

**METODOLOGÍAS Y LINEAMIENTOS DE TRABAJO EN LA APLICACIÓN DE BIM Y LAST PLANNER PARA LA  
PLANIFICACION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Yefferson Alejandro Parra Riveros



Proyecto De Grado, Facultad De Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2024

**metodologías y lineamientos de trabajo en la aplicación de bim y last planner para la planificación de proyectos de construcción.**

**Yefferson Alejandro Parra Riveros**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto**

**Arquitecto Mg. Yuber Alberto Nope Beltrán**



**Proyecto De Grado, Facultad De Arquitectura**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá D.C.**

**2024**

### **Dedicatoria**

A la búsqueda constante del saber y al esfuerzo dedicado a este trabajo, con gratitud a quienes han sido mi guía y apoyo.

**Tabla de contenido**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>23</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
OBJETIVO GENERAL .....	28
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
PREGUNTA PROBLEMA .....	28
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>30</b>
CONTRATO DE OBRA PÚBLICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SITIO PROPIO CONFORME AL PROGRAMA CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ. ....	30
<i>Estructura de Trabajo.....</i>	<i>31</i>
<i>Fase Conceptual.....</i>	<i>31</i>
<i>Fase de Planeación Estudio y Desarrollo.....</i>	<i>33</i>
<i>Fase de Diseño Detallado.....</i>	<i>35</i>
<b>TRIBECA APARTAMENTOS- METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>37</b>
<i>Plan de ejecución BIM.....</i>	<i>37</i>
<i>Histórico o Hitos.....</i>	<i>38</i>
<i>Objetivos y usos.....</i>	<i>39</i>
<i>Niveles de LOD .....</i>	<i>40</i>
<i>Organización de datos .....</i>	<i>41</i>

<i>Verificación y control de calidad y entregables</i> .....	42
<i>Roles</i> .....	43
<i>Recursos: software</i> .....	44
<i>Estrategia de colaboración</i> .....	45
<i>Estrategia de Reuniones</i> .....	45
<i>Modelo 3D</i> .....	46
<i>Modelo 4D</i> .....	46
<i>Modelo 5D</i> .....	47
<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>49</b>
<i>BIM KIT Vol. 1</i> .....	50
<i>BIM KIT Vol. 2</i> .....	51
<i>BIM KIT Vol.3</i> .....	52
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>53</b>
LAST PLANNER .....	53
<i>Flujo de valor</i> .....	53
<i>Origen y Definición de Last Planner</i> .....	55
<i>Ultimo planificador</i> .....	56
<i>Planificación</i> .....	57
<i>Largo Plazo</i> .....	57
<i>Planificación Maestra</i> .....	58
<i>Planificación por fases</i> .....	60
<i>Mediano Plazo</i> .....	61
<i>Herramientas de Apoyo</i> .....	61

<i>Corto Plazo</i> .....	62
BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) .....	64
<i>Flujos de Información</i> .....	64
<i>Trabajo Colaborativo</i> .....	65
<i>MEI Manual Básico de Entrega de Información</i> .....	65
<i>Modelos y Entidades BIM</i> .....	66
<i>EAIM Estados de Avance de la Información de los Modelos</i> .....	67
<i>Usos BIM</i> .....	68
<i>Tipos y Niveles De Información</i> .....	69
<i>Estrategias De Colaboración</i> .....	71
PROGRAMACIÓN EN OBRA .....	73
<i>Proyecto y Productividad</i> .....	73
<i>Sistema de Redes barras de Gantt</i> .....	74
<i>Sistemas de Programación en Obra</i> .....	75
<i>Método PERT</i> .....	75
<i>Método CPM</i> .....	76
<i>Método LPU</i> .....	77
INTEROPERABILIDAD E INTEGRACIÓN .....	79
<i>Organización</i> .....	79
<i>Colaboración Técnica</i> .....	80
<i>Colaboración Organizacional</i> .....	81
<i>Colaboración Organizacional</i> .....	81
<i>Interoperabilidad En El Cálculo Estructural</i> .....	82
<i>Interoperabilidad En la Gestión de Costos</i> .....	82

