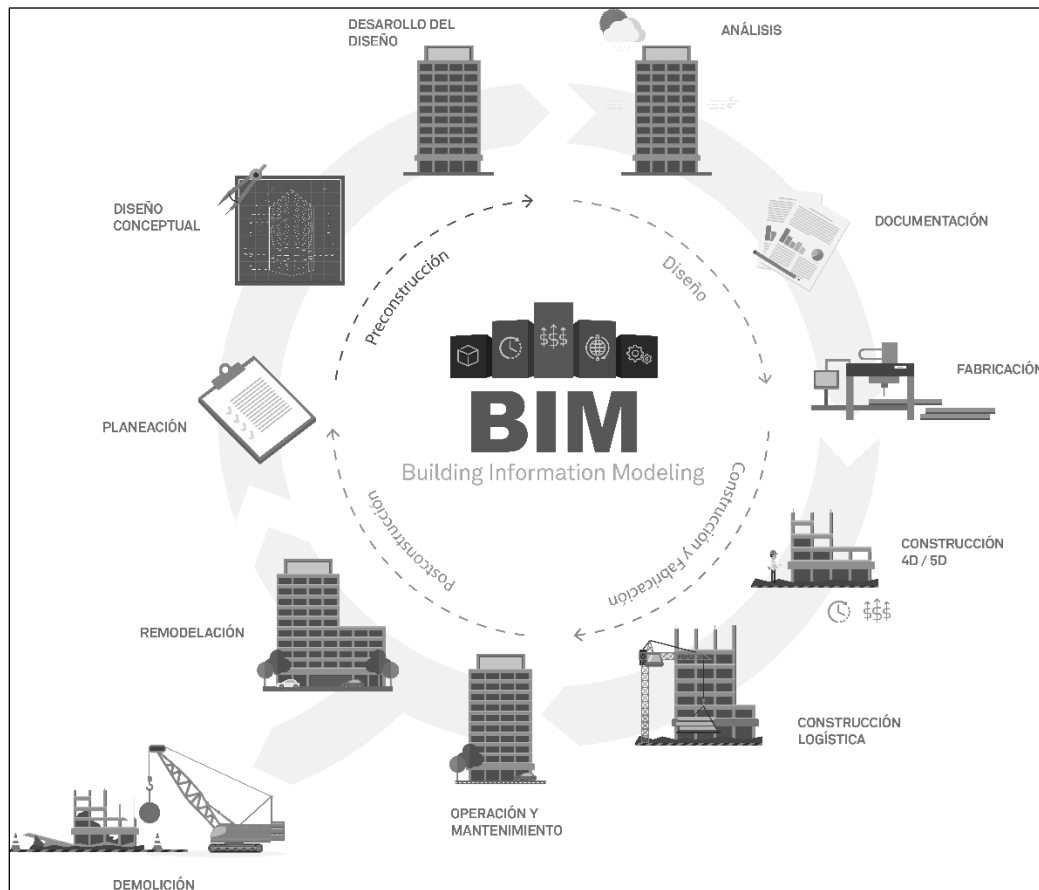
4.2.1. Información Internacional

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, que en español significa, modelado de la información de la construcción, se considera a ésta principalmente como una metodología de trabajo que pretende gestionar el ciclo de vida de la construcción desde la etapa inicial de diseño hasta su explotación y mantenimiento, incluyendo la construcción y la demolición, si se llegase a dar. El modelo BIM de una construcción es una base de datos única que integra la información sobre todas las disciplinas que se integran en el proceso constructivo,

el cual será accesible para cada uno de los profesionales que intervengan en ellas, facilitando la colaboración y el trabajo multidisciplinar. (Cortés et al., 2007, p. 23)

Figura 3

Funcionamiento de la metodología BIM



Fuente: <https://seycsa.com/servicios/servicios-bim/>

4.2.1.1. Utilización de la metodología BIM para la prevención de riesgos laborales

La tecnología BIM es toda una realidad en el sector de la construcción y está generando una revolución en la forma de trabajar en este sector. Sin embargo, esta tecnología todavía no se utiliza de forma habitual en la prevención de los riesgos laborales, campo en el que puede presentar un gran número de ventajas.

Este modelo presenta un gran número de beneficios tanto para maestros de obra, ayudantes, operarios como para los encargados del diseño de la obra. Los encargados del diseño no deberán crear un material adicional para esta presentación ya que se pueden utilizar el mismo modelo BIM creado para el proyecto. Por otro lado, el hecho de poder discutir con el resto de los especialistas de la obra permite la creación de un modelo con el mínimo número de imperfecciones y crea las mínimas interferencias entre distintas tareas. (Alcalde Gascón, 2018, p. 30)

El modelo es útil a lo largo de toda la vida del edificio, puede ser usado también en los procesos de mantenimiento, reformas y alteraciones que pudieran producirse e ir incorporando los nuevos datos relativos a la seguridad y salud y el plan de emergencias que dichas intervenciones puedan conllevar.

El plan de seguridad está especialmente relacionado con la ingeniería estructural y sus fases de construcción. A través del Sistema, se pueden planificar y modelar anticipadamente con precisión y detalle el equipamiento de seguridad que se utilizará, tales como los sistemas de apuntalamiento, refuerzos puntuales de muros, los puntos de anclaje de arneses y redes a la estructura o la colocación de barandillas pudiendo especificar el modelo utilizado en cada caso y la visualización de cómo debe ser fijado y montado para asegurar la seguridad del proceso constructivo. (Gea, 2016, p. 15)

4.2.1.1.1. Esta metodología también puede presentar desventajas como:

- Compartir información técnica en algunos casos se considera un riesgo para el que la suministra, actuación que debe ser superada si se desea implementar esta metodología, requiere una inversión por parte de los profesionales para su aprendizaje y un proceso de transición, requiere la colaboración por parte de todos y establecer un sistema de roles y

de reuniones donde se identifiquen, evalúen y corrijan los errores tomando acuerdos, debe haber un BIM Manager capaz de gestionar toda la información recibida e integrar de modo adecuado para mantener el modelo constantemente actualizado. (Laguna et al., 2015)

“Apenas ha sido desarrollada en la especialidad de prevención de riesgos laborales, sólo unas líneas se dedican en algunas guías de BIM. Cabe destacar además que el sistema admite integraciones a través de plugins y está abierto a nuevas líneas de investigación”. (Gea, 2016, p.16)

4.2.1.1.2. Prevención de riesgos laborales a nivel internacional:

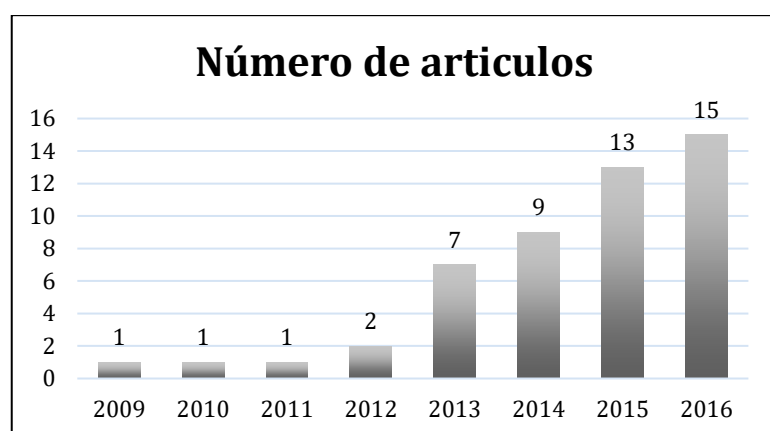
- En algunas partes del mundo, BIM se ha convertido en herramientas comunes, principalmente por el grado de estandarización de los procesos y el apoyo de los gobiernos, como es el caso de países como Estados Unidos, Singapur y Finlandia. En el caso del Reino Unido, existe un gran apoyo del gobierno apuntando a usar cierto nivel de BIM en todos los proyectos para 2016. Por otro lado, hay otros países del sur y este europeo que están iniciando sus pasos en Building Information Modeling, incentivado principalmente por las propagandas de nuevas tecnologías de las grandes compañías de la industria de la construcción, algunas ya iniciando la implementación de las mismas y otras que lo tienen incluido en sus objetivos a largo plazo. Para las compañías jóvenes, se ha facilitado enfocar su interés en BIM debido a su flexibilidad y entusiasmo. Otro papel importante lo está jugando el gobierno, propiciando un ambiente adecuado para la implementación de BIM, enfocado en la estandarización de los sistemas y la contratación pública. (Laguna et al., 2015, p. 17)

Hay numerosos artículos en todo el mundo que destacan los beneficios de la aplicación de BIM para la gestión de la seguridad y salud, sin entrar a la determinación de la metodología a aplicar. A pesar de lo anterior, su incorporación en documentación y normativa técnica a nivel internacional es limitada.

“A nivel internacional, las investigaciones y estudios sobre seguridad y salud se han ido incrementando, convirtiéndose a partir de 2013 en una investigación relevante” (Cortés et al., 2019, p. 11).

Figura 4

Publicaciones relevantes

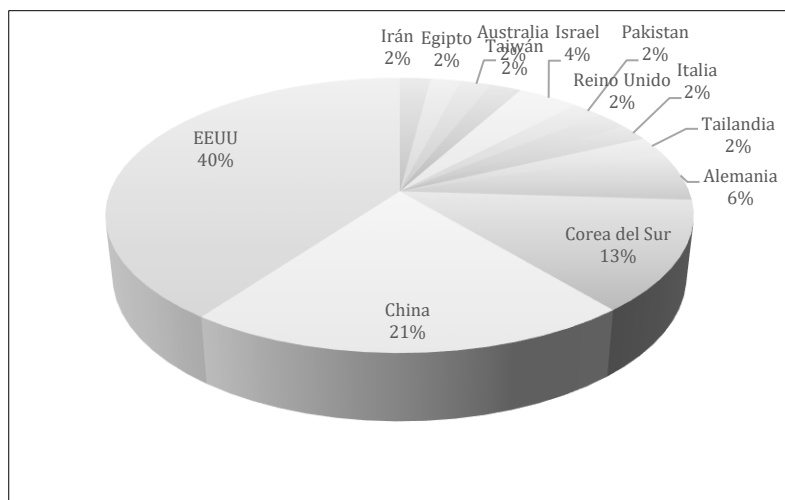


Fuente: Cortés et al. (2019)

También se puede observar cómo las publicaciones se concentran principalmente en Estados Unidos con un 40% y determinados países asiáticos (China, Corea del Sur, etc.) con el 21%.

Figura 5

Porcentaje de Publicaciones Según País de Publicación

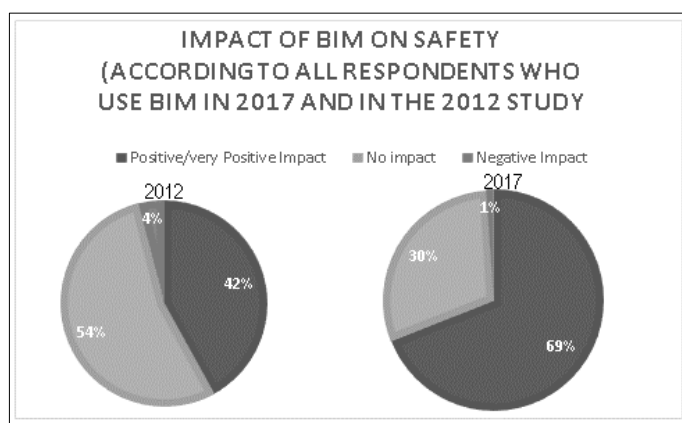


Fuente: Cortés et al. (2019)

“En el siguiente gráfico se muestra como la metodología BIM ha tenido un impacto positivo sobre la gestión de la seguridad y salud, corroborando su creciente importancia dentro de la metodología” (Cortés et al., 2019, p. 14).

Figura 6

Impacto de BIM en la SST



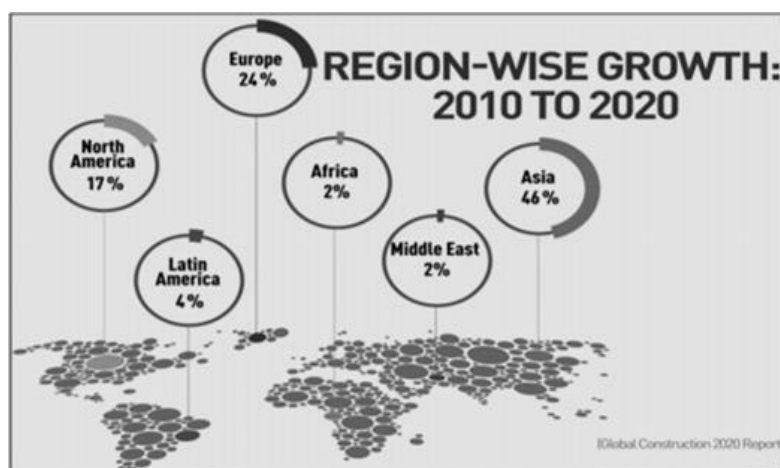
Fuente: Cortés et al. (2019)

Por otra parte, geográficamente, Europa es el continente cuya aplicación ha sido adoptada de manera más rigurosa llegando así a desarrollar estándares y lineamientos para el desarrollo, la presentación y la ejecución de proyectos bajo esta metodología.

Muchos países de Europa ya lo tienen establecido por norma y les ha funcionado muy bien ya que los beneficios obtenidos son buenos en términos económicos, también porque la metodología permite realizar un seguimiento oportuno en cada una de las áreas de los proyectos.

Figura 7

Implementación de la metodología BIM en el mundo



Fuente: Barreto (2020).

En América, aunque en menor medida, países como Canadá, Estado Unidos, Chile y Brasil han desarrollado sus propios estándares basados en los referentes europeos y así han iniciado un proceso de implementación aplicable al sector público. Así lo evidencia Corferias, en el caso de Latinoamérica, Chile es líder con la implementación de un plan BIM bajo el liderazgo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) que tiene como objetivo incorporar

como requisito obligatorio esta metodología en todas las licitaciones públicas de construcción para 2020. (Barreto, 2020, p. 36)

Logrando así, dar un avance en el sector de la construcción a nivel europeo, resaltando su importancia en cada uno de los proyectos realizados, con el fin de lograr estandarizar el modelo BIM, el cual está lleno de estrategias y es impulsado como una herramienta eficaz aplicable. Por otra parte, Chile encabeza la fila de países latinoamericanos, que dentro de sus propósitos 2020 está en ahondar la metodología BIM como requisito indispensable para los proyectos de construcción en el sector público. (Barreto, 2020, p. 36)

4.2.2. Información Nacional

A pesar de los innumerables beneficios que se han comprobado a través de las experiencias constructivas en diferentes países, Latinoamérica sigue presentando bajos índices de utilización de los sistemas Building Information Modeling (BIM), debido al alto desconocimiento sobre el uso de este sistema y sus diferentes software; en cuanto a lo que concierne al área de ingeniería civil en Colombia, en el año 2018 se destacó, por medio de un comunicado emitido por la presidenta de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), que el 40% de las edificaciones nuevas que se han venido desarrollando en el país, ya están implementando el Modelo de Información para la Construcción BIM, todo gracias a la gestión por parte de diferentes entes que se desenvuelven dentro del área de construcción en Colombia para dar información acerca de este sistema a través de expo-ferias de construcciones, simposios y demás espacios dirigidos al área de ingeniería civil en donde se reconoce y demuestra que la implementación de este sistema constructivo logra una detección temprana de errores y

problemas que pueden ser evitados en procesos posteriores, lo que permite generar un ahorro significativo y más control en las obras. (Henaó, et al., 2019, p. 14)

La situación actual de Colombia, en específico, enfrenta nuevos desafíos en las inversiones en esta industria. La principal ventaja de implementar BIM en los países latinoamericanos, es que permite el trabajo colaborativo de los diferentes agentes implicados en el proceso constructivo a través de una sola plataforma en la que los diferentes agentes implicados en el proceso constructivo pueden trabajar con la misma herramienta, integrando y compartiendo información en tiempo real. BIM es sinónimo de eficiencia y otorga una garantía de hacer las cosas de una mejor manera. (Vega & Pérez, 2019, p 46)

En Colombia la utilización BIM está empezando su auge, son pocas las compañías que han empezado la implementación. paulatinamente se ha iniciado el proceso de cambio en algunas de las empresas más importantes del sector en Colombia como lo son Pedro Gómez, Construcciones planificadas, Constructora Bolívar, Prodesa, Conconcreto, Kubiklab, entre otras. (Cárdenas, 2016, p. 40)

En el país se ha iniciado la capacitación de los profesionales en la universidad en la modelación de proyectos y poco a poco ha aumentado la demanda de este conocimiento especialmente para proyectos de grandes superficies. En la actualidad no existe un estudio de formal de lo que ha sido la implementación BIM en el país con cifras que reflejes esta información. (Cárdenas, 2016, p. 40)

La empresa Amarilo y el grupo Oikos utilizan software para el control y desarrollo de sus proyectos, los directores de ambas empresas han afirmado que el uso de esta herramienta ha optimizando procesos y reducidos desperdicios en los proyectos. Amarilo por ejemplo ha

ejecutado más de 60 proyectos con BIM creando instructivos, estándares y protocolos aplicados.

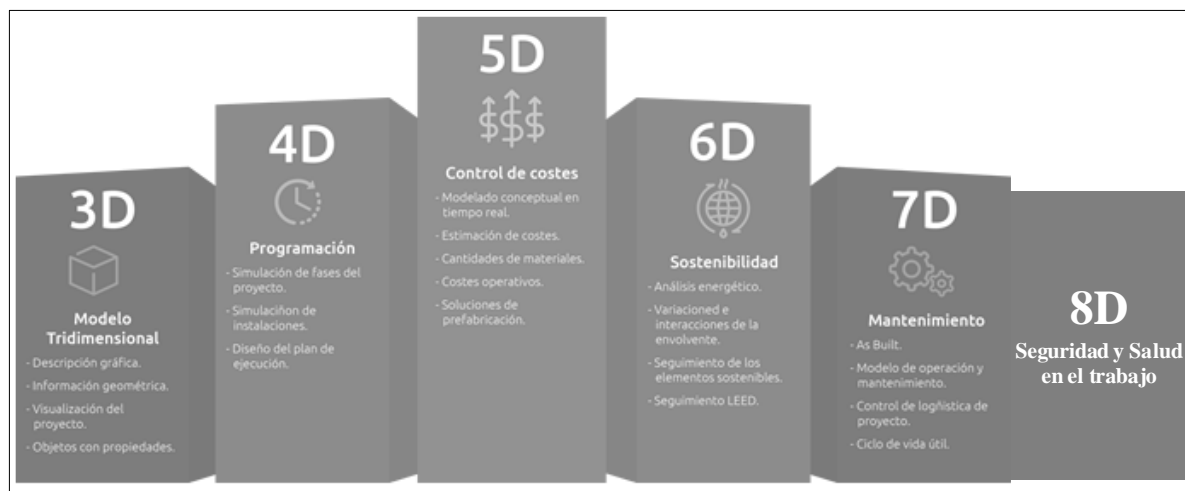
(Rivas & Rada, 2020, p. 26)

4.2.2.1. Dimensiones de la metodología BIM

Las dimensiones BIM se refieren a la forma particular en que los datos son conectados con el modelo. Mientras más dimensiones de datos se agreguen, se puede tener un entendimiento más completo del proyecto, el cómo será desarrollado, cuál será el tiempo asociado, costos, mantenimiento, entre otros. Actualmente se reconocen 7 dimensiones, en general. Pero, en el último tiempo se ha indagado en una octava (seguridad). (Rojas & Wragg, 2018, p.20)

Figura 8

Dimensiones de la Metodología BIM (Building Information Modeling)



Fuente: Dimensiones de BIM. <https://seycsa.com/servicios/servicios-bim/>

- **3D:** es una representación geométrica detallada de un edificio o infraestructura, dentro de un medio de información integrada.
- **4D:** se refiere a la dimensión que usa los modelos para la planificación, estimación y control de tiempos en la obra.

- **5D:** es la dimensión que usa los modelos para la gestión del costo, como la elaboración de presupuestos y el control de costos de la obra.
- **6D:** dimensión referente al uso de los modelos para realizar análisis energéticos y de sostenibilidad.
- **7D:** es la dimensión que contempla el uso de los modelos para efectuar actividades y procesos de mantenimiento en el ciclo de vida del edificio o infraestructura.
- **8D:** es la dimensión que contempla la prevención de accidentes mediante el diseño.

4.2.2.2. **Herramientas de apoyo para la realización de obras con la aplicabilidad de la metodología BIM (Building Information Modeling)**

- **ArchiCAD:** es un software arquitectónico BIM CAD para Macintosh y Windows desarrollado por la empresa húngara Graphisoft. ArchiCAD ofrece soluciones especializadas para manejar todos los aspectos comunes de la estética y la ingeniería durante todo el proceso de diseño del entorno construido: edificios, interiores, áreas urbanas, etc. El desarrollo de ArchiCAD comenzó en 1982 para el Apple Macintosh original. ArchiCAD es reconocido como el primer producto de CAD en una computadora personal capaz de crear dibujos 2D y geometría 3D paramétrica. (Blanco, 2018, p. 25)
- **Autodesk Revit:** es el sucesor BIM del software de diseño AutoCAD de Autodesk. Según las últimas encuestas, entre ellas la realizada por la Comisión es. BIM, Revit es el software BIM más utilizado por los profesionales que trabajan con esta metodología colaborativa. Su uso generalizado ha impulsado el desarrollo de un servicio de soporte muy potente, tanto de la propia casa de software, Autodesk, como de una comunidad de usuarios comprometida y muy activa en varias plataformas: foros, paneles de mensajería, grupos de Facebook y profesionales que ofrecen servicios pagados. (Zigurat, 2018)

- **Naviswork:** permite realizar seguimiento de obra en 4D, es decir, que se puede visualizar el seguimiento del avance del proyecto no solo en tres dimensiones, sino también como se ejecutan estas en el tiempo, y programar así una gestión más eficiente de los recursos en el transcurso de la ejecución del proyecto. Navisworks representa una de las mejores herramientas del nuevo grupo de visualización en 3D. Puede abrir todos los formatos de archivo de diseño 3D más populares e incluye capacidades para la navegación interactiva, la generación de animaciones, representaciones fotorrealistas, la publicación de los archivos comprimidos, comprobación de interferencias, simulación de construcción 4D, vinculación de campos de información, etc. (Vega & Pérez, 2019, p 45)
- **Tekla Structures:** Tekla Structures es una herramienta para ingenieros estructurales, detallistas y fabricantes. Es una solución 3D basada en modelos integrados para administrar bases de datos de múltiples materiales (acero, hormigón, madera, etc.). Tekla Structures presenta modelado interactivo, análisis y diseño estructural y creación automática de dibujos. Puede generar automáticamente dibujos e informes del modelo 3D, en cualquier momento. Los dibujos y los informes reaccionan a las modificaciones en el modelo y siempre están actualizados. (Blanco, 2018, p. 26)
- **Dynamo:** es un software de scripts visuales que permite crear algoritmos personalizados para procesar datos y generar geometrías. Dynamo es un entorno de programación visual el cual se puede asociar a diferentes softwares (Revit, Navisworks, Robot) para conseguir un diseño paramétrico fundamentalmente geométrico y matemático que permite también interactuar con los elementos y parámetros propios de diferentes aplicaciones. (Blanco, 2018, p. 26)

- **Edificius:** es un software muy joven lanzado al mercado en 2015 desarrollado por la empresa Italiana ACCA software quienes vienen desarrollando software desde 1989 y nació de la necesidad de los técnicos de la construcción, ingenieros y arquitectos para mejorar el propio trabajo diario. 17. Término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen, fotorrealista o no, partiendo de un modelo en 2D o 3D. (Blanco, 2018, p. 26)

Se puede decir que la Metodología BIM tiene como beneficios optimizar los proyectos constructivos de principio a fin, estableciendo así seguimiento y control durante el desarrollo del proyecto, en la etapa de planeación ayudando a identificar y mitigar los riesgos de los proyectos, evaluándose desde las etapas tempranas para así tomar decisiones oportunas. Otros de los beneficios son:

Detección temprana de interferencias la cual permite prever y solucionar los problemas de manera anticipada, lo que disminuye los inconvenientes durante la construcción y duplicidad del trabajo, la planificación del proceso constructivo del proyecto, 4D, requiere asociar el programa de actividades con elementos 3D del modelo, para así simular el procedimiento de construcción y mostrar cómo se vería la obra en cualquier intervalo del tiempo. “Esta simulación gráfica provee de un entendimiento notable de cómo la edificación será construida día a día, revelando fuentes de potenciales problemas y oportunidades de posibles mejoras, facilita el uso de componentes constructivos prefabricados, haciendo más eficiente la construcción. Si el modelo BIM generado de los elementos posee un nivel de detalle suficiente y se transfiere a un software para fabricación “virtual”, la “obtención automatizada de los elementos utilizando maquinarias especializadas es facilitada, facilita la comunicación y transparencia de la información, optimizando los flujos de trabajo y evitando las contraindicaciones entre las partes.

Además, al tener toda la información en un único modelo se evitan posibles errores generados al tener diversas versiones del proyecto, coordinación entre las diversas especialidades involucradas en el proyecto. (Cáceres & Dongo, 2019, p. 30)

Los siguientes son los beneficios principales que se reportan con la implementación de la tecnología:

4.2.2.3. Previo a la construcción

- Un modelo de construcción aproximado, integrado y vinculado a una base de datos de costos, un modelo esquemático antes de un modelo de construcción detallado permite una evaluación más cuidadosa del esquema para determinar si cumple con los requisitos funcionales, de sostenibilidad y otros requisitos del edificio, permite colaboración mejorada usando la entrega integrada de proyectos. (Giraldo, 2019, p 21)

4.2.2.4. Para el diseño

- El modelo 3D está diseñado directamente en lugar de generarse desde múltiples vistas 2D, al estar controlados por reglas paramétricas, el modelo 3D estará libre de errores de geometría, alineación y coordinación espacial, también se pueden extraer dibujos precisos y consistentes para cualquier conjunto de objetos o vista específica del proyecto, facilita el trabajo simultáneo de múltiples disciplinas de diseño, proporciona visualizaciones 3D y cuantifica el área de espacios y otras cantidades de materiales, lo que permite estimaciones de costos más tempranas y precisas. (Giraldo, 2019, p 21)

4.2.2.5. Construcción y fabricación

- Si el modelo se detalla al nivel de los objetos de fabricación, contendrá una representación precisa para la fabricación y construcción, el cambio de diseño sugerido se

puede ingresar en el modelo de construcción y los cambios a los otros objetos en el diseño se actualizarán automáticamente, la planificación de la construcción utilizando CAD 4D requiere vincular un plan de construcción a los objetos 3D en un diseño y complementar el modelo con objetos del equipo de construcción (apuntalamiento, andamios, grúas, etc.). (Giraldo, 2019, p 22)

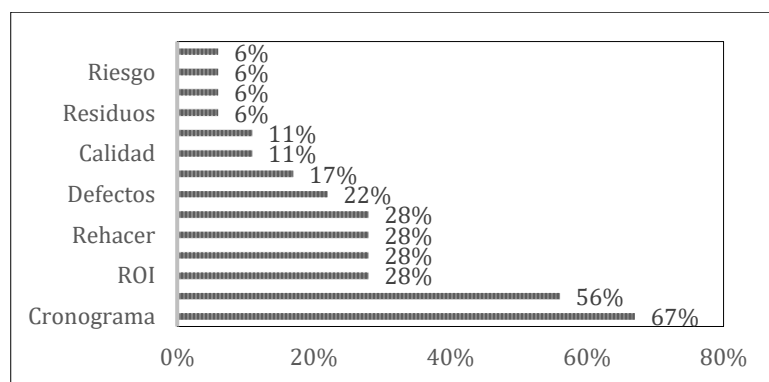
4.2.2.6. Posteriores a la construcción

- Mejora de la puesta en servicio y entrega de información de la instalación, mejora la gestión y operación de instalaciones y la integración con sistemas de gestión y operación de instalaciones”. (Giraldo, 2019, p 22)

De los anteriores beneficios reportados, se han identificado las siguientes como las principales medidas de beneficio:

Figura 9

Medidas de beneficio BIM (Building Information Modeling)



Fuente: Giraldo, (2019)

4.3. Marco Legal

4.3.1. Información Nacional

Actualmente en Colombia no hay una norma nacional que obligue a las empresas públicas o privadas del sector de la construcción para llevar a cabo el desarrollo de proyectos bajo la implementación de la metodología BIM. Sin embargo, Colombia cuenta con una serie de normas (leyes, decretos, resoluciones, guías, y procedimientos) que aplican para el análisis e identificación de peligros en la mayoría de los sectores productivos; en este caso para la presente investigación se tendrá en cuenta:

- Norma Técnica NTC-OHSAS colombiana 18001: por medio de esta norma se establecen los requisitos del sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo con el fin de eliminar o minimizar los riesgos para el personal y otras partes interesadas que pueden estar expuestas a peligros asociados con sus actividades.
- Guía Técnica Colombiana GTC 45 de 2012: esta guía permite identificar los peligros y valorar los riesgos en seguridad y salud en el trabajo por medio de un modelo que ofrece una serie de directrices de acuerdo a cada actividad que se vaya a desarrollar teniendo en cuenta la Norma Técnica NTC-OHSAS colombiana 18001. (Guía Técnica Colombiana GTC 45, 2012)
- Código sustantivo del trabajo: tiene por objetivo establecer responsabilidades entre en empleador y el trabajador para este caso aplica el artículo 57 numeral 2 en las cuales se establece: “ procurar a todos los trabajadores, locales apropiados y elementos adecuados, de protección contra los accidentes y enfermedades profesionales en forma que se garanticen razonablemente la seguridad y la salud”, en el artículo 58 numeral 5 y 8, son obligaciones especiales del trabajador: 5 “ comunicar oportunamente al empleador las observaciones que

estime conducentes a evitarle daños perjuicios”, 8 “observar con suma diligencia y cuidado las instrucciones y órdenes preventivas de accidentes y enfermedades profesionales”.

- Decreto 1072 de 2015: “Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo” Artículo 2.2.4.6.15. Identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos. En este artículo el empleador o contratante debe aplicar una metodología que sea sistemática, que tenga alcance sobre todos los procesos y actividades rutinarias y no rutinarias internas o externas, máquinas y equipos, todos los centros de trabajo y todos los trabajadores independientemente de su forma de contratación y vinculación, que le permita identificar los peligros y evaluar los riesgos en seguridad y salud en el trabajo, con el fin que pueda priorizarlos y establecer los controles necesarios, realizando mediciones ambientales cuando se requiera. (Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo 1072, 2015)

- Resolución 0312 de 2019: “Por la cual se definen los estándares mínimos del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST”, teniendo en cuenta el número de trabajadores y su clase de riesgo. Para nuestra investigación se tendrá en cuenta los criterios para empresas con menos de diez trabajadores y riesgo V. (Resolución 312, 2019)

- Ley 52 de 1993. “Por medio de la cual se aprueban el "Convenio No. 167 y la Recomendación No. 175 sobre seguridad y salud en la construcción; adoptados por la 75a. " Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra 1988. (Ley 52, 1993)

- Decreto 1295 de 1994. “Por el cual se determina la organización y administración del sistema general de riesgos profesionales”. En este caso el sector de la construcción debe tener en cuenta todo lo relacionado a las afiliaciones de los empleados antes de iniciar

cualquier actividad que pueda causar algún tipo de riesgo a los trabajadores. (Decreto 1295, 1994)

- Resolución 1401 de 2007. “Por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo”. Esta resolución aplica a nuestra investigación ya que al reportar los accidentes e incidentes de trabajo se puede establecer que factores influyeron en este accidente. (Resolución 1401, 2007)

4.3.2. Información Internacional

A nivel internacional ya se cuenta con estatutos legales los cuales son de obligatoriedad cumplimiento para el sector de la construcción al momento de implementar y desarrollar la metodología BIM en obras de construcción. Por lo anterior, se presentan las siguientes normas:

- ISO 29481 de 2010: en esta ISO se detalla el método y los documentos necesarios para llevar a cabo la ejecución de un manual que permita la entrega de la información, estableciendo así la unión de los procesos, su mapeo y descripción durante el ciclo de construcción.
- ISO 29481 de 2012: allí se establece un cuadro de interacción, facilitando así la integración entre las diferentes aplicaciones del software manejadas en la fase de construcción, se promueve la ayuda digital entre los participantes del proceso, de manera tal, que la información sea precisa, confiable y de calidad.
- ISO 19650 de 2018: pretenden proporcionar de modo flexible y cambiante la adaptación regulada de la metodología BIM en los proyectos de edificaciones y de infraestructuras en la era digital, logrando una representación de la proyección y construcción

de modelos 3D. Además, sirven como instrumento para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible en las naciones unidas. Esta ISO cuenta con 5 partes:

- a). Conceptos primarios.
- b). Fase de entregas de activos.
- c). Fase operacional.
- d). Intercambio de información.
- e). Especificación para la seguridad de Building Information Modeling en los ambientes digitales y manejo inteligente de activos.

- OHSAS 18001 de 2007: el propósito de esta norma de nivel internacional es la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) con el fin de establecer de manera oportuna la gestión de los riesgos laborales y así mismo mejorar los procesos internos y externos a nivel organizacional logrando obtener mejores rendimientos en cuanto a la productividad, disminución en la tasa de accidentalidad, ahorro de costos y continuidad de negocio; favoreciendo así, el cumplimiento normativo en SST y disminuyendo sanciones por el incumplimiento normativo. Esta norma se establece bajo la metodología de mejora continua y el proceso PDCA el cual cuenta con cuatro etapas: planificar, hacer, verificar y actuar.

También es importante resaltar que la implementación del SG-SST con OHSAS 18001 se divide en 5 fases, las cuales se fundamentan en el inicio del proyecto, evaluación inicial, preparación, ejecución del plan implementado y cierre del proyecto.

- ISO 45001 de 2018: esta norma busca implementar y establecer ambientes de trabajo seguro en cualquier contexto laboral, con el fin de controlar los factores que puedan generar lesiones, accidentes y enfermedades. Se centra en la mitigación de los factores

ocupacionales y a pesar que se basa en las OHSAS 18001, es totalmente diferente. Esta norma trabaja de manera integrada con otras normas como lo son: ISO 9001 y 14001.

También es importante resaltar que la ISO 45001 dentro de sus procesos e independientemente la normatividad de cada país, realiza una incorporación de requisitos, esto con el fin de alcanzar beneficios en el proceso de implementación de la norma en las organizaciones.

5. Marco Metodológico

- **Paradigma**

Este estudio se enfoca en la investigación cualitativa y cuantitativa con un enfoque sistémico para abordar el tema específico de la identificación de peligros y análisis de los riesgos de una vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, teniendo en cuenta información primaria, secundaria y terciaria en el ámbito nacional e internacional.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende identificar los peligros presentes en la construcción de una vivienda unifamiliar desde la etapa de diseño, con el fin de contrarrestar los posibles efectos adversos a la salud de la población trabajadora en el sector de la construcción, mediante el cumplimiento de la legislación vigente referente al sistema de seguridad y salud en el trabajo.

- **Método**

Guía Técnica Colombiana GTC 45 de 2012 y Metodología BIM

- **Tipo de Investigación**

El presente estudio se basa en la investigación cualitativa y cuantitativa.

- **Fases del estudio**

Para este estudio se tuvo en cuenta el siguiente diagrama de GANTT:

Tabla 1

Diagrama de Gantt

DIAGRAMA DE GANTT EJECUCIÓN DEL PROYECTO		AÑO 2020	AÑO 2021	
Fases	Actividad	Sep	Feb	Mar
Investigación	1.1. Investigar información nacional e internacional sobre aplicación de metodología BIM para el análisis de riesgos laborales.	P		
		E		
	1.2. Investigar la normatividad nacional e internacional aplicable al proyecto.	P		
		E		
	1.3. Tomar un modelo de vivienda unifamiliar.		P	
			E	
Análisis de Resultados	2.1. Realizar el análisis e interpretar el modelo 3D de la vivienda unifamiliar.			P
				E
	2.2. Realizar y analizar la priorización de riesgos de acuerdo a la matriz IPEVR.			P
				E
	2.3. Analizar y conocer el manejo de los softwares para la elaboración del modelo 3D y 4D.			P
				E
Propuesta Modelo de Seguridad y Salud en el Trabajo	3.1. Realizar la planificación de la obra por medio del programa MsProject			P
				E
	3.2. Crear parámetros de Seguridad Industrial en el modelo 3D para realizar la evaluación de riesgos en el modelo BIM.			P
				E
	3.3. Identificar los riesgos en el modelo 3D en cada etapa de la construcción de la obra.			P
				E
	3.4. Evaluar los riesgos mediante DYNAMO			P
				E
	3.5. Generar tablas para realizar la valoración de los riesgos de cada uno de los elementos de la obra.			P
			E	
	3.6. Crear filtros de visualización y planos de nivel de riesgo para hacer una revisión del modelo de una forma gráfica.			P
				E
	3.7. Crear familias de protección como en el modelo BIM.			P
				E
	3.8. Vincular al modelo BIM medidas preventivas de Seguridad y Salud en el Trabajo.			P
				E
	3.9. Generar el modelo 4D de Seguridad y Salud en el Trabajo para la respectiva simulación.			P
				E

Fuente: elaboración propia (2021).

5.1. Recolección de Información.

5.1.1. Fuentes de información

Las fuentes de información empleadas para el desarrollo del presente trabajo son las siguientes:

- La información primaria corresponde a los planos y modelo 3D de la vivienda unifamiliar.
- Información secundaria donde se investiga la metodología BIM y su aplicación a la seguridad y salud en el trabajo a través de diferentes fuentes bibliográficas a nivel nacional e internacional.
- Información terciaria correspondiente a la normatividad, guías y manuales de uso de los softwares utilizados en el presente estudio.
- **Población**

La población del presente estudio se enfoca en los trabajadores del sector de la construcción (profesionales, técnicos, maestros de obra, ayudantes, etc.) que laboran en el proyecto de la vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca.