*Interoperabilidad Programación de Obra* ..... 84

LEAN CONSTRUCTION ..... 85

*Origen y definición* ..... 85

*Desperdicios* ..... 86

*Principios Lean* ..... 87

*Sector Constructivo* ..... 89

**MODULO UNO: INTRODUCCIÓN, NORMAS, ESTÁNDARES, TRABAJO COLABORATIVO E**

**INTEROPERABILIDAD.....91**

EJE TEMÁTICO UNO : INTRODUCCIÓN AL BIM..... 91

*Ciclo de Vida de un Proyecto*..... 92

*Roles y usos BIM*..... 92

*Dimensiones BIM y Niveles de Desarrollo*..... 93

EJE TEMÁTICO DOS :NORMAS Y ESTÁNDARES ..... 95

*Norma ISO 19650*..... 95

*Resolución 0441* ..... 96

EJE TEMÁTICO TRES :DOCUMENTO EIR Y BEP..... 98

*BEP* ..... 98

*EIR* ..... 101

*Eje temático Cuatro: Entorno Común de Datos CDE*..... 104

*Entorno Común de Datos CDE*..... 104

*Modelo De Información* ..... 105

*CDE Trimble Connect*..... 105

EJE TEMÁTICO CINCO: IFC Y BCF ..... 108

*IFC Y BCF*..... 108

<i>BCF</i> .....	110
<i>Tipos de Colisión</i> .....	111
<b>MODULO DOS: LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES AS BUILT E INFRAESTRUCTURA</b>	
<b>URBANA</b> .....	<b>113</b>
EJE TEMÁTICO UNO : LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TERRESTRE.....	113
<i>Conceptos básicos</i> .....	113
<i>Captura De Información</i> .....	114
<i>Georreferenciación</i> .....	115
<i>Post proceso LIDAR</i> .....	116
<i>Tecnologías LIDAR Interoperabilidad</i> .....	116
<i>Gestión de Información 2d y 3d</i> .....	117
EJE TEMÁTICO DOS : FOTOGAMETRÍA CON DRONES .....	117
<i>Conceptos Básicos y Normativa</i> .....	117
<i>Normatividad</i> .....	118
<i>Planeación en vuelo</i> .....	119
<i>Fotocontrol</i> .....	121
<i>Orientación Modelo Fotogramétrico</i> .....	123
<i>Visualización y Migración de Datos a RECAP</i> .....	124
EJE TEMÁTICO TRES : MODELADO DE OBRA LINEAL.....	125
<i>Introducción y Exploración Entorno Infraworks</i> .....	125
<i>Diseño Vial en Civil 3D</i> .....	126
<i>Migración de Información de Civil 3D Infraworks</i> .....	128
<b>MODULO TRES: MODELADE DE EDIFICACIÓN</b> .....	<b>130</b>

EJE TEMÁTICO UNO : ESTRUCTURAS .....	130
<i>Criterios Técnicos y Sostenibilidad Para el Modelado BIM Estructural.....</i>	<i>130</i>
INTRODUCCIÓN DE INTERFAZ REVIT .....	131
<i>Modelado de Columnas .....</i>	<i>133</i>
<i>Modelado de Vigas .....</i>	<i>134</i>
<i>Modelado de Vigas y de Losa.....</i>	<i>135</i>
<i>Modelado de Escaleras. ....</i>	<i>135</i>
<i>Modelado de Cimentaciones.....</i>	<i>136</i>
<i>Detalle de Refuerzo .....</i>	<i>137</i>
EJE TEMÁTICO DOS : ARQUITECTURA.....	138
<i>Criterios Técnicos y Sostenibilidad Para el Modelado BIM Arquitectura.....</i>	<i>138</i>
<i>Vinculación de Nube de Puntos, Planimetrías y Configuración del Entorno de Trabajo.....</i>	<i>138</i>
<i>Modelado de Muros.....</i>	<i>140</i>
<i>Modelado de Puertas, Ventanas y Escaleras .....</i>	<i>141</i>
<i>Modelado Cubiertas Acorde al Alcance LOD y LOI.....</i>	<i>143</i>
<i>Modelado de Acabados Arquitectónicos .....</i>	<i>144</i>
EJE TEMÁTICO TRES : INSTALACIONES MEP .....	146
<i>Instalaciones MEP .....</i>	<i>146</i>
<i>Criterios Técnicos y de Sostenibilidad para el Modelado BIM de Instalaciones MEP .....</i>	<i>146</i>
<i>Vinculación de la Nube de Puntos, Planimetría y Configuración del Entorno de Trabajo ...</i>	<i>147</i>
<i>Modelado de Redes de Fontanería o Suministro .....</i>	<i>147</i>
<i>Modelado de Redes Sanitarias, de Saneamiento y Aguas Lluvias .....</i>	<i>150</i>
<i>Modelado de Redes Eléctricas, Iluminación y Potencia .....</i>	<i>153</i>
<i>Modelado de Redes Mecánicas HVAC .....</i>	<i>156</i>