- **Materiales**

Para el desarrollo del presente trabajo es necesario contar con los siguientes materiales:

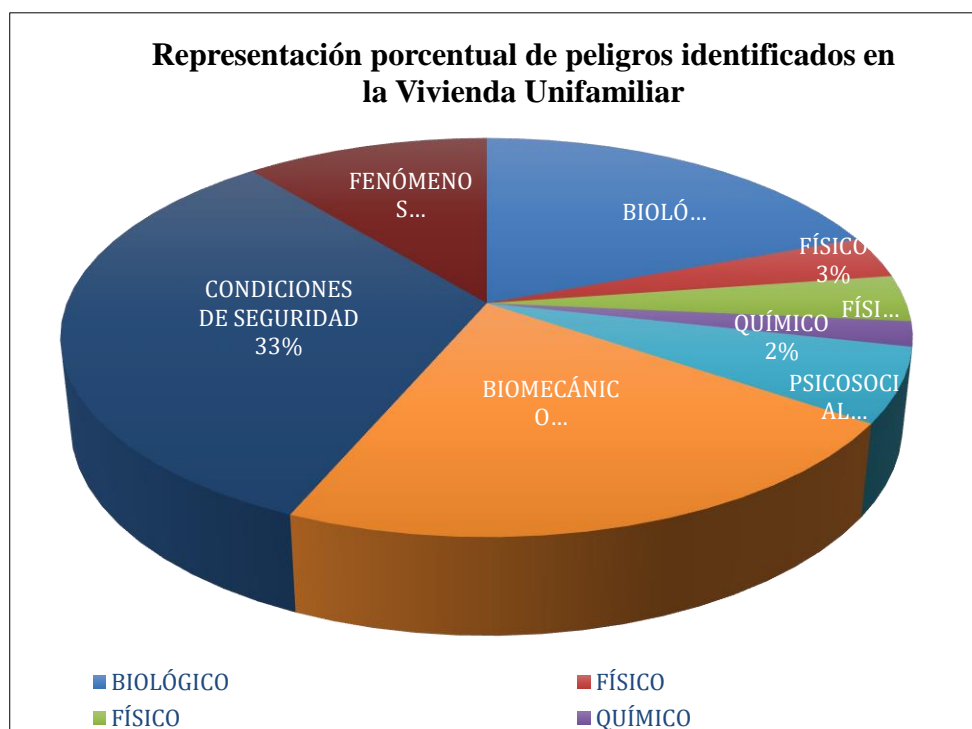
- Planos
- Software Revit
- Software Dynamo
- Programa Ms Project
- Guía GTC 45 de 2012
- Internet

5.1.2. Metodología para la identificación de peligros, valoración y evaluación de los riesgos

En la figura No. 10, se puede visualizar los peligros identificados para el caso simulado en la vivienda unifamiliar del Municipio de Villapinzón Cundinamarca, uno de los más representativos es el peligro de condiciones de seguridad con un 33%, seguido por el peligro biomecánico con un 22%, biológico con un 19%, fenómenos naturales con 11%, físico con un 7%, psicosocial con un 6% y finalmente el peligro químico con un 2%. Para obtener información más detallada de cada uno de los riesgos en los peligros identificados, se elabora un mapa de calor.

Figura 10

Identificación de Peligros en el Caso Simulado de la Vivienda Unifamiliar del Municipio de Villapinzón Cundinamarca.



Fuente: elaboración propia (2021)

En la Tabla No. 2, se observa de manera general el mapa de calor, el cual se realizó bajo la metodología GTC 45 de 2012, una matriz de 4x4, allí se puede visualizar las dos dimensiones fundamentales referentes al riesgo del proyecto; una, la probabilidad de que el accidente ocurra y dos, la consecuencia que provocaría en caso que se materialice el evento, es decir, que el mapa de calor nos permite combinar estos dos componentes y evaluarlos al mismo tiempo, con el fin de visualizar cada uno de los riesgos y así mismo realizar su respectiva priorización e intervención dentro de la obra. Adicionalmente, los colores que allí se plasman conciernen a la aceptabilidad del riesgo en el proyecto, es decir: el color rojo, significa I no aceptable, el color amarillo, II no aceptable o aceptable con control específico, que sería la tolerancia que tiene la constructora en dichos riesgos y el color verde, III o IV aceptable.

Tabla 2

Mapa de Calor General de la Vivienda Unifamiliar Caso Simulado en el Municipio de Villapinzón Cundinamarca

		MAPA DE CALOR BAJO LA METOLOGÍA GTC 45 DE 2012				
		MAPA DE CALOR DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR CASO SIMULADO EN EL MUNICIPIO DE VILLAPINZÓN CUNDINAMARCA				
		Probabilidad				
		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Consecuencia	Mortal o catastrófico	107-141-159-177-193-290	108-142-160-178-194-195-196-244-268-365		92-126-280-349-366	
	Muy Grave	75-91-125-243-267	31-43-59-291	394-407		
	Grave	1-11-19-23-24-26-33-45-61-67-77-82-83-85-87-90-93-99-111-116-117-119-121-124-127-132-133-135-137-138-145-150-151-153-155-156-163-168-169-174-171-173-181-187-197-209-221-233-237-245-249-257-269-281-284-286-293-306-321-335-351-368-384-397	2-3-4-5-7-8-9-10-13-14-15-18-20-25-27-28-17-29 30-35-36-38-39-40-41-42-46-47-52-53-54-55-56-58-62-63-68-69-70-71-72-74-78-79-84-86-88-94-95-100-101-102-103-104-106-112-113-118-120-122-128-129-134-136-140-146-147-152-154-158-164-165-170-172-176-185-186-189-192-219-279-292		110-144-162-180-188-220	
	Leve	261-263-273-275	6-22-37-49-65-81-97-115-131-149-167-202-203-204-206-214-215-216-218-226-227-228-230-238-239-240-242-250-251-252-254-262-264-266-274-276-278-285-287-289-315-329-342-345-361-378	200-201-205-212-213-222-224-225-234-236-246-248-253-260-272-283-297-307-319-322-324-333-343-344-360-396-409	12-16-21-32-34-44-48-50-51-57-60-64-66-73-76-80-89-96-98-105-109-114-123-130-139-143-148-157-161-166-175-179-182-183-190-191-198-199-210-211-217-223-229-235-241-247-258-259-265-270-271-277-282-288-294-295-296-299-301-302-303-304-305-308-309-310-311-312-314-316-317-318-320-323-325-326-328-330-331-332-334-336-337-338-339-340-341-347-348-350-352-353-354-355-356-357-358-362-363-364-367-369-370-371-372-373-374-375-377-379-380-381-382-383-385-386-387-388-391-392-393-395-398-399-400-401-404-405-406-408	
			184-207-208-231-232-255-256-298-300-313-327-346-359-376-389-390-402-403			

Fuente: elaboración propia (2021)

Por otra parte, en la tabla No. 2, se puede observar el mapa de calor para el peligro más representativo del proyecto: Condiciones de Seguridad, en donde se evaluaron 102 riesgos y uno de los más importantes es el de trabajo en alturas.

Tabla 3

Mapa de Calor peligro de Condiciones de Seguridad

		MAPA DE CALOR PARA EL PELIGRO DE CONDICIONES DE SEGURIDAD			
		Probabilidad			
Consecuencia	Condiciones de Seguridad	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
	Consecuencia	Mortal o catastrófico	107-141-159-177-193= 5	365=1	
Muy Grave		75-91-125-243-267=5	31-43-59=3	394-407=2	207=1
Grave		90-124-138-156-174=5	8-9-18-28-30-41-42-56-58-72-74-88-104-106-122-140-158-176-192-219-279= 21	29=1	
Leve			206-218-230-242-254-266-278-289=8	205-253-319-333=4	57-73-89-105-123-139-157-175-190-191-217-229-241-265-277-288-301-302-303-304-316-317-318-330-331-332-347-348-362-363-364-379-380-381-382-391-392-393-404-405-406=41

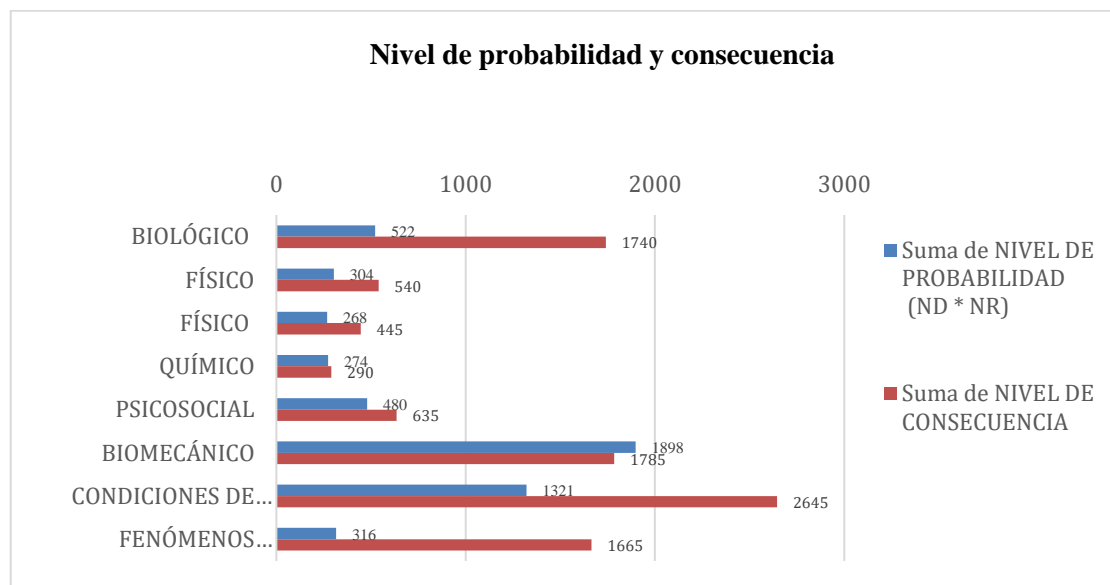
Fuente: elaboración propia (2021)

Finalmente, podemos visualizar de manera gráfica la probabilidad de ocurrencia del evento y el impacto que se generaría en caso que se materializará el accidente en cada uno de los peligros presentes de la obra, todo esto con el fin de eliminar, minimizar o priorizar cada uno de los riesgos, las tareas y los recursos.

Para ello, nuestro proyecto de investigación, se enfocó en el peligro de condiciones de seguridad y el riesgo de trabajo en alturas, ya que como se puede visualizar en la figura es uno de los niveles de mayor índice de probabilidad y consecuencia.

Figura 11

Nivel de Probabilidad y Consecuencia del proyecto



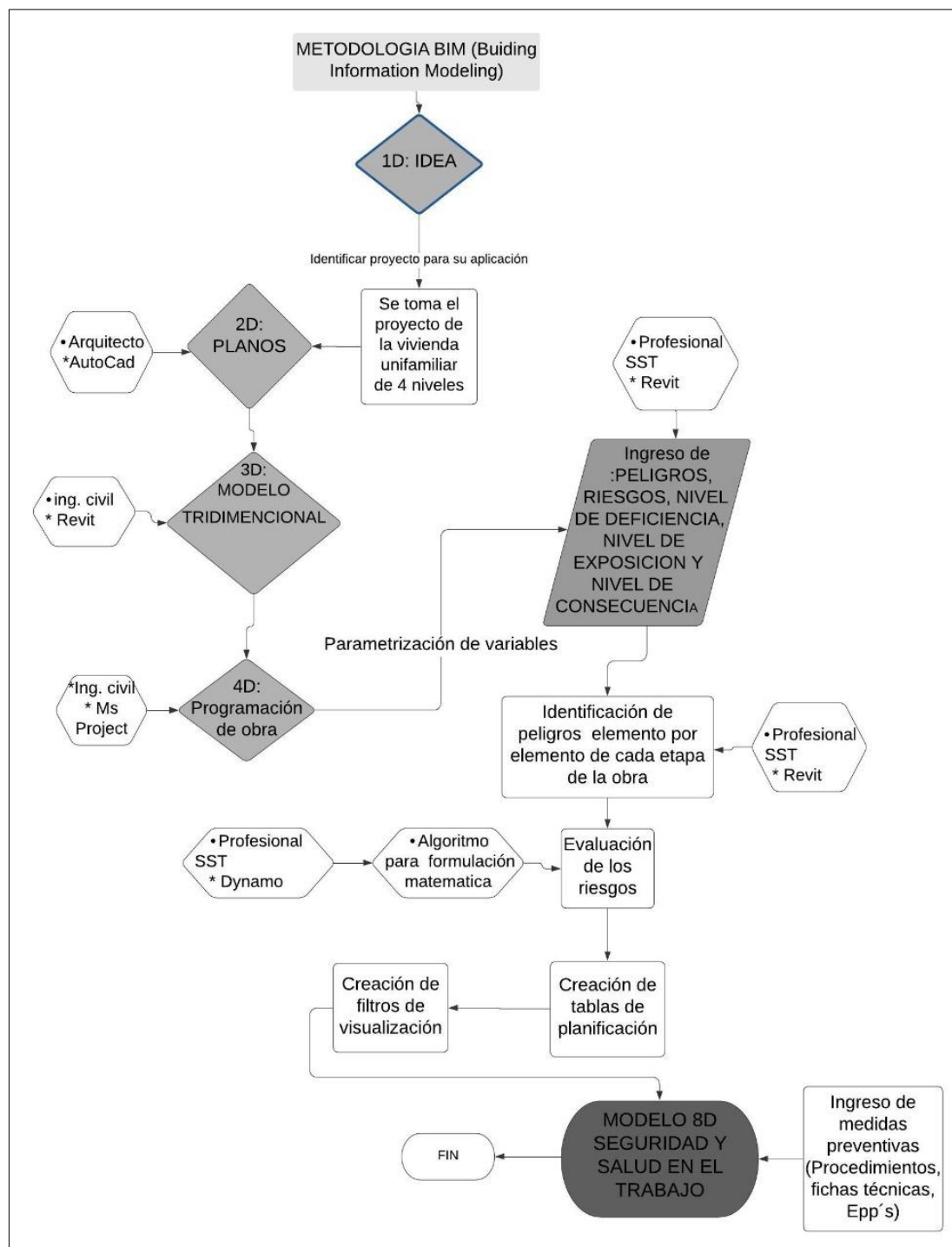
Fuente: elaboración propia (2021)

5.1.3. Procedimiento

A continuación, se resume en un mapa conceptual los pasos que son necesarios para el desarrollo de este estudio.

Ilustración 2

Procedimiento identificación de peligros mediante la metodología BIM



Fuente: elaboración propia (2021)

- **Estrategia de desarrollo de acciones para el desarrollo del proyecto**

1. Creación del modelo 3D de la vivienda unifamiliar
2. Definición de la planificación de obra mediante una herramienta de gestión, como MsProject
3. Identificación de riesgos de cada etapa de la obra mediante la GTC 45
4. Incorporación de parámetros de seguridad y salud en el trabajo en el modelo 3D
5. Identificación y valoración de los riesgos en el modelo 3D elemento por elemento de cada etapa de la obra mediante el software Revit
6. Evaluación de los riesgos mediante el software Dynamo
7. Creación de familias de protección
8. Creación de tablas de planificación
9. Creación de filtros de visualización
10. Vinculación de medidas preventivas
11. Generación del modelo 8D de seguridad y salud en el trabajo

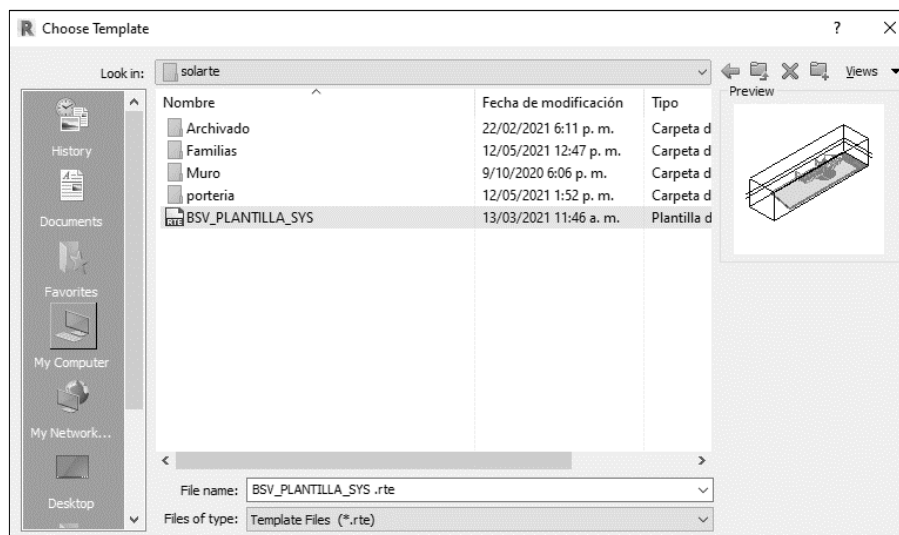
- **Integración de la información de seguridad y salud en Revit**

A continuación, se describe como se realiza la incorporación de datos en el software Revit para poder realizar la correcta integración de la seguridad y salud en el trabajo en el modelo 3D de la vivienda escogida

- **Plantilla de proyecto:** es el punto de partida para empezar el proyecto, incluyendo plantillas de vista, familias cargadas, parámetros definidos (por ejemplo, unidades, patrones de relleno, estilos de línea, grosores de línea, escalas de vista, etc.). Al instalar Revit proporciona varias plantillas para diferentes disciplinas y tipos de proyectos de construcción. En este caso se creó la plantilla de seguridad y salud en el trabajo como se muestra a continuación:

Tabla 4

Creación de plantilla de seguridad y salud en el trabajo

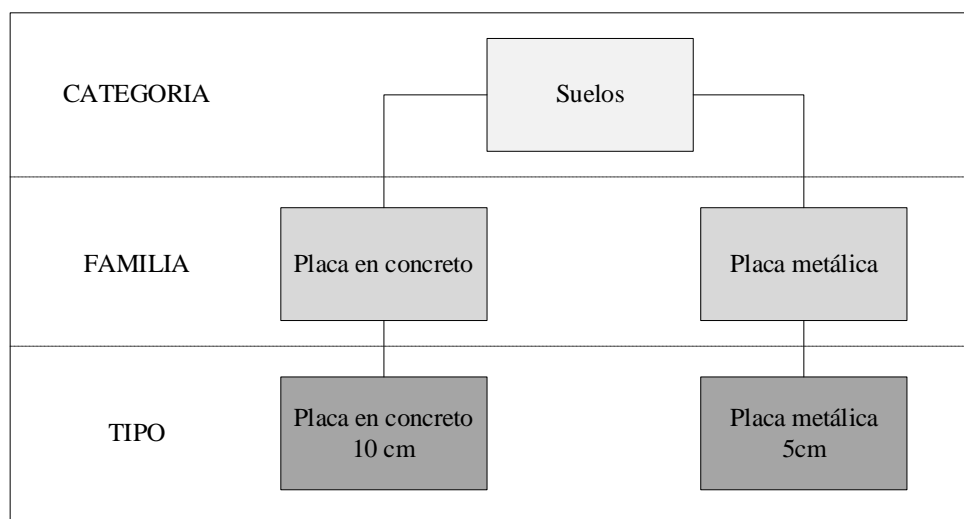


Fuente: elaboración propia (2021)

- **Proyecto:** contiene la información del diseño, desde la geometría hasta los datos de construcción. El proyecto se incluye en un sólo archivo de proyecto, de esa forma se reducen las incongruencias del diseño y permite reflejar los cambios en todas las áreas asociadas. El seguimiento de un sólo archivo también facilita la gestión del proyecto.
- **Vista:** estas se van generando a medida que va avanzando el modelo con el fin de revisar la información que ha sido incorporada, las vistas permiten realizar un control rápidamente para comprobar que la información es coherente.
- **Nivel:** hace referencia a los planos horizontales que sirven como referencia para los elementos que se encuentran allí, como las cubiertas, suelos y techos etc. Estos se utilizan para definir una altura o planta vertical dentro de la construcción.
- **Elemento:** cuando se crea un proyecto, Revit clasifica elementos por categorías, familias y tipos como se muestra en el siguiente ejemplo:

Ilustración 3

Clasificación de los elementos en Revit



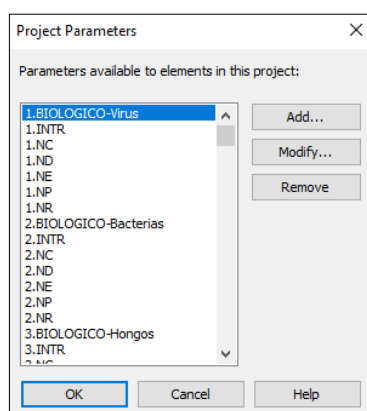
Fuente: elaboración propia (2021)

- **Categoría:** es un grupo de elementos que se utilizan para modelar diseño de construcción. Categorías de elementos de modelo son, por ejemplo, placas, muros, vigas, pilares, etc.
- **Familias:** son clases de elementos en una categoría. Una familia agrupa elementos con un conjunto de parámetros comunes (propiedades), la misma utilización y representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia pueden tener diferentes valores en algunas o todas sus propiedades, pero tienen el mismo conjunto de propiedades (sus nombres y significados).
- **Tipo:** cada familia puede tener varios tipos. Un tipo puede ser un tamaño específico de una familia. También se considera tipo un estilo, como el estilo de acotación alineado o angular.

- **Ejemplar:** los ejemplares son los elementos individuales que se colocan en el proyecto y tienen ubicaciones específicas en la construcción (ejemplares de modelo) o en el plano de dibujo (ejemplares de anotación).
- **Disciplina:** determina cómo se muestran los elementos específicos de una disciplina en una vista.
- **Parámetros de proyecto:** es el atributo que se añade a categorías de elementos, planos o vistas de un proyecto, este es específico de un proyecto y no se puede compartir con otro proyecto. Existen dos parámetros de “tipo” y de “ejemplar” en este caso se va a utilizar el de tipo “ejemplar” para introducir los 45 riesgos que aparecen en la tabla de clasificación de riesgos de la guía técnica colombiana GTC 45, teniendo en cuenta que una vez creado no se puede modificar y todos los tipos no van a tener la misma probabilidad o severidad.

Tabla 5

Parametrización de variables en Revit



Fuente: elaboración propia (2021)

Las variables nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad, nivel de riesgo etc. se deben crear para cada uno de los elementos (muros, columnas, vigas, placas etc.) que hacen parte de cada etapa de la obra.

6. Resultados

6.1. Investigación

6.1.1. *Información Nacional e Internacional Sobre Aplicación de Metodología BIM Para el Análisis de Riesgos Laborales*

- **A nivel nacional:** teniendo en cuenta el proceso investigativo realizado actualmente en Colombia, se pudo evidenciar que en la ciudad de Tunja se llevó a cabo en un proyecto de interés social la aplicabilidad costo-efectividad tanto para la metodología tradicional como para BIM, obteniendo resultados favorables para la metodología BIM, de tal manera que este proyecto de investigación, logró demostrar que el método BIM, contribuye a que el sector de la construcción pueda generar una exploración en este, favoreciendo así, a las organizaciones en cuanto a resultados esperados, ya sea en tiempo, costo o en cada una de las fases de la obra.

Por otra parte, se pudo identificar que la información es limitada en cuanto a la aplicación de la metodología BIM, sin embargo, las empresas que han decidido incursionar en la implementación de dicha metodología dentro de sus procesos constructivos de edificación han logrado obtener mejores beneficios tanto a nivel de tiempo, costos, como también, en los resultados. En esta fase investigativa, se evidenció que en Bogotá llevan a cabo más propuestas para la implementación de la metodología BIM en los proyectos de edificación con la finalidad de cambiar los métodos tradicionales 2D y de AutoCAD por el novedoso método BIM, el cual es conocido como un gestor interoperable que a su vez genera un gran impacto en el sector de la construcción, ya que permite visualizar el modelo completo del proyecto, antes de dar inicio con

la obra, favoreciendo así a la empresa, en cada uno de los ciclos de vida del proyecto y a los trabajadores.

Por todo lo anterior, es importante resaltar que en Colombia se debe seguir realizando proyectos investigativos en la metodología BIM, que favorezcan la incorporación de peligros desde su fase inicial hasta la fase final del proyecto, con el fin de generar un impacto positivo que conlleve a la transformación del sector de obras y edificaciones.

- **A nivel Internacional:** en la investigación realizada sobre la aplicación de la metodología BIM para el análisis de riesgos laborales a nivel internacional, se encontró que España ha ido incorporando en los últimos años la metodología en diferentes proyectos, actualmente cuentan con la “Guía para la integración del subproceso coordinación de seguridad y salud en fase de diseño en el proceso de elaboración de un proyecto de edificación desarrollado con metodología BIM”. (Pérez & Muriel, s. f.) la cual cuenta con los lineamientos y recomendaciones que se deben tener en cuenta en el momento de integrar todo lo correspondiente a seguridad y salud en el trabajo en proyectos de construcción especialmente en edificaciones. Otro de los trabajos investigados a nivel internacional fue la determinación de la metodología para el análisis en la fase del proyecto de los riesgos laborales generados en un proyecto de tipo lineal en España, donde describen los beneficios de la metodología en este tipo de proyectos y muestran cómo se incorporan los riesgos laborales desde la fase inicial del proyecto hasta la etapa final logrando reducir costos en todo lo relacionado con índices de ausentismo de los trabajadores debido a la accidentalidad que se presenta en el desarrollo de diferentes actividades.

Perú también ha tenido en cuenta esta metodología, el trabajo investigado hace referencia a la importancia del BIM en obras como la construcción de puentes y del impacto positivo que

esto genera tanto en las obras públicas como privadas, también describen la dimensión 8D que en BIM hace referencia a todo el tema relacionado con la seguridad y salud en el trabajo y como está juega un papel importante a la hora de ejecutar un proyecto. Chile también se ha interesado por averiguar la importancia de esta metodología, uno de los trabajos encontrados durante la investigación fue el de “Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile” en este trabajo formularon unos indicadores para aplicarlos a varias empresas del sector de la construcción con el fin de ver cómo es la aplicación de la metodología BIM y cómo la integran con otras especialidades.

La información recopilada a nivel internacional sobre este tema, fue relevante para tener conceptos y conocimientos más claros acerca del uso de la metodología BIM en el análisis de riesgos laborales ya que en este país es un tema relativamente nuevo.

6.1.2. Normatividad Nacional e Internacional Aplicable al Proyecto

Se identificó la normatividad vigente aplicable para el presente proyecto donde se hizo énfasis en las normas que hablan de la obligatoriedad de realizar la identificación de peligros y la evaluación y valoración de los riesgos al inicio de cualquier actividad teniendo en cuenta guías ya establecidas; para este caso la guía que se utilizó fue la GTC 45 de 2012.

En cuanto a las normas internacionales se evidenció, que la metodología BIM ha logrado obtener gran importancia, hasta el punto en que algunos países, la han transformado en normatividad de obligatoriedad cumplimiento para los proyectos del sector de la construcción, donde se establece la estandarización del modelo y la integración de medidas tales como la identificación de peligros y valoración de riesgos teniendo en cuenta guías tales como: ISO 29481 de 2012, ISO 19650 de 2018, ISO 45001 de 2018 y OSHAS 18001 de 2007, donde se

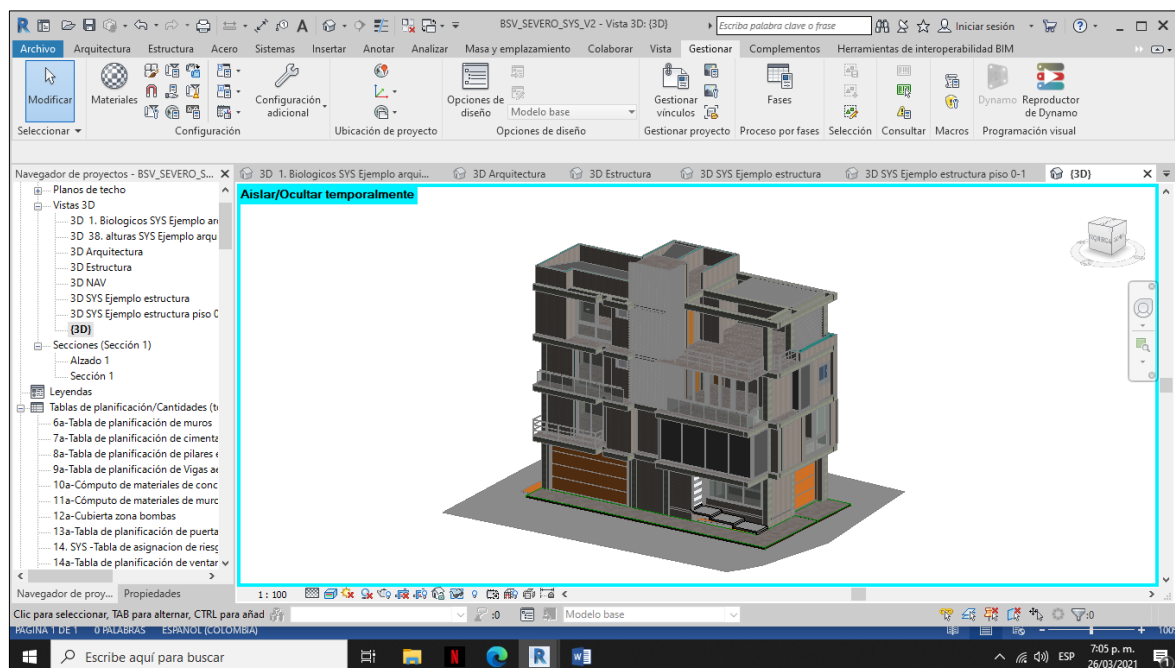
logra llevar a cabo la unificación de requisitos legales y el cumplimiento de estándares en cada uno de los países.

6.1.3. Modelo de Vivienda Unifamiliar

Para este proyecto se eligió el modelo 3D de la vivienda unifamiliar ubicado en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, el cual consta de cuatro niveles para el desarrollo de las fases del proyecto. Este modelo es generado mediante el software Revit para su posterior análisis e interpretación, cabe resaltar que gracias a la simulación es posible ver una realidad digital del proyecto visto desde todos sus ángulos tanto internos como externos en la fase de diseño.

Figura 12

Modelo 3D de Vivienda Unifamiliar



Fuente: elaboración propia (2021)


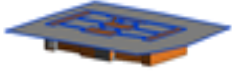
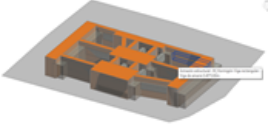
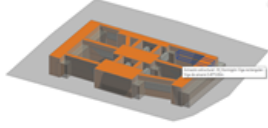
6.2. Análisis de Resultados de la Investigación

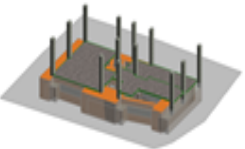
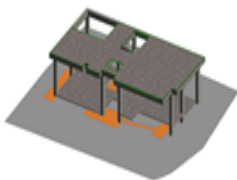
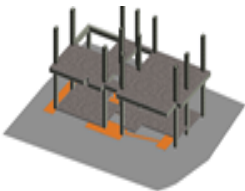

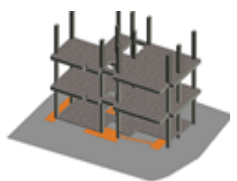
6.2.1. Análisis e Interpretación del Modelo 3D de la Vivienda Unifamiliar Ubicada en el Municipio de Villapinzón Cundinamarca.

Para dar inicio a la fase de análisis e interpretación de datos fue necesario conocer las diferentes etapas de ejecución de la vivienda unifamiliar de tal forma que se pudieran identificar los peligros en cada una de ellas. A continuación, se describe cada una de las etapas:

Tabla 6

Descripción de etapas del proyecto

ETAPA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	En esta fase del proyecto, se establece la verificación del lugar a ocupar con el fin de colocar la demarcación correspondiente para dar inicio al proceso.	
EXCAVACIONES	Esta etapa consiste en dar seguimiento a las marcas realizadas, con el fin de remover el suelo y proceder a la excavación total de la tierra, para lograr obtener el nivel necesario y proceder con la cimentación de la obra.	
CIMENTACIÓN	En esta fase se llevó a cabo la fijación de estructura metálica y de concreto que sostendrá la vivienda unifamiliar con el fin de reducir los efectos del comportamiento de la tierra.	
CONSTRUCCIÓN COLUMNAS 1 PISO	Durante la fase de construcción de las columnas se realiza el encofrado de la estructura metálica, posterior a esto se vierte el hormigón, su función es soportar las estructuras	

ETAPA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <p>PLACA CERO</p>	<p>de las siguientes plantas de la vivienda unifamiliar.</p> <p>En esta etapa del proyecto se lleva a cabo el vaciado y vibrado del concreto de la placa cero.</p>	
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <p>PLACA ENTREPISO 1</p>	<p>En esta fase se lleva a cabo el armado de la formaleta soportada con puntales, en la cual se arma la estructura metálica, posteriormente se realiza el vaciado y vibrado del concreto.</p>	
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <p>COLUMNAS PISO 2</p>	<p>En esta fase de construcción de continuidad de columnas se realiza el encofrado de la estructura metálica, posterior a esto se vierte el hormigón, su función es soportar las estructuras de las siguientes plantas de la vivienda unifamiliar.</p>	
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <p>PLACA ENTREPISO 2</p>	<p>En esta fase se lleva a cabo el armado de la formaleta soportada con puntales, en la cual se arma la estructura metálica, posteriormente se realiza el vaciado y vibrado del concreto de la segunda placa entrepiso.</p>	
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <p>COLUMNAS PISO 3</p>	<p>En esta fase de construcción de continuidad de columnas se realiza el encofrado de la estructura metálica, posterior a esto se vierte el hormigón, su función es soportar las estructuras de las siguientes plantas de la vivienda unifamiliar.</p>	

ETAPA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
CONSTRUCCIÓN PLACA ENTREPISO 3	En esta fase se lleva a cabo el armado de la formaleta soportada con puntales, en la cual se arma la estructura metálica, posteriormente se realiza el vaciado y vibrado del concreto de la tercera placa entrepiso.	
CONSTRUCCIÓN SIMULTÁNEA PLACAS 4 PISO, MAMPOSTERÍA 1° PISO Y CUBIERTA	En esta etapa se desarrollan actividades simultáneamente como lo son: armado de formaleta y estructura metálica del 4 piso y cubierta, levantamiento de muros de primer piso.	
MAMPOSTERÍA	Se lleva a cabo la construcción de muros compuestos por unidades de ladrillos y fijados con morteros.	
CARPINTERÍA	En esta etapa se lleva a cabo la colocación de barandas, puertas y ventanas que van en la parte interna y externa de la Vivienda Unifamiliar.	

Fuente: elaboración propia (2021)

6.2.2. Análisis de la Priorización de Riesgos de Acuerdo a la Matriz IPEVR Realizada Para la Construcción de una Vivienda Unifamiliar Ubicada en el Municipio de Villapinzón Cundinamarca.

Para este proyecto se llevó a cabo la identificación de peligros y la valoración de los riesgos laborales, de acuerdo a la metodología de la guía técnica colombiana GTC 45 de 2012. Esto con el fin, de realizar un análisis minucioso de los peligros y riesgos en la aplicación de la Metodología

BIM (Building Information Modeling) para la construcción de la vivienda unifamiliar ubicada en el municipio de Villapinzón Cundinamarca.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se procede a la jerarquización de los riesgos más representativos del proyecto como lo son: biológico, físico, químico, biomecánico, psicosocial y de condiciones de seguridad, los cuales requieren ser priorizados, de tal forma que se pueda implementar de manera inmediata los controles y las medidas de intervención necesarias.

Tabla 7

Priorización de Matriz de Peligros

DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	INT. NIVEL DE RIESGO	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO
Virus: Generado por exposición a SARS-CoV-2	biológico	I	no aceptable
Ruido continuo e intermitente: Generado por el uso permanente de herramientas manuales y eléctricas.	físico	II	no aceptable o aceptable con control específico
Vibraciones: Ocasionado por el uso de herramientas eléctricas.	físico	II	no aceptable o aceptable con control específico
Polvos inorgánicos y material particulado: Generados por los movimientos de tierra, manejo de cemento y agregados etc.	químico	II	no aceptable o aceptable con control específico

Posturas (prolongada, mantenida, forzada, anti gravitacional) Movimiento repetitivo. Manipulación manual de carga.	biomecánico	I	no aceptable
Posturas (prolongada, mantenida, forzada, anti gravitacional) Movimiento repetitivo. Manipulación manual de carga.	biomecánico	I	no aceptable
Gestión Organizacional: jornada de trabajo	psicosocial	I	no aceptable
Trabajo en alturas: Generado por labores que se realizan a un nivel superior de 1.5 metros de alturas.	condiciones de seguridad	I	no aceptable

Fuente: elaboración propia (2021)

6.2.3. Análisis del Manejo del Software que se va a Utilizar Para la Elaboración del Modelo Digital de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Para realizar el modelo BIM de seguridad y salud en el trabajo es necesario contar con software que permitan el manejo adecuado de la información, en este caso se escogió el software Revit 2018 de Autodesk teniendo en cuenta que este cuenta con una licencia gratuita para estudiantes, permitiendo el fácil acceso a cada una de las herramientas y funciones del programa, este se utiliza principalmente para generar el modelo 3D de la vivienda unifamiliar y para realizar la identificación de los riesgos en el modelo. Otro de los softwares escogidos fue Dynamo, teniendo en cuenta que este permite crear algoritmos personalizados con el fin de procesar datos del proyecto, en este caso se realizará la programación de la información para

poder realizar la evaluación de los riesgos en el modelo 3D. Por último, se escogió el software Naviswork para generar el modelo 4D de seguridad y salud en el trabajo.