Metodologías y lineamientos de trabajo en la aplicación de bim y last planner en la planificación de proyectos de construcción	10
<b>MODULO CUATRO: COORDINACIÓN DE ESPECIALIDADES, DOCUMENTACIÓN Y TIEMPOS</b>	<b>158</b>
EJE TEMÁTICO UNO : ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS E INCONSISTENCIAS	158
<i>Análisis de Interferencias e Inconsistencias BIM</i>	158
EJE TEMÁTICO DOS : CREACIÓN DE INFORMES DE COORDINACIÓN	160
<i>Informes</i>	160
EJE TEMÁTICO TRES : ABSTRACCIÓN Y GESTIÓN DE CANTIDADES	162
<i>Abstracción y Gestión de Cantidades</i>	162
EJE TEMÁTICO CUATRO : CREACIÓN DE PLANIMETRÍAS Y DOCUMENTACIÓN	163
<i>Configuración de Planimetrías y Documentación</i>	163
<i>Manuales de Procedimiento</i>	164
<i>Niveles de Información BIM y Nomenclatura de archivos</i>	164
<i>Formatos de los Archivos de las Diferentes Disciplinas</i>	167
<i>Planimetría</i>	167
EJE TEMÁTICO CINCO : SIMULACIÓN DE ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	168
<i>Simulación de Actividades Constructivas</i>	168
<b>MODULO CINCO: REALIDAD VIRTUAL E INMERSIVA</b>	<b>170</b>
EJE TEMÁTICO UNO : REALIDAD VIRTUAL E INMERSIVA	170
<i>Exportación a IFC entre Otros</i>	170
<i>Renderización en Tiempo Real</i>	171
<i>Fotomontaje y Retoque Fotográfico 3D</i>	172
<i>Fondos Climáticos, Manejos de Luces Fondos y Sombras</i>	174
<i>Realidad Virtual e Inmersiva</i>	175
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>177</b>

**LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA .....181**

### Lista de Figuras

Ilustración 1. Árbol de problemas del proyecto. ....	29
Ilustración 2 Plan construya en sitio propio .....	30
Ilustración 3 Plano primera planta.....	32
Ilustración 4 Anteproyecto análisis conceptual.....	33
Ilustración 5 Organigrama en obra del proyecto constructivo.....	34
Ilustración 6 Sistema de control de calidad en obra.....	35
Ilustración 7 Tipologías de apartamentos Tribeca.....	37
Ilustración 8 Fases de la metodología Bim. ....	38
Ilustración 9 Usos Bim para el proyecto Tribeca. ....	40
Ilustración 10 Modelo de presentación de la información.....	42
Ilustración 11 Fases de verificación en el modelo. ....	43
Ilustración 12 Tabla de costos directos e indirectos proyecto Tribeca.....	48
Ilustración 13 Flujo de valor en las actividades Last Planner.....	54
Ilustración 14 Cronología de la historia de Lean Construction. ....	56
Ilustración 15 Esquema se hará-se puede – se debe.....	57
Ilustración 16 Estructura de desglose de trabajo. ....	59
Ilustración 17 Estructura organizacional de trabajo.....	59
Ilustración 18 Tipos de modelos Bim. ....	66
Ilustración 19 Tipos de entidades Bim.....	67
Ilustración 20 Usos Bim según las fases de ejecución. ....	69
Ilustración 21 Tipos de información. ....	70
Ilustración 22 Niveles de información. ....	70
Ilustración 23 Niveles de información. ....	71