6.3. Generación del Modelo de Seguridad y Salud en el Trabajo

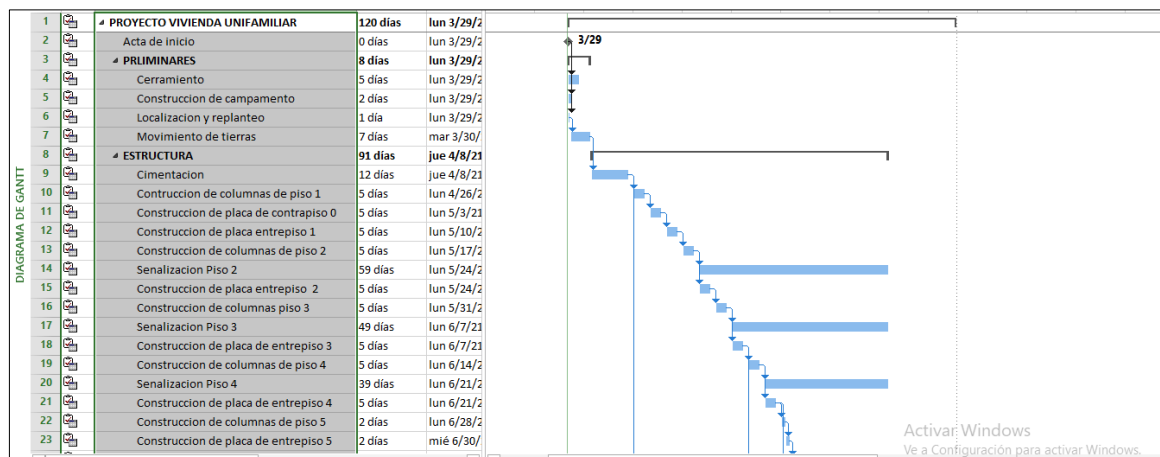
6.3.1. Planificación de la Obra por Medio del Programa Ms Project

Se realizó una planificación de obra mediante la herramienta de gestión Ms Project, la cual tiene por objeto describir cada una de las etapas del proyecto, las fechas establecidas de ejecución y la secuencia de las actividades esto con el fin de dar inicio a la identificación de peligros una vez vinculada al programa Revit.

A continuación, se puede observar la programación para el presente estudio.

Figura 13

Programación de obra



Fuente: elaboración propia (2021)

7.4.2. Creación de Parámetros de Seguridad Industrial (Nivel de Deficiencia, Nivel de Exposición, Nivel de Consecuencias, Nivel de Probabilidad etc.) en el Modelo 3D para Cada uno de los Elementos de la Obra.

Antes de ingresar los parámetros al software Revit, fue necesario numerar cada peligro establecido en la GTC 45, de tal forma que se pudiera identificar fácilmente en el programa. Ver *Anexo1. Clasificación de peligros.*

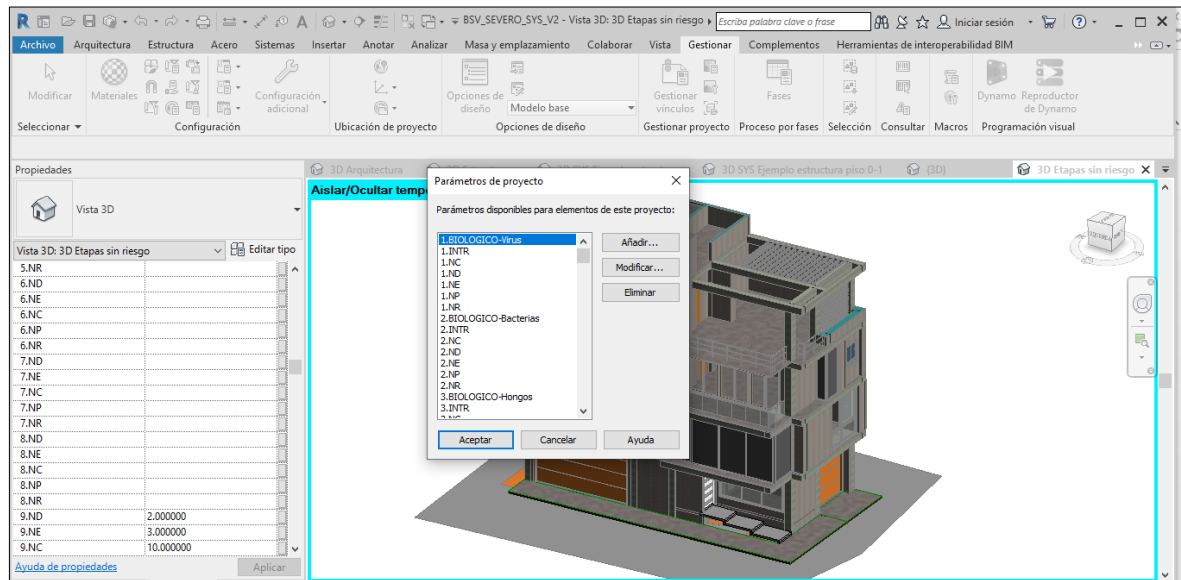
Utilizando la herramienta parámetro de proyecto que aparece en el cuadro de diálogo, es posible crear y añadir parámetros, en este caso se estandarizaron los tipos de peligros como lo son biológico, biomecánico, físico, químico, psicosocial, locativo, condiciones de seguridad y mecánico, junto con su respectiva clasificación.

Adicionalmente, se establece el parámetro de nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad, nivel de consecuencia, determinación y significado del riesgo.

En la siguiente figura, se puede observar la creación de los parámetros según número de clasificación:

Figura 14

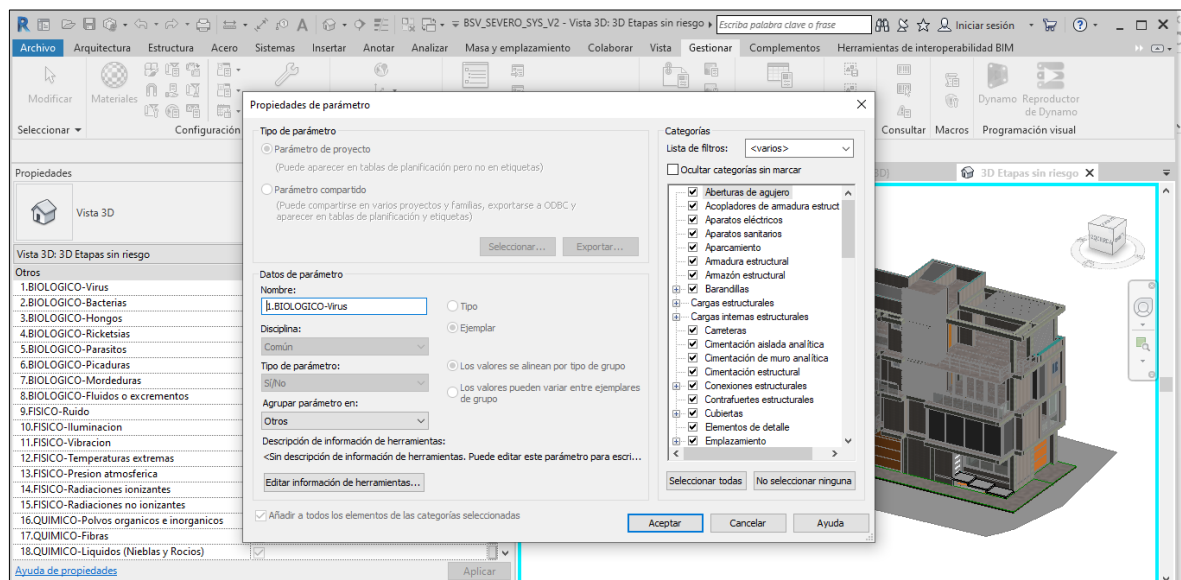
Creación de Parámetros de Seguridad Industrial (Nivel de Deficiencia, Nivel de Exposición, etc.) en el Modelo 3D



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 15

Creación de Parámetros de Seguridad Industrial (Riesgo Físico, Químico, Biológico, etc.) en el Modelo 3D



Fuente: elaboración propia (2021)

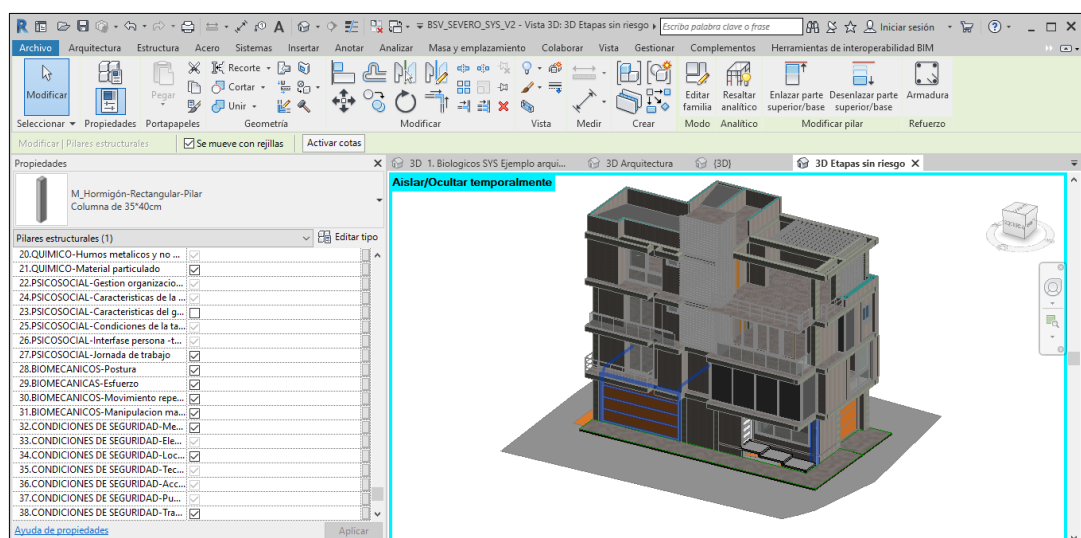
6.3.2. Identificación de los Riesgos en el Modelo 3D en Cada Etapa de la Construcción de la Obra

Una vez parametrizados los peligros, se procede a seleccionar los riesgos asociados a cada una de las etapas del proyecto. A continuación, se observa la identificación de peligros para la fase de construcción de columnas del primer piso donde se identificaron los siguientes peligros:

- Biológico (virus)
- Físico: (ruido y vibración)
- Químico (material particulado)
- Biomecánico (postura, esfuerzo, movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas)
- Condiciones de seguridad (sismo, vendaval, inundación y precipitaciones) y así con cada una de las actividades del proyecto.

Figura 16

Identificación de los Riesgos en el Modelo 3D

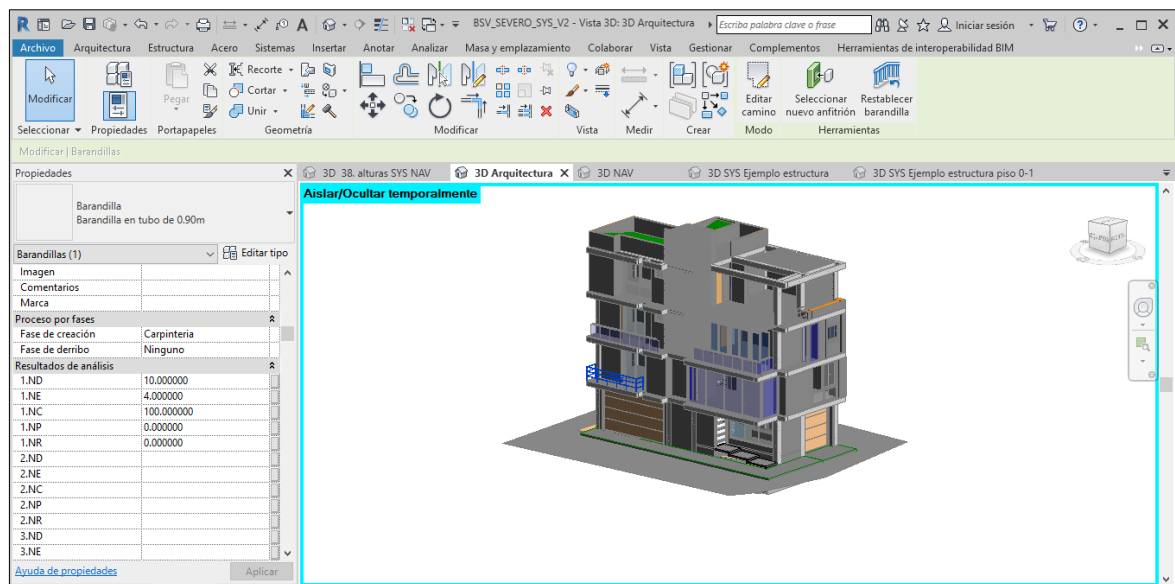


Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura No. 17 se muestra un ejemplo, de cómo se realizó la incorporación de los valores de nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de consecuencia para cada uno de los riesgos identificados en cada una de las etapas del proyecto.

Figura 17

Incorporación de Valores de Nivel de Deficiencia, Nivel de Exposición y Nivel de Consecuencia



Fuente: elaboración propia (2021)

La incorporación de estos parámetros se realizó mediante el software Revit, para cada una de las actividades del proyecto y para cada uno de los riesgos identificados.

Una vez identificados los peligros y analizado los riesgos, se procede a generar tablas para una fácil identificación de qué riesgos aplican en cada una de las actividades del proyecto. A continuación, se presenta como ejemplo la tabla No. 8 y 9 de identificación de riesgos en la etapa de construcción de columna del piso 1 y en la etapa de mampostería del piso 1.

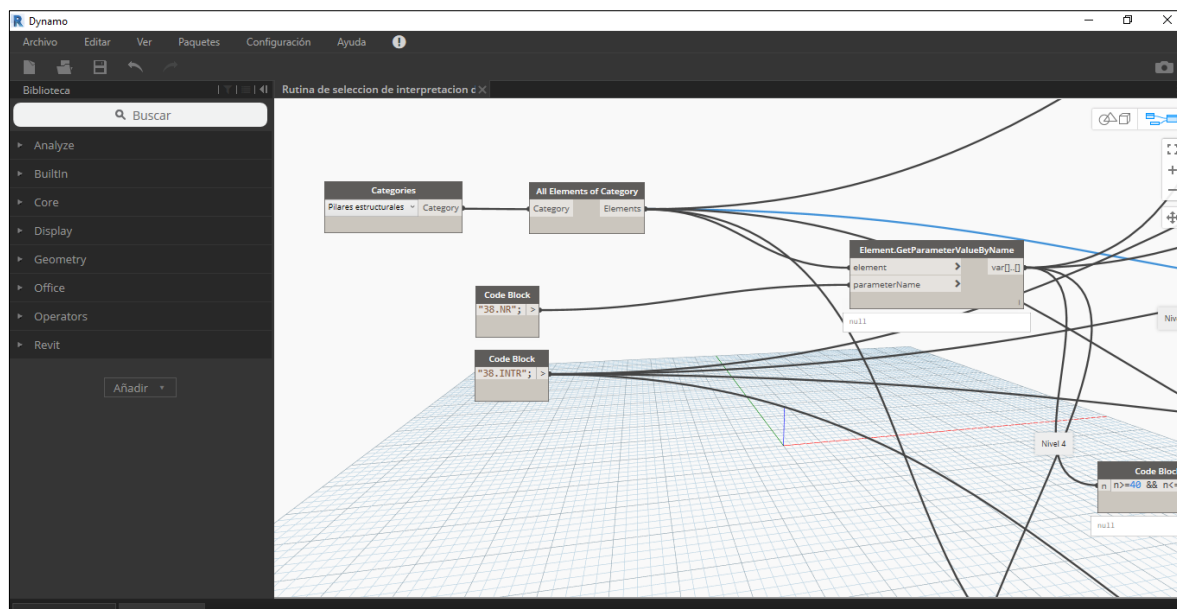
6.3.3. Evaluación de los Riesgos Mediante Dynamo

Teniendo en cuenta que Revit tiene algunas limitantes para completar el proceso de evaluación de los riesgos, es necesario utilizar otra herramienta que permita formular y establecer condiciones mediante algoritmos establecidos por el usuario o por el profesional en seguridad y salud en el trabajo. En este caso fue necesario el uso del software Dynamo, el cual permite programar la secuencia de datos tanto de entrada como de salida, por ejemplo, en el algoritmo de entrada se tiene el valor de la probabilidad y severidad del riesgo, obteniendo como salida el nivel de riesgo, cabe resaltar, que este proceso se debe aplicar para todos los riesgos y todos los elementos del proyecto.

En la siguiente figura, se puede observar el caso específico para trabajo en alturas parametrizado con el número 38 en la etapa de construcción de columnas.

Figura 18

Ejemplo de Evaluación de Riesgos Mediante Dynamo



Fuente: elaboración propia (2021)

6.3.4. Generación de Tablas Para Realizar la Valoración de los Riesgos de cada uno de los Elementos de la Obra

De acuerdo con las parametrizaciones y las fórmulas establecidas en la GTC 45 se procede a crear tablas de evaluación de riesgos para cada una de las etapas del proyecto donde se especifican los criterios de evaluación.

A continuación, se observa la tabla de evaluación de riesgo del trabajo en alturas para la etapa de construcción de columnas y mampostería del primer piso.

En la tabla No. 10, el resultado del nivel del riesgo es igual a 1, lo cual indica que el riesgo es no aceptable y necesita intervención urgente mediante medidas preventivas o correctivas.