Metodologías y lineamientos de trabajo en la aplicación de bim y last planner en la planificación de proyectos de construcción	13
Ilustración 24 Planificación sistema de redes.....	74
Ilustración 25 Modelo de programación PERT. ....	76
Ilustración 26 Método de programación CPM.....	77
Ilustración 27 Modelo de programación LPU. ....	78
Ilustración 28 Modelo Bim y componentes.....	79
Ilustración 29 Etapas de la interoperabilidad. ....	80
Ilustración 30 Actividades Bim modeladas y no modeladas.....	83
Ilustración 31 Actividades que generan valor Lean Construction. ....	86
Ilustración 32 Cadenas de flujo de valor.....	89
ilustración 33 Enfoque tradicional vs enfoque Lean.....	90
Ilustración 34 Fases de la metodología Bim. ....	92
Ilustración 35 25 Usos Bim.....	93
Ilustración 36 Dimensiones Bim.....	94
Ilustración 37 Niveles de LOD .....	94
Ilustración 38 ISO 19650 Información. ....	96
Ilustración 39 Normativa ISO 19650. ....	96
Ilustración 40 Formatos de presentación según la resolución 0441. ....	97
Ilustración 41 Marco técnico: Conceptos generales, normas técnicas y documentos necesarios para presentar. ....	99
Ilustración 42 Composición EIR.....	102
Ilustración 43 Modelos de Información objetos tridimensionales. ....	105
Ilustración 45 Flujo de trabajo Trimble Connect .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 46 Modelo tridimensional formato IFC.....	109
Ilustración 47 Modelo IFC distintas versiones. ....	109

Ilustración 48 Modelo tridimensional en formato IFC.....	111
Ilustración 49 Tipos y niveles de colisión.....	112
Ilustración 50 Tipos de proyección cartográfica.....	114
Ilustración 51 Captura de información Lidar.....	115
Ilustración 52 Gestion de la informacion 2D y 3D.....	117
Ilustración 53 Tipos de drones: ala fija y multirotor.....	118
Ilustración 54 Tipos de medición del espectro.....	120
Ilustración 55 Tipos de sobreposición.....	121
Ilustración 56 Puntos de control y tipos de traslajos.....	122
Ilustración 57 Toma de puntos de control.....	123
Ilustración 58 Migración de archivo a RECAP.....	125
Ilustración 59 Diseño vial en Autodesk civil 3D.....	128
Ilustración 60 Diseño vial en Autodesk civil 3D.....	129
Ilustración 61 Transferencia de calor.....	131
Ilustración 62 Interfaz de Revit creación de nuevo proyecto.....	131
Ilustración 63 Configuración interfaz principal Revit.....	132
Ilustración 64 Modelado de columnas en Revit.....	133
Ilustración 65 Modelado de Vigas.....	134
Ilustración 66 Modelado losa de entepiso.....	135
Ilustración 67 Modelado de escaleras.....	136
Ilustración 68 Modelado de cimentación.....	137
Ilustración 69 Diseño de refuerzo estructural.....	138
Ilustración 70 Importar nube de puntos a Recap e importar archivo a Revit.....	140
Ilustración 71 Modelado de muros en Revit.....	141

Ilustración 72 Modelado puertas, ventanas y escaleras en Revit.....	142
Ilustración 73 Proceso de modelado de cubiertas.....	144
Ilustración 74 Modelado de acabados en Revit.....	145
Ilustración 75 Tipos de instalaciones MEP.....	146
Ilustración 76 Componentes redes de modelado redes de fontanería y suministro .....	147
Ilustración 77 Modelado de redes de fontanería y suministro en Revit. ....	149
Ilustración 78 Redes de fontaneria y suministro isonometria.....	150
Ilustración 79 Componentes redes sanitarias y de saneamiento.....	151
Ilustración 80 Modelado redes sanitarias, fontaneria y aguas lluvias en Revit.....	152
Ilustración 81 Redes sanitarias, saneamiento y aguas lluvias isonometria. ....	153
Ilustración 82 Componentes instalaciones eléctricas.....	153
Ilustración 83 Modelado redes eléctricas, de iluminación y de potencia en Revit . ....	155
Ilustración 84 Componentes de las redes mecánicas.....	156
Ilustración 85 Modelado redes mecánicas en Revit. ....	157
Ilustración 86 Análisis de interferencias en Revit.....	159
Ilustración 87 Navisworks análisis de interferencias con Clash detective.....	160
Ilustración 88 Informe de interferencias desde Navisworks. ....	162
Ilustración 89 Cuadro de cantidades en Revit. ....	163
Ilustración 90 Nomenclatura de los documentos.....	165
Ilustración 91 Organización de las carpetas en la nube.....	166
Ilustración 92 Organización de elementos Revit. ....	167
Ilustración 93 Cronograma de las actividades en Navisworks.....	169
Ilustración 94 Exportar archivos IFC desde Revit.....	170
Ilustración 95 Proceso de renderizado desde Endscape. ....	172

Ilustración 96 Modificación de parámetros de render desde Endscape .....	173
Ilustración 97 Proceso de renderizado desde Revit a Twinmotion. ....	174
Ilustración 98 Aplicación Augin para visualización del objeto 3D.....	176

### Lista de Tablas

Tabla 1 Versiones e hitos del proyecto.....	39
Tabla 2 Ejemplo organización de la información documental del modelo. ....	42
Tabla 3 Tablas de softwares permitidos en el proyecto .....	44
Tabla 4 Estrategia de reportes para los entregables. ....	45
Tabla 5 Planificación a mediano plazo por medio de las barras de Gant. ....	62
Tabla 6 Formato de lista de restricciones. ....	62
Tabla 7 Estado de avance de la información en Bim. ....	68
Tabla 8 Niveles de información.....	71
Tabla 9 Programación barras de Gantt .....	75
Tabla 10 Actividades preliminares. ....	83
Tabla 11 Diferencias de planta de montaje General motors y Toyota. ....	86
Tabla 12 Plan de ejecución: se inscribe la información general del proyecto.....	98
Tabla 13 Siglas.....	99
Tabla 14 Objetivos y usos: Objetivos generales y específicos junto con los usos Bim. ....	99
Tabla 15 Avance de información de modelos.....	100
Tabla 16 Cronogramas de entrega de la información. ....	100
Tabla 17 Organización de modelos.....	101
Tabla 18 EIR proyecto bloque O Universidad la Gran Colombia.....	103

## Resumen

El siguiente trabajo tiene como finalidad estudiar el uso de metodologías BIM y *Last Planner* y de cómo estas herramientas disminuyen el porcentaje de error en la ejecución y programación de obras de construcción a través de entornos colaborativos accesibles, se pretende establecer una metodología de trabajo colaborativo accesible con la finalidad de mejorar los costos, la calidad y el tiempo de obra. En este estudio se presenta un análisis del funcionamiento de la programación tradicional y su evolución a través del tiempo, por otra parte se pretende explicar el funcionamiento de Bim y *last planner* aplicando la metodología bim a un proyecto constructivo en la ciudad de Bogotá presentando una estructura de trabajo interoperable accesible para cualquier proyecto por último se establecerá como conclusión una serie de lineamientos de carácter analítico de las metodologías presentadas y su estrategia de trabajo colaborativo.

**Palabras clave:** programación de obra, interoperabilidad, BIM (*Building Information Modeling*), *Last Planner*, gestión de proyectos.