Tabla 10

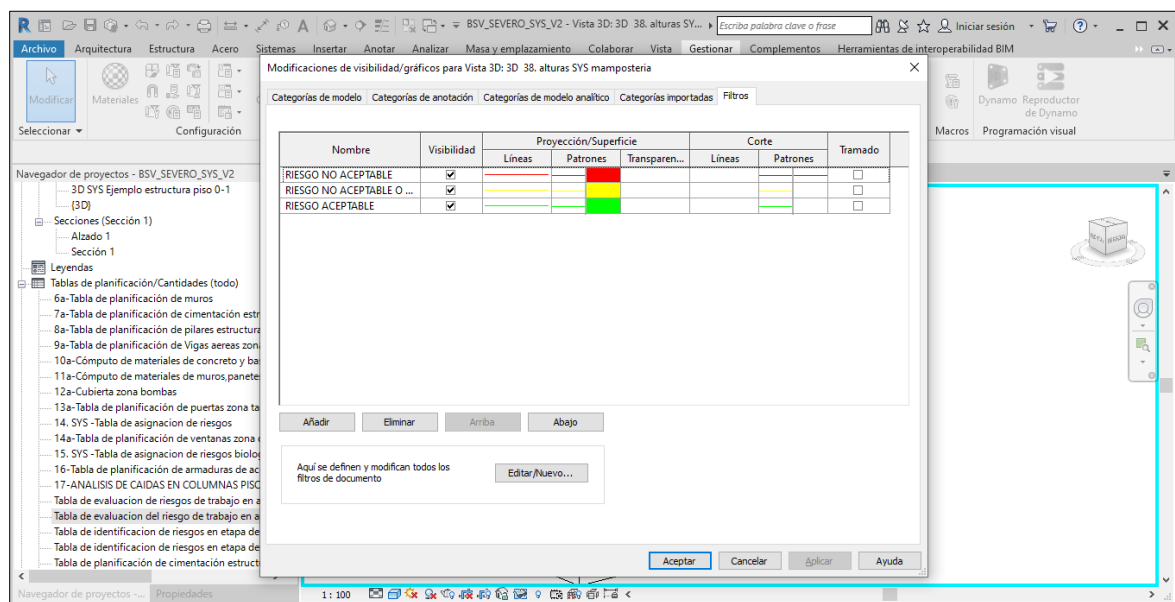
Evaluación de Riesgos de Trabajo en Alturas en la Fase de Construcción de Columnas Piso 1

<Tabla de evaluación de riesgos de trabajo en alturas en la fase de construcción de columnas piso 1>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Fase de creación	Tipo	38 NC	38 ND	38 NE	38 NP	38 NR	38 INTR
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*40cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 30*35cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 30*35cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 30*40 cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 30*40 cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*35cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*35cm	60	6	3	18	1080	1
Columnas Piso 1	Columna de 35*35cm	60	6	3	18	1080	1

Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 19

Código de colores según la GTC 45

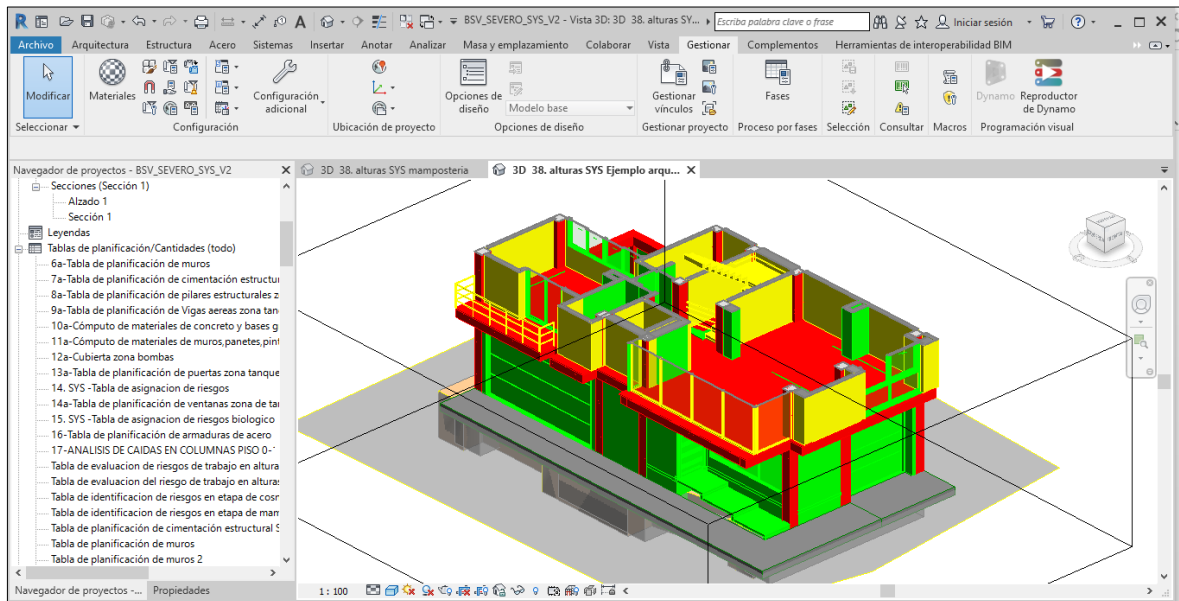


Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura No. 20, se muestra la visualización del nivel de riesgo de trabajo en alturas en la etapa de construcción de columnas donde es posible observar que todas las columnas se marcan de color rojo, lo cual indica que el riesgo no es aceptable y los trabajadores pueden estar expuestos a caídas desde otro nivel ocasionando traumas, lesiones e incluso hasta la muerte.

Figura 22

Niveles de Riesgo en Todas las Etapas de Construcción del Nivel 1 y 2

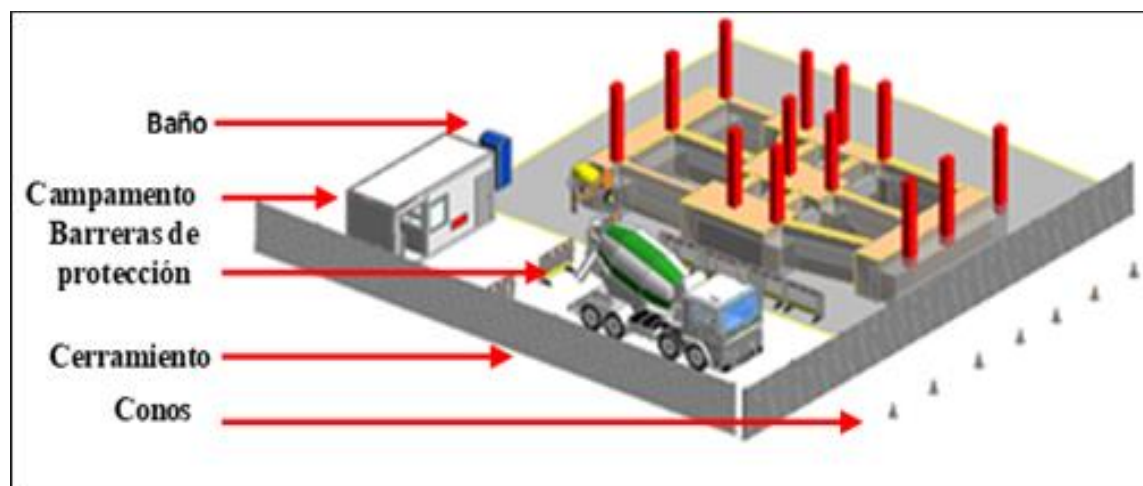


Fuente: elaboración propia (2021)

6.3.6. Creación de Familias de Protección Como (Cerramiento De La Obra, Conos, Campamentos, Baños, Barandillas de Protección, Señalización Preventiva, Señalización Informativa, etc.) en el Modelo BIM.

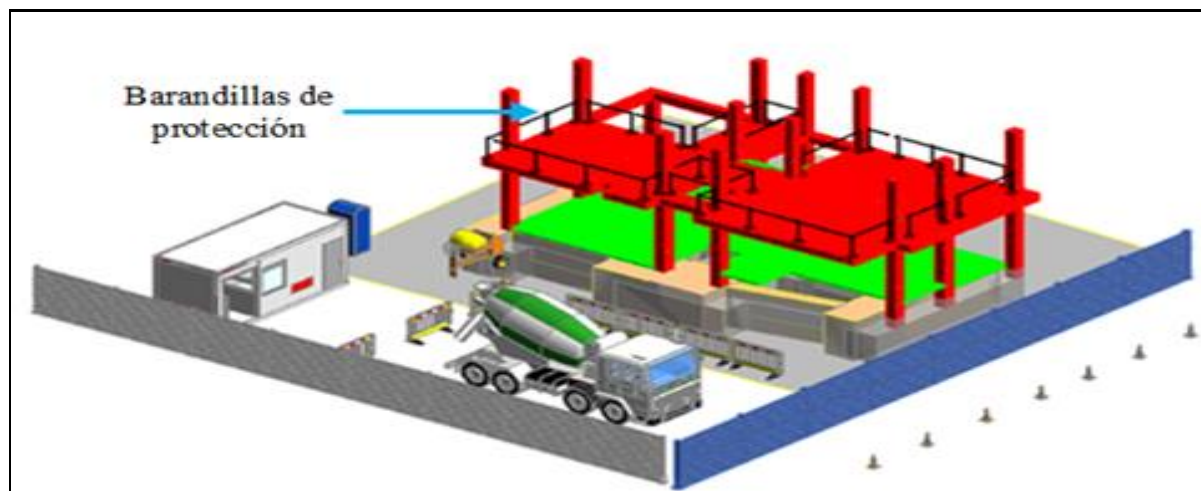
Figura 23

Creación de Familias de Protección (Baño, Campamento, Barreras de Protección, Cerramiento y Conos)



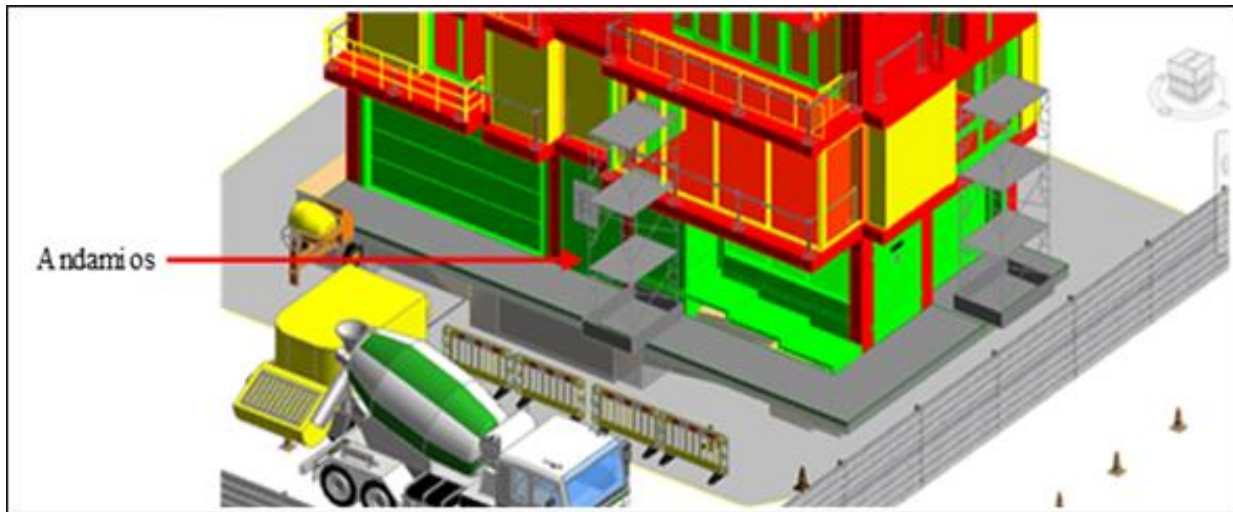
Fuente: elaboración propia (2021)

Como se puede observar en la figura No. 23, se crearon construcciones provisionales como el campamento el cual es esencial en cualquier obra para organizar materiales, herramientas, equipos, se colocó un baño portátil, también se crearon medidas de protección colectiva como el cerramiento de la obra el cual corresponde a una de las actividades preliminares del proyecto, se colocaron conos los cuales sirven para señalización vial ya que representan una advertencia de peligro tanto para conductores como para transeúntes. En cuanto a las barreras de protección, estas se crearon teniendo en cuenta que sirven para delimitar áreas o zonas restringidas de la obra y protegen contra riesgos de choques o golpes a equipos, vehículos, muros etc. Es necesario al inicio de cualquier obra contar con todas las herramientas, equipos, elementos que permitan el funcionamiento correcto del proyecto y se garantice espacios de trabajo seguros para los trabajadores.

Figura 24*Creación de Barandillas de Protección*

Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura anterior, se puede observar las barandillas de protección creadas para trabajo en alturas, estas se colocan con el fin de garantizar la protección en los bordes de cada uno de los pisos de la obra y de esta manera minimizar los riesgos que se puedan ocasionar por caídas desde diferentes niveles, estas barandillas deben ser construidas en materiales rígidos y resistentes, deben contar con una altura mínima de 90 cm y deben cumplir con las demás especificaciones exigidas en la normatividad vigente para la construcción de estas medidas de protección colectivas.

Figura 25*Creación de Andamios*

Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura No. 25, se puede observar los andamios creados como medida de protección colectiva, estos deben cumplir con los requisitos exigidos en la norma técnica colombiana NTC 1642 Higiene y Seguridad. Andamios. Requisitos generales de seguridad. Los andamios son esenciales cuando se trabaja en alturas ya que estos minimizan riesgos que pueden ocasionar accidentes graves a los trabajadores. Además de contar con andamios certificados se debe suministrar a los trabajadores los demás equipos y elementos para trabajo en alturas como arnés, líneas de vida, anclajes, conectores, casco etc. y verificar el estado de estos para garantizar la seguridad en el área de trabajo.

Figura 26

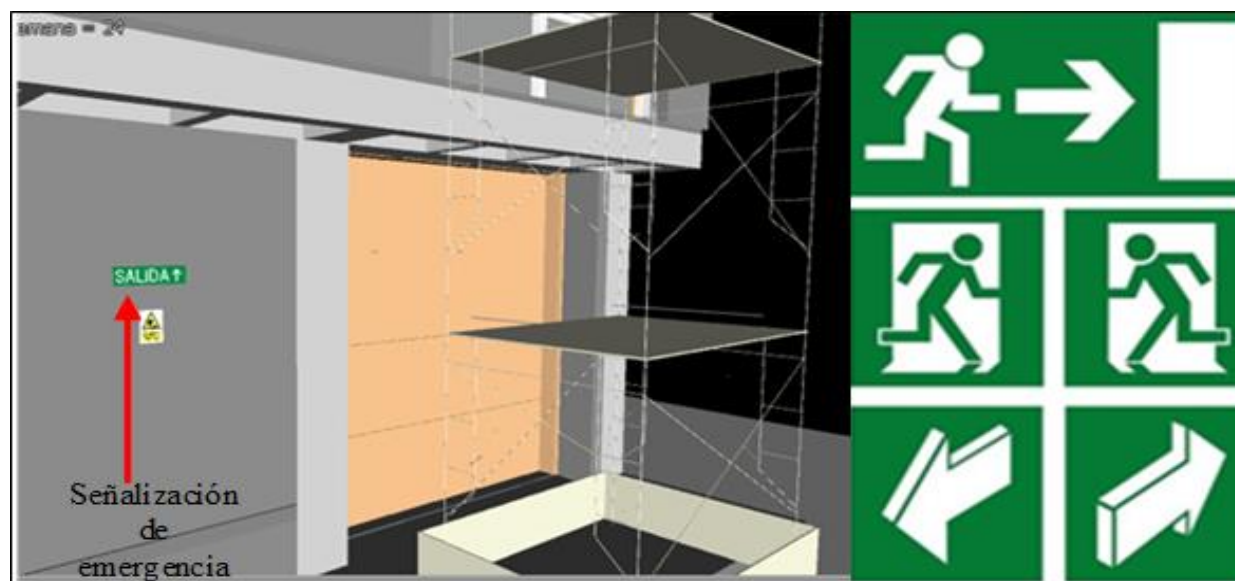
Creación de Elementos de Protección Personal



Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura No. 26, se observa la señalización informativa creada en el modelo, en este caso corresponde a uso de elementos de protección personal como uso de casco, guantes, mascarilla, gafas, overol, botas de seguridad etc. Es importante colocar estas señales en lugares visibles de la obra ya que esto permite advertir a los trabajadores sobre el peligro en las áreas de trabajo y recordarles que el uso de estos elementos es obligatorio durante la jornada laboral.

Cabe resaltar, que los elementos de protección personal no eliminan el riesgo, simplemente interponen una barrera entre el riesgo y el trabajador, su función es proteger al trabajador y minimizar las consecuencias de los accidentes de trabajo. De ahí la importancia de generar una cultura de autocuidado en las áreas de trabajo y brindar la información necesaria a los trabajadores a través de charlas o capacitaciones sobre el uso, manejo y cuidado de los elementos de protección personal.

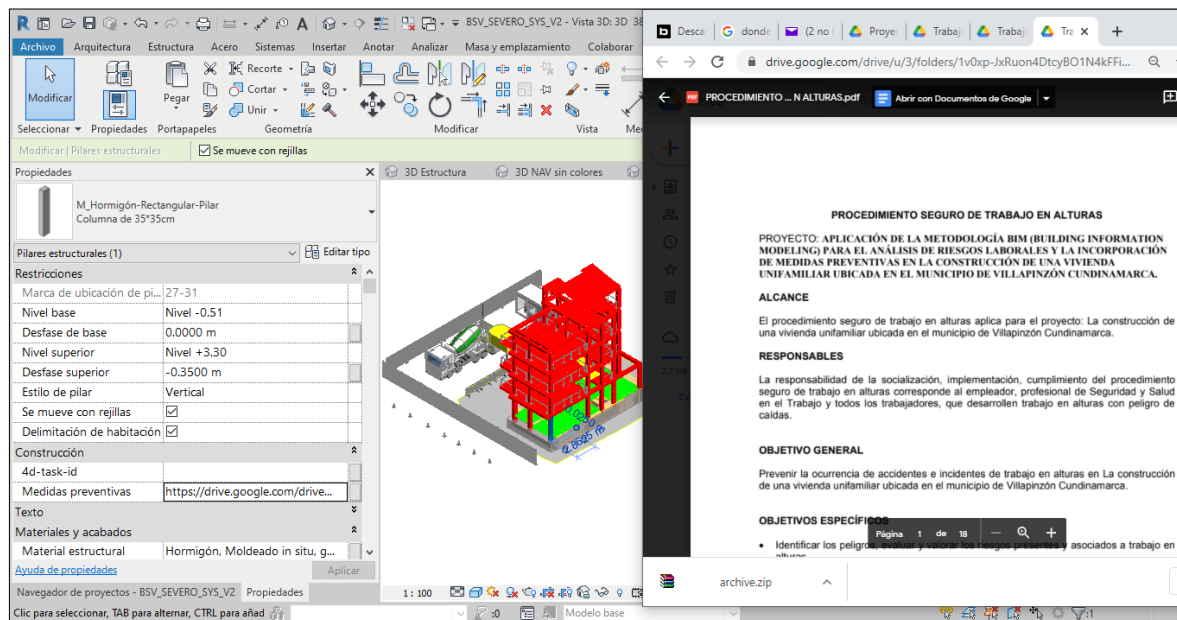
Figura 27*Creación de Señalización de Emergencia**Fuente: elaboración propia (2021)*

En la figura No. 27, se observa la señalización de emergencia que se colocó en el modelo generado, estas señales se ubican en lugares visibles desde el lugar de evacuación hasta el punto de encuentro. Lo ideal es que el profesional encargado de la implementación del sistema de seguridad y salud en el trabajo identifique claramente en el modelo los lugares donde debe ir la señalización y realice la respectiva capacitación a todo el personal de la obra para que conozcan e identifiquen las señales y el significado de estas. La obra debe contar con esta señalización ya que permiten localizar las salidas de emergencia de manera rápida en caso de tener que evacuar las áreas de trabajo de forma inesperada.

6.3.7. Vinculación de Medidas Preventivas de Seguridad y Salud en el Trabajo al Modelo (Procedimientos de Trabajo Seguro en Alturas, Fichas de Seguridad, etc.)

Figura 28

Vinculación de Medidas Preventivas en el Modelo 3D

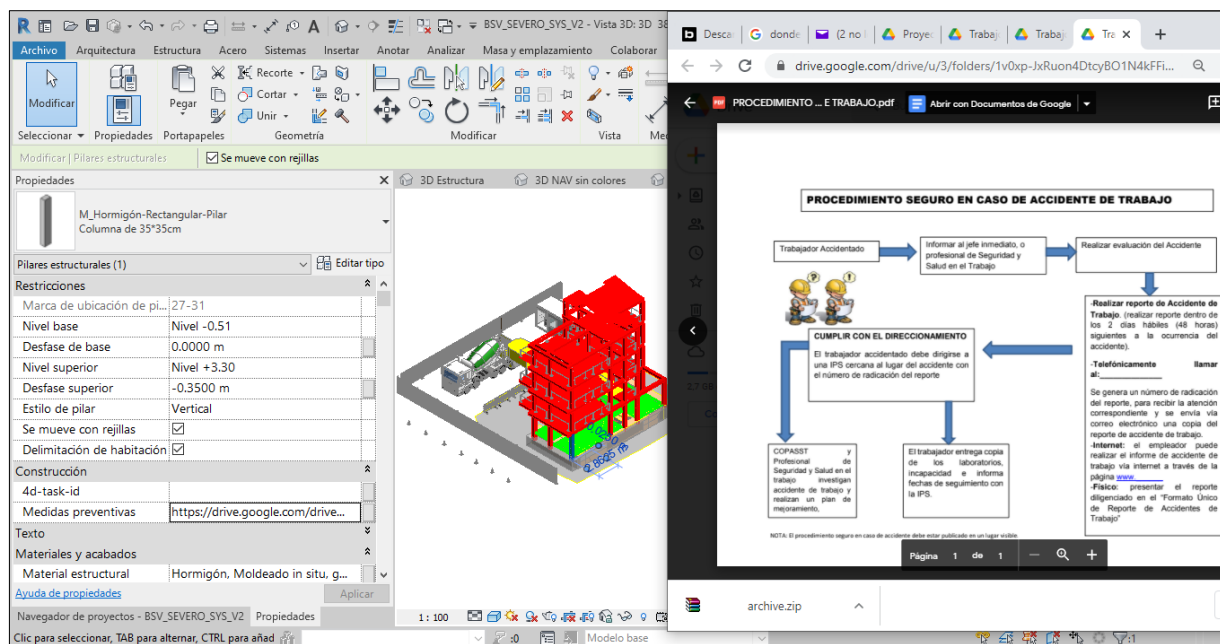


Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura No. 28, se puede observar la vinculación de medidas preventivas al modelo de seguridad y salud en el trabajo correspondiente a la etapa de construcción de columnas, en este caso, se creó un link con el procedimiento seguro de trabajo en alturas de tal forma que el profesional encargado del tema, con tan solo dar clic pueda acceder a la información para capacitar a los trabajadores que van a iniciar con la ejecución de estas actividades que representar un riesgo alto, es necesario que se explique detalladamente el procedimiento ya que el hecho de conocer las técnicas, tener el conocimiento y las pautas para realizar dicha actividad hace que el trabajador adquiera seguridad y confianza y realice el trabajo de manera segura.

Figura 29

Procedimiento en Caso de Accidentes de Trabajo



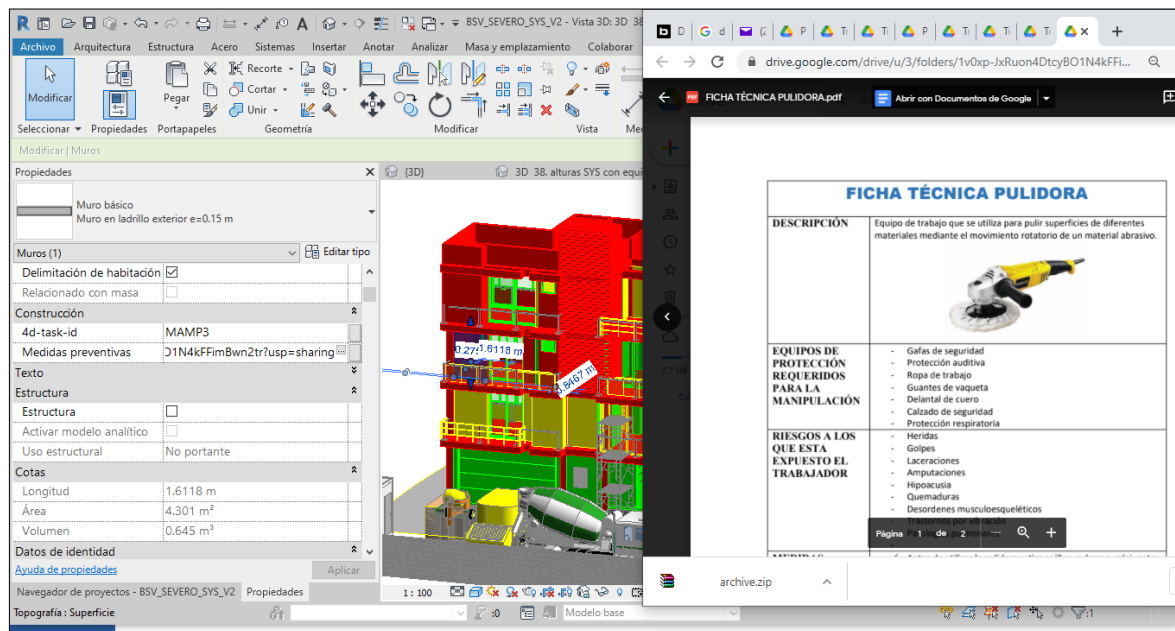
Fuente: elaboración propia (2021)

Otra de las medidas preventivas que se vinculó al modelo fue el procedimiento seguro en caso de accidentes de trabajo como se puede observar en la figura No 29. Se colocó teniendo en cuenta que muchas veces los trabajadores ni el profesional de seguridad y salud en el trabajo saben que hacer o que pasos seguir para prestar los primeros auxilios a la persona accidentada. Este procedimiento también debe ser divulgado y publicado en la obra para que todo el personal tenga claro cómo actuar y conozca los números de los centros de salud más cercanos a la obra, números de la ARL, de los bomberos etc. para reportar cualquier eventualidad o emergencia.

Una de las ventajas que presenta el modelo de seguridad y salud en el trabajo es precisamente la accesibilidad a toda la información, para garantizar la correcta implementación del sistema de seguridad y salud en la obra para generar espacios de trabajo seguros.

Figura 30

Ficha Técnica Pulidora



Fuente: elaboración propia (2021)

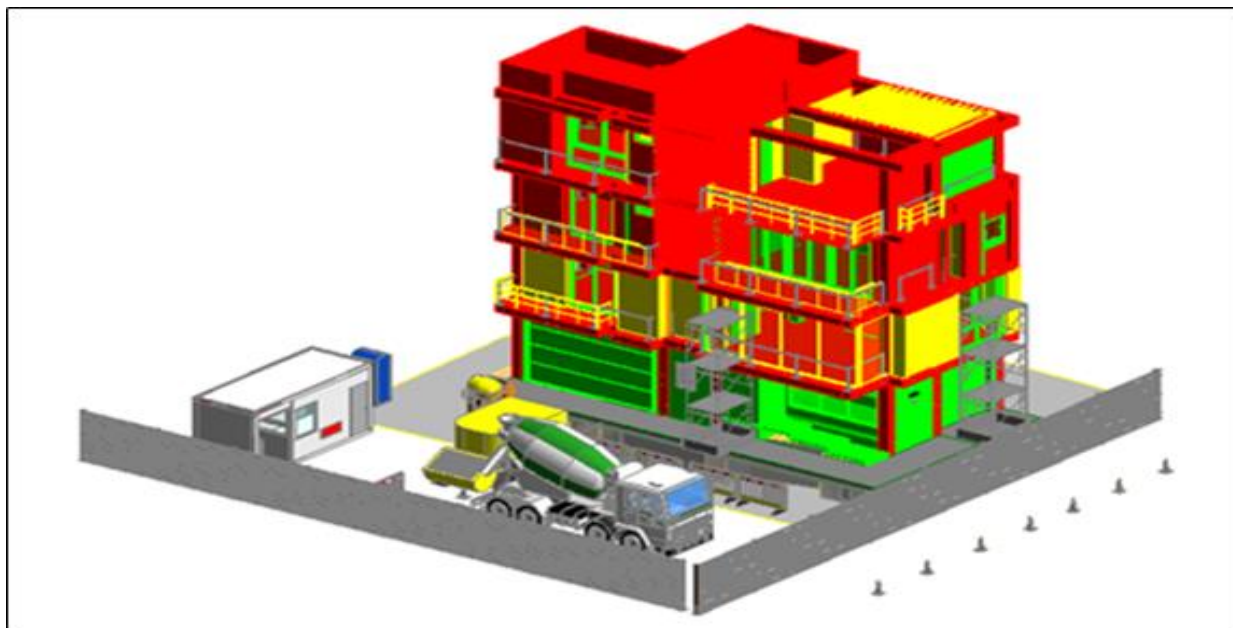
El modelo permite vincular la información que se considere necesaria para la adecuada ejecución de la obra. En este caso también se vinculó la ficha técnica de la pulidora en la etapa de mampostería, teniendo en cuenta que este tipo de herramientas representa un riesgo alto para los trabajadores y se debe contar con el procedimiento seguro para el manejo de esta con el fin de evitar accidentes de trabajo o lesiones graves a los trabajadores.

6.3.8. Modelo 8D de Seguridad y Salud en el Trabajo

A continuación, se presenta el modelo de seguridad y salud en el trabajo:

Figura 31

Modelo 8D de Seguridad y Salud en el Trabajo



Fuente: elaboración propia (2021)

Finalmente, se obtuvo el modelo de seguridad y salud en el trabajo como se observa en la figura No. 31. Una vez realizada la identificación y evaluación de los riesgos en el modelo, se determinó el nivel de riesgo para cada etapa y nivel de la vivienda, en este caso se puede ver que el piso 1 de la vivienda cuenta con un color verde en los muros tanto externos como internos, correspondiente al nivel de riesgo 3 el cual puede ser mejorable, las columnas de este mismo piso son de color rojo, en este caso el nivel de riesgo es 1 lo que significa que no es aceptable y que el trabajador se encuentra ante una situación crítica que requiere de medidas correctivas de manera urgente.

En cuanto a piso 2 de la vivienda, se observa que los muros y columnas de color rojo son los que se encuentran en áreas externas de mayor riesgo, también se pueden ver muros de color

amarillo los cuales representan el nivel de riesgo 2, el cual es no aceptable o aceptable con control específico y se debe corregir o adoptar medidas de control.

En el tercer piso se observan muros y columnas exteriores de color rojo teniendo en cuenta que, a mayor altura, aumenta el nivel de riesgo. Sin embargo, también se obtuvo muros internos de color verde ya que, para la construcción de estos, los trabajadores se encuentran en la parte central de la placa, no en los bordes razón por la cual el riesgo disminuye.

En el caso del piso 4 de la vivienda, se observan muros y columnas exteriores de color rojo, es evidente ver que en esta área el riesgo es alto y que se requiere de medidas estrictas para evitar cualquier accidente de trabajo. También se observa que una parte de la cubierta es de color amarillo, correspondiente al nivel de riesgo 2, este riesgo disminuye en esta área teniendo en cuenta que, para realizar esta actividad, los trabajadores la colocan desde la parte interna de la obra. En el caso de la ventana, se observa que es de color verde con un nivel de riesgo 3 ya que para colocarla los trabajadores se ubican por la parte de adentro y la altura no es superior a 1.5 metros.

7. Análisis Financiero

Para la implementación del modelo de seguridad y salud en el trabajo se realizó el respectivo análisis presupuestal, como se muestra a continuación:

Tabla 12

Análisis Financiero

PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO CON METODOLOGIA BIM				
ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PROFESIONALES Y SOFTWARE				
Profesional SST	mes	5	\$ 1.500.000	\$ 7.500.000
Ingeniero civil	mes	0,5	\$ 2.500.000	\$ 1.250.000
Computador	und	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Televisor	und	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Internet	mes	5	\$ 150.000	\$ 750.000
Software Revit	mes	5	\$ 1.200.000	\$ 6.000.000
Software Project	mes	0,25	\$ 70.000	\$ 17.500
SUBTOTAL				\$ 19.517.500
PAGO EXÁMENES DE INGRESO				
Exámenes de ingreso	UND	6	\$ 50.000	\$ 300.000
SUBTOTAL				\$ 300.000
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
Cascos con barbuquejo	UND	6	\$ 35.000	\$ 210.000

Respiradores 8210v N95	UND	64	\$ 5.500	\$ 352.000
Tapa oídos	UND	16	\$ 1.000	\$ 16.000
Uniforme de obra	UND	6	\$ 60.000	\$ 360.000
botas de Seguridad	UND	6	\$ 45.000	\$ 270.000
Botas dieléctricas	UND	4	\$ 75.000	\$ 300.000
Guantes de carnaza corto	UND	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Guantes de caucho	UND	20	\$ 3.800	\$ 76.000
Guantes de Nylon	UND	16	\$ 5.900	\$ 94.400
Arnés	UND	4	\$ 110.000	\$ 440.000
Eslingas	UND	4	\$ 149.000	\$ 596.000
Mosquetones	UND	4	\$ 121.000	\$ 484.000
Chalecos reflectivos de seguridad	UND	4	\$ 11.900	\$ 47.600
Gafas de seguridad	UND	16	\$ 4.900	\$ 78.400
Tie off	UND	6	\$ 39.000	\$ 234.000
Línea de vida vertical	UND	1	\$ 220.000	\$ 220.000
Línea de vida horizontal	UND	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Frenos para caídas	UND	1	\$ 155.000	\$ 155.000
Frenos para líneas de vida fijas y portátiles	UND	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Careta de soldar	UND	1	\$ 58.000	\$ 58.000
Delantal de carnaza	UND	1	\$ 45.000	\$ 45.000
guantes de carnaza largo	UND	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Gafas lentes oscuro	UND	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Capuchón	UND	1	\$ 85.900	\$ 85.900

TOTAL				\$ 5.131.300
SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA E INFORMATIVA				
Paletas de emergencias	UND	6	\$ 15.900	\$ 95.400
Señalizador vial tubular x 2	UND	8	\$ 77.000	\$ 616.000
Cinta Peligro	UND	4	\$ 20.000	\$ 80.000
Señalización industrial paquete x 10 und.	UND	4	\$ 16.500	\$ 66.000
SUBTOTAL				\$ 857.400
KIT DE EMERGENCIA				
Extintores	UND	2	\$ 59.900	\$ 119.800
Camilla	UND	1	\$ 139.000	\$ 139.000
botiquín	UND	1	\$ 80.000	\$ 80.000
SUBTOTAL				\$ 338.800
HERRAMIENTAS PARA TRABAJO EN ALTURAS				
Escaleras plegables	UND	1	\$ 135.000	\$ 135.000
Escaleras Extensión	UND	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Andamios certificados de 4 m.	UND	1	\$ 700.000	\$ 700.000
SUBTOTAL				\$ 1.235.000
PAGO EXÁMENES DE EGRESO				
Exámenes de egreso	UND	6	\$ 50.000	\$ 300.000
SUBTOTAL				\$ 300.000
TOTAL				\$ 27.680.000

Fuente: elaboración propia (2021)

En el análisis financiero se puede observar que se obtuvo como resultado un presupuesto de \$ 27.680.000 pesos para la implementación de la seguridad y salud en el trabajo con la aplicación de la metodología BIM en la obra.

PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO CON LA METODOLOGIA TRADICIONAL				
ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PROFESIONALES				
Profesional SST	mes	5	\$ 1.500.000	\$ 7.500.000
Computador	und	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Internet	mes	5	\$ 150.000	\$ 750.000
SUBTOTAL				\$ 10.250.000
PAGO EXÁMENES DE INGRESO				
Exámenes de ingreso	UND	6	\$ 50.000	\$ 300.000
SUBTOTAL				\$ 300.000
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
Cascos con barbuquejo	UND	6	\$ 35.000	\$ 210.000
Respiradores 8210v N95	UND	64	\$ 5.500	\$ 352.000
Tapa oídos	UND	16	\$ 1.000	\$ 16.000
Uniforme de obra	UND	6	\$ 60.000	\$ 360.000
Botas de Seguridad	UND	6	\$ 45.000	\$ 270.000
Botas dieléctricas	UND	4	\$ 75.000	\$ 300.000
Guantes de carnaza corto	UND	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Guantes de caucho	UND	20	\$ 3.800	\$ 76.000
Guantes de Nylon	UND	16	\$ 5.900	\$ 94.400
Arnés	UND	4	\$ 110.000	\$ 440.000

Eslingas	UND	4	\$ 149.000	\$ 596.000
Mosquetones	UND	4	\$ 121.000	\$ 484.000
Chalecos reflectivos de seguridad	UND	4	\$ 11.900	\$ 47.600
Gafas de seguridad	UND	16	\$ 4.900	\$ 78.400
Tie off	UND	6	\$ 39.000	\$ 234.000
Línea de vida vertical	UND	1	\$ 220.000	\$ 220.000
Línea de vida horizontal	UND	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Frenos para caídas	UND	1	\$ 155.000	\$ 155.000
Frenos para líneas de vida fijas y portátiles	UND	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Careta de soldar	UND	1	\$ 58.000	\$ 58.000
Delantal de carnaza	UND	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Guantes de carnaza largo	UND	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Gafas lentes oscuro	UND	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Capuchón	UND	1	\$ 85.900	\$ 85.900
TOTAL				\$ 5.131.300
SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA E INFORMATIVA				
Paletas de emergencias	UND	6	\$ 15.900	\$ 95.400
Señalizador vial tubular x 2	UND	8	\$ 77.000	\$ 616.000
Cinta Peligro	UND	4	\$ 20.000	\$ 80.000
Señalización industrial paquete x 10 und.	UND	4	\$ 16.500	\$ 66.000
SUBTOTAL				\$ 857.400
KIT DE EMERGENCIA				
Extintores	UND	2	\$ 59.900	\$ 119.800
Camilla	UND	1	\$ 139.000	\$ 139.000

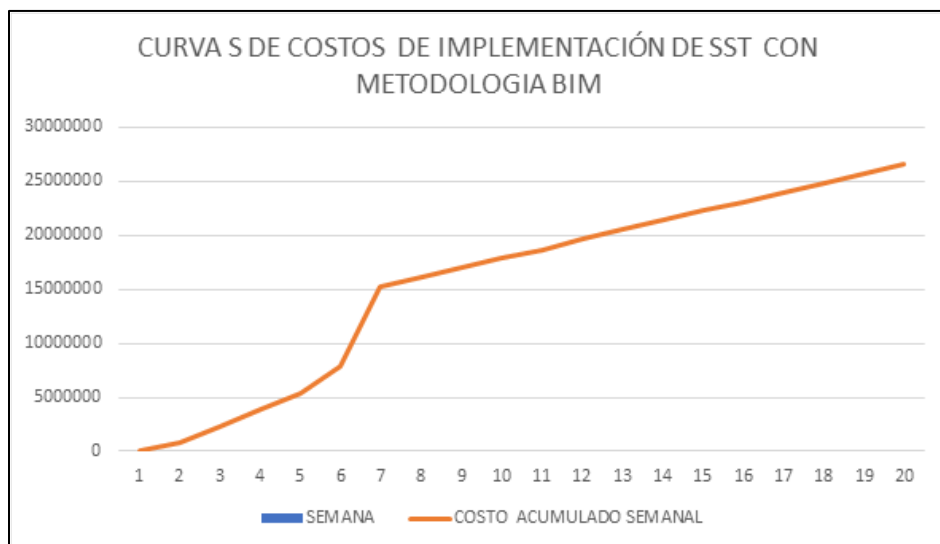
Botiquín	UND	1	\$ 80.000	\$ 80.000
SUBTOTAL				\$ 338.800
HERRAMIENTAS PARA TRABAJO EN ALTURAS				
Escaleras plegables	UND	1	\$ 135.000	\$ 135.000
Escaleras Extensión	UND	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Andamios certificados de 4 m.	UND	1	\$ 700.000	\$ 700.000
SUBTOTAL				\$ 1.235.000
PAGO EXÁMENES DE EGRESO				
Exámenes de egreso	UND	6	\$ 50.000	\$ 300.000
SUBTOTAL				\$ 300.000
TOTAL				\$ 18.112.500

Fuente: elaboración propia (2021)

En el análisis financiero realizado para la implementación de la seguridad y salud en el trabajo con la metodología tradicional se obtuvo un valor de \$ 18.112.500, ya que no se requiere de software ni personal capacitado en el manejo de herramientas BIM.

Figura 32

Curva S de costos de la implementación de SST con la aplicación de la metodología BIM

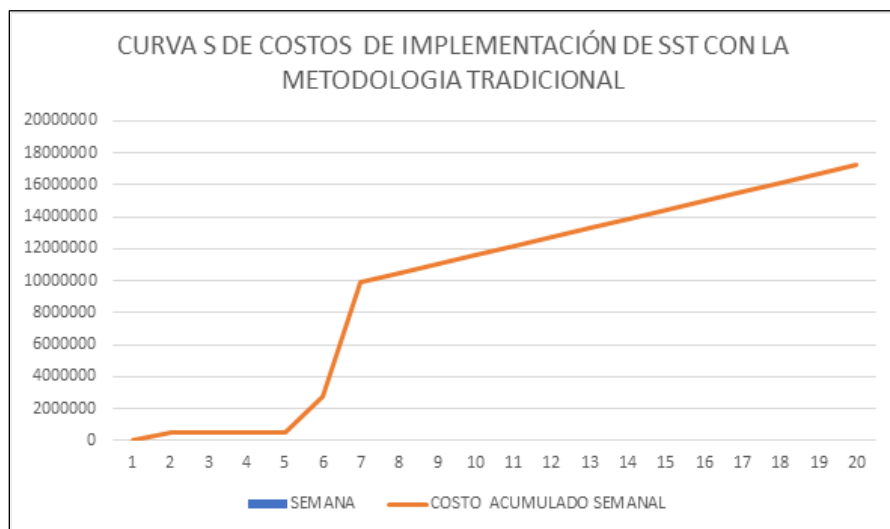


Fuente: elaboración propia (2021)

En la gráfica anterior se puede observar que inicialmente en la etapa de estudio y diseño el costo es bajo y con tendencia moderada, de la semana 5 a la semana 7 se observa una mayor pendiente teniendo en cuenta que acá inicia la etapa de construcción, lo cual requiere una mayor inversión debido a la compra de elementos de protección personal, exámenes de ingreso, equipos de trabajo en alturas, señalización y demarcación de áreas al inicio de la obra, de la semana 8 en adelante la pendiente es menor ya que el costo de implementación se hace de manera gradual semana por semana.

Figura 33

Curva S de costos de implementación de SST con la metodología tradicional



Fuente: elaboración propia (2021)

En la figura anterior se observa que de la semana 1 a la semana 5 no hay inversión teniendo que no hay integración de la seguridad y salud en el trabajo en la etapa de diseños, solo se elabora la matriz de riesgos, de la 5 a la semana 6 se observa una pendiente mayor teniendo en cuenta que en estas semana se realiza la compra de elementos de protección personal para entregar a los trabajadores toda la dotación, también se realizan los exámenes de ingreso, se coloca señalización y se demarcan áreas de trabajo, de la semana 8 en adelante se observa una pendiente menor ya que la inversión en estas semanas se hace dependiendo lo que se vaya requiriendo durante el desarrollo de la obra.

7.1. Multas y Sanciones

De acuerdo al Decreto 472 de 2015, Decreto 1072 de 2015 artículo 2.2.4.11.1 al 2.2.4.11.13 en los cuales se reglamentan los criterios para establecer las multas y sanciones, estas se aplicarían sobre las empresas que incurran en el incumplimiento de normas en seguridad y salud en el trabajo, y con ello pongan en riesgo la vida e integridad del personal de la obra. Para esta investigación se determinó el monto correspondiente a multas y sanciones en caso de incumplimiento.

Tabla 9

Multas y Sanciones

Multas y Sanciones					
TIPO RECURSO	DESCRIPCIÓN				
	CARGO	DURACIÓN	Nº DE	VALOR	SUBTOTAL
RECURSO FINANCIERO	MULTAS Y SANCIONES	SALARIOS (SMMLV)		VALOR	SUBTOTAL
	Por incumplimiento de normas en SST	1 - 5		\$ 908.526,00	\$ 4.542.630,00
	Por incumplimiento en el reporte de AT o EL	1 - 20		\$ 908.526,00	\$ 18.170.520,00
	Por incumplimiento que de origen a un AT mortal	20 - 24		\$ 18.170.520,00	\$ 21.804.624,00
					TOTAL

Fuente: elaboración propia (2021)

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

Al realizar la identificación de peligros valoración y evaluación de riesgos presentes en cada una de las actividades de la vivienda unifamiliar, se determinó que los peligros más representativos son el peligro de condiciones de seguridad con un 33%, seguido por el peligro biomecánico con un 22%, biológico con un 19%, fenómenos naturales con 11%, físico con un 7%, psicosocial con un 6% y finalmente el peligro químico con un 2%. Para realizar la simulación del modelo se tomó como ejemplo el peligro condiciones de seguridad (trabajo en alturas) ya que desde la construcción de las columnas del primer piso se realizan labores a más de 1,15 m de altura con un nivel de riesgo alto y es sin duda el peligro que tiene mayores consecuencias para los trabajadores en caso de ocurrir un accidente de trabajo.

Con la simulación del modelo 8D de seguridad y salud en el trabajo de la vivienda unifamiliar, es posible identificar de una forma visual los peligros y el nivel de riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores de la obra, teniendo en cuenta el mapa de calor donde el color rojo hace referencia al nivel de riesgo No Aceptable, el color amarillo nivel de riesgo Aceptable o No Aceptable con control específico y por último el color verde con un nivel de riesgo Aceptable.

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar la metodología BIM y la GTC 45 de 2012 para el análisis de riesgos en la vivienda unifamiliar se definieron las siguientes medidas de intervención a aplicar:

1. Medidas de intervención para el riesgo de caída en altura

- Procedimiento de trabajo seguro
- Fichas de seguridad
- Pre operacional para equipos y herramientas
- Medidas de prevención como barandillas de protección
- Equipos de protección personal contra caídas
- Demarcación y señalización
- Capacitación y el entrenamiento al personal expuesto

2. Medidas de intervención para riesgo biológico

- Protocolos de bioseguridad
- Elementos de protección personal

Con la aplicación de la metodología BIM se logran gestionar los peligros y riesgos existentes desde la fase de diseño hasta la liquidación del proyecto, definiendo controles encaminados a la eliminación, sustitución o administración del riesgo previniendo la ocurrencia de accidentes y generación de enfermedades laborales, blindando así a la empresa o al dueño del proyecto frente a la generación de multas y sanciones por la no gestión de los riesgos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

8.2. Recomendaciones

- Para la realización de futuros modelos de seguridad y salud en el trabajo, se recomienda la utilización de la “Guía para la integración del subproceso coordinación de seguridad y salud en fase de diseño en el proceso de elaboración de un proyecto de edificación desarrollado con metodología BIM” ya que es una herramienta que brinda el paso a paso para implementar e integrar el modelo de seguridad y salud en el trabajo en la metodología BIM (Building Information Modeling).
- Se recomienda trabajar con Software Revit y Dynamo, programa Ms Project y la guía GTC 45 de 2012, los cuales son instrumentos que permiten hacer una integración favorable en cada una de las fases requeridas del proyecto, logrando la compatibilidad entre sí y favoreciendo a los resultados finales del modelo 4D de seguridad y salud en el trabajo.
- Para la implementación del modelo de seguridad y salud en el trabajo se recomienda que todos los integrantes del equipo de trabajo conozcan los conceptos básicos acerca del tema con el fin de lograr una mejor interpretación.
- Se recomienda capacitar constantemente a los trabajadores en temas como: procedimiento seguro de trabajo en alturas, procedimientos seguros de manejo de herramientas, uso adecuado de elementos de protección personal, señalización preventiva e informativa, identificación de riesgos etc.
- Es importante continuar con proyectos investigativos similares, que contribuyan, aporten e incentiven al sector de la construcción en Colombia, a la implementación de la

metodología BIM (Building Information Modeling) con el fin de disminuir la accidentalidad en el sector y así mismo brindar seguridad a los trabajadores del proyecto.

- Se recomienda investigar en fuentes confiables como Fasecolda, Camacol, OIT, aseguradoras de riesgos laborales estadísticas recientes en cuanto a la tasa de accidentalidad, con el fin de determinar si al pasar el tiempo e implementar nuevas metodologías en el sector de la construcción se ha disminuido el índice de accidentalidad en Colombia.

9. Bibliografía

- Cortés, A., Prieto, P., & Cortés, J. P. (2017). *Guía para la integración del subproceso Coordinación de Seguridad y Salud en fase de Diseño en el proceso de elaboración de un Proyecto de Edificación desarrollado con metodología BIM* (1a ed.). Universidad de Extremadura. España.
<https://ingeniatte.es/documentacion/biblioteca/guia-para-la-integracion-del-subproceso-c-s-y-s-en-fase-de-diseno-en-un-proyecto-de-edificacion-desarrollado-con-metodologia-bim/>
- Cortés, A., Cuevas, A., Collado, D., & Cortés, J. P. (2019). *Determinación de una metodología para el análisis en fase de proyecto de los riesgos laborales generados por los servicios afectados en la fase de movimiento de tierras de una obra lineal empleando metodología BIM*. Fundación Prevent.
http://fundacionprevent.com/files/document/2019EvaluacionRiesgoServiciosAfectados_AlfonsoCortes.pdf
- Gea, M. L. (2016). *Gestión de la prevención en la construcción con herramientas BIM. Ejemplo de aplicación en la construcción de una vivienda trifamiliar*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Universidad Miguel Hernández de Elche]. Valencia. España.
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3266/1/Gea%20Martinez%2c%20Laura%20TFM.Hechopdf.pdf>
- Flores, Z. L. (2020). *Constructabilidad de los proyectos de infraestructura utilizando la Metodología BIM y la tradicional en la Municipalidad Distrital de Sinsicap, Otuzco, La Libertad, 2019*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo.

Perú. Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45226?show=full>

- García, V. L. (2020). Tendiendo puentes entre la ingeniería y el derecho: El Building Information Modelling (BIM) y su impacto en la obra pública. *Revista Forseti*, 8 (11), 149-166.
- [https://es.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type=E210ES91215G91274&p=Tendiendo+puentes+entre+la+ingenier%C3%ADa+y+el+derecho%3A+El+Building+Information+Modelling+\(BIM\)+y+su+impacto+en+la+obra+p%C3%BAblica](https://es.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type=E210ES91215G91274&p=Tendiendo+puentes+entre+la+ingenier%C3%ADa+y+el+derecho%3A+El+Building+Information+Modelling+(BIM)+y+su+impacto+en+la+obra+p%C3%BAblica)
- Eliash, M. A. (2015). *Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica]. Chile. <https://www.bimforum.cl/2017/01/26/entendiendo-el-uso-de-bim-en-los-procesos-de-diseno-y-coordinacion-de-especialidades-en-chile/>
- Laguna, P.E., Torrente, R, B. (2015). *Análisis de las herramientas BIM como estrategia para minimizar riesgos en proyectos de construcción en Colombia*. [Trabajo de grado, Tesis de especialización, Universidad de Cartagena]. Cartagena de Indias.
- https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Laguna/publication/317690114_ANALISIS_DE_LAS_HERRAMIENTAS_BIM_COMO ESTRATEGIA PARA MINIMIZAR RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN COLOMBIA/links/59493a280f7e9b1d9b276ca2/ANALISIS-DE-LAS-HERRAMIENTAS-BIM-COMO-ESTRATEGIA-PARA-MINIMIZAR-RIESGOS-EN-PROYECTOS-DE-CONSTRUCCION-EN-COLOMBIA.pdf
- Flórez, D.M., García, M.V. (2018). *Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia*.

[Trabajo de grado, Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Repositorio institucional Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/40875/Documento.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Vega, T.J., Pérez, G. D. (2019). *Mejora del proceso de elaboración de proyectos de arquitectura mediante metodología BIM*. [Trabajo de grado, Tesis de especialización,

Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Universidad Piloto.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4888/Grupo%2010%20-%20Tesis%20gerencia%20BIM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Duarte, H.N., Pinilla, A. J. (2014). *Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Bogotá. Repositorio Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12691/DuarteHinojosaNaisir2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Salazar, A.M. (2017). *Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos de construcción en la ciudad de Manizales*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Manizales. Repositorio Universidad Nacional.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59461/manuelfernandosalazaralzate.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alcalde, G. (2018). *Renovación de procesos de Seguridad y Salud en Construcción*. [Trabajo de grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Camins]. Barcelona. España.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/130968>

Barreto, G. Y. (2020). *Implementación de la metodología Building Information Modeling en la gestión de proyectos inmobiliarios*. [Trabajo de grado, Tesis de especialización, Fundación Universidad de América]. Bogotá. Repositorio Universidad de América.

<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7927/1/3627907-2020-II-GEC.pdf>

Henao, G.L., Millán, A. N., & Gómez, R. J. (2019). *Implementación de la metodología BIM al bloque número 4 de la universidad cooperativa de Colombia sede Ibagué, espinal*. [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Bogotá. Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia.

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15667/1/2019_implementacion_metodologia_bim_bloque_4_ucc_ibague.pdf

Cárdenas, R. L. (2016). *Análisis del retorno sobre la inversión en el uso de BIM*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Bogotá. Repositorio Universidad de los Andes.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13576/u728571.pdf?sequence=1&isAllowed=1>

Blanco, D. M. (2018). *Cambiando el chip en la construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM*. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Bogotá. Repositorio Universidad Católica.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16606/1/2018.05.22%20Proyecto%20de%20grado%20BIM%20-%20MIGUEL%20BLANCO%20DIAZGRANADOS.pdf>

Zigurat Global Institute of Technology. (2018). Software para Building Information Modeling.

<https://www.e-zigurat.com/blog/es/que-software-bim-debo-utilizar/>

Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales. 11 de julio de 2012.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-1562-de-2012.pdf>

Ley 52 de 1993. Por medio de la cual se aprueban el "Convenio No. 167 y la Recomendación No. 175 sobre Seguridad y Salud en la Construcción; adoptados por la 75a. "

Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra 1988). 9 de junio de 1993.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-0052-DE-1993.pdf>

Decreto 1295 de 1994 Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales. 24 de junio de 1994.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_1295_1994.html

Decreto 1072 Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. 26 de mayo de 2015.

<http://egresados.bogota.unal.edu.co/files/normatividad/Decreto%201072%20de%202015.pdf>

Resolución 0312 de 2019. Por la cual se establecen los estándares mínimos en seguridad y salud en el trabajo. 13 de febrero de 2019. <https://safetya.co/normatividad/resolucion-0312-de-2019/>

Resolución 14 01 de 2007 Por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo. 14 de mayo de 2007.

https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minproteccion_1401_2007.htm

Rojas, P. R., Wragg, L. E. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción*. [Trabajo de grado, Universidad de Chile.]. Repositorio Universidad de Chile.

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168599/Estudio-de-impacto-del-uso-de-la-metodolog%c3%ada-BIM-en-la-planificaci%c3%b3n-y-control-de-proyectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cáceres, R. K., Dongo, F. L. (2019). *Evaluación de los beneficios al aplicar BIM en una obra multifamiliar en Lima Metropolitana en el año 2018 – 2019*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.] Lima. Perú.

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10842/Caceres_rk.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Giraldo, A. J. (2019). *Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en la policía nacional de Colombia*. [Trabajo de grado, Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana.] Bogotá. Repositorio Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/47308/Giraldo%20Aguirre%20Juan%20David%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, J. (2020). Análisis y clasificación iberoamericana de accidentes laborales en la industria de la construcción civil. *Revista Ingeniería de Construcción*. Scielo. 35 (2).

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732020000200135&script=sci_arttext&tlng=en

Gómez, L. (2011). *Caracterización de los accidentes de trabajo presentados durante la construcción de una planta de cemento en Cartagena en el periodo (2007-2010)*. [Tesis, Universidad de Cartagena].

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3113/TESIS%20DE%20GRADO%20CARACTERIZACION%20DE%20LOS%20ACCIDENTES%20DE%20TRABAJO%20DURANTE%20LA%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20DE%20CEMENTO%20EN%20CARTAGENA~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Trabajo. (2017). Min Trabajo llama la atención al sector de la construcción para implementar medidas que permitan bajar índices de accidentalidad.

<https://www.mintrabajo.gov.co/mintrabajo-llama-la-atencion-al-sector-de-la-construccion-para-implementar-medidas-que-permitan-bajar-indices-de-accidentalidad#:~:text=%2D%20El%20promedio%20de%20los%20accidentes,de%20accidentes%20calificados%20a%20105.782>

Rivas, G. L., Rada, M. M. (2020). optimización de las labores de interventoría mediante el uso de un software Bulding Information Modeling (Bim). Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Calda]. Bogotá. Repositorio Universidad Distrital.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24580/RivasAlejandroRadaMario2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

10. Anexos

Anexo 1. Clasificación de peligros

Clasificación de peligros

Clasificación							
	Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de seguridad	Fenómenos naturales*
Descripción	1.Virus	9.Ruido (impacto intermitente y continuo)	16.Polvos orgánicos e inorgánicos	22.Gestión organizacional (estilo de mando,pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios)	28.Postura (prologada, mantenida, forzada,anti gravitacionales)	32.Mecánico (elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos)	40.Sismo
	2.Bacterias	10.Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia)	17.Fibras (lu)	23.Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor)	29.Esfuerzo	33.Eléctrico (alta y baja tensión, estática)	41.Terremoto
	3.Hongos	11. Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	18.Líquidos (nieblas y rocíos)	24.Características del grupo social del trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo)	30.Movimiento repetitivo	34.Locativo (almacenamiento, superficies de trabajo (irregularidades, deslizantes, con diferencia del nivel) condiciones de orden y aseo, caídas de objeto)	42.Vendaval
	4.Rickettsias	12.Temperaturas extremas (calor y frío)	19.Gases y vapores	25.Condiciones de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc.).	31.Manipulación manual de cargas	35.Tecnológico (explosión, fuga,derrame, incendio)	43.Inundación
	5.Parásitos	13.Presión atmosférica(normal y ajustada)	20.Humos metálicos,no metálicos	26.Interfase persona tarea (conocimientos, habilidades con relación a la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización)		36.Accidentes de tránsito	44.Derrumbe

6.Picaduras	14.Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa)	27.Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos)	37.Públicos (Robos, atracos, asaltos, atentados, desorden público, etc.)	45.Precipitacion es,(lluvias, granizadas, heladas)
7.Mordeduras	15.Radiaciones ionizantes (láser, ultravioleta infrarroja)	21.Material particulado	38.Trabajo en Alturas	
8.Fluidos o excrementos			39.Espacios Confinados	

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45 (2012)

Anexo 2. Matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos (ver archivo excel)

Anexo 3. Diagrama de Gantt (ver archivo excel)

Anexo 5. Planeación de la seguridad y salud en el trabajo aplicando la metodología BIM