### **Abstract**

The following work aims to study the use of BIM and Last Planner methodologies and how these tools reduce the percentage of error in the execution and scheduling of construction works through accessible collaborative environments, it is intended to establish an accessible collaborative work methodology in order to improve costs, the quality and time of work. In this study an analysis of the operation of traditional programming and its evolution over time is presented, on the other hand it is intended to explain the operation of Bim and last planner by applying the bim methodology to a construction project in the city of Bogotá presenting an interoperable work structure accessible for any project, finally a series of analytical guidelines of the methodologies presented will be established as a conclusion and its collaborative work strategy.

**Keywords:** construction scheduling, interoperability, BIM (*Building Information Modeling*), *Last Planner*, project management.

## Introducción

La planificación ha sido una herramienta fundamental a lo largo de la historia para el ser humano para la elaboración de proyectos y lograr sus objetivos, desde la construcción de imponentes centros religiosos como Teotihuacán o Chichén Itzá en la antigüedad, hasta construcciones más modernas como la Gran Muralla China, templos romanos, catedrales y centros ceremoniales, estos proyectos han requerido de una planificación cuidadosa para su éxito que en gran parte es la razón del porque estos monumentos han permanecido a través de los siglos (Varona, 2004).

La gestión de proyectos a cualquier nivel involucra la organización de recursos humanos, materiales, equipo y presupuesto en un esquema organizado con un tiempo y costo determinados. Es así que en todo proyecto siempre se debe tener en cuenta los tres pilares de todo proyecto: costo, calidad y tiempo, de igual manera la organización del proyecto implica analizar, planificar, dirigir, controlar, evaluar y modificar cualquier trabajo relacionado con el proceso y puesta en práctica del mismo, los cuales son determinantes muy importantes para una buena gestión (Varona, 2004).

A lo largo del tiempo, se han utilizado diferentes tipos de planificación aplicadas en diferentes sectores productivos entre ellos encontramos al sector constructivo, al revisar antecedentes de las clases de planificación que han existido a través del tiempo se encuentra como primer testimonio que en el año 1958, se publica el primer informe del *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), un procedimiento de valoración y chequeo de programas (Sánchez, 1997); Ese mismo año, el equipo de trabajo de la empresa *Dupont* desarrolló una metodología de planificación similar al PERT, a la que denominaron *Critical Path Method* (CPM) tanto PERT como CPM han sido los primeros antecedentes formales y estructurados de metodologías específicas de planeación, brindando base teórica para posteriores postulados respecto a la planificación en la construcción (Valderrama, 2014).

El *Building Information Modeling* (BIM) empezó a funcionar en el año 1957 gracias al Dr. Patrick J. Hanratty, quien posteriormente exploraría los gráficos generados virtualmente y crearía el Diseño Automatizado por Computadoras (CAD); siendo el primer programa que permitiría generar gráficos interactivos, pasando de dibujar manualmente planos generarlos en computadora; Con el tiempo, se añadieron distintas características a estas herramientas para cumplir los estándares de los proyectos cada vez más complejos, instaurándose la tecnología paramétrica para extraer información medible del objeto generado virtualmente(Valderrama, 2014).

El área de la construcción siempre se ha resistido a la adopción de nuevas tecnologías o prácticas, lo que ha generado problemas en la eficiencia y calidad de los proyectos constructivos (Marco Nacional de Cualificaciones, 2017). En la actualidad, la ejecución de metodologías BIM y sistemas *Last Planner* se han convertido en herramientas esenciales para aumentar la eficiencia de la planificación y ejecución de proyectos constructivos brindándole competitividad a cualquier empresa constructora frente al mercado (Jurado, 2017).

En el ámbito actual de la cuarta revolución industrial (4RI), adoptar tecnologías digitales avanzadas en procesos constructivos se ha convertido en una necesidad para mantenerse vigente en el mercado (Zambrano, 2021), la digitalización de la construcción y la implementación de herramientas de colaboración permiten una mayor rentabilidad y eficiencia de proyectos, reducción de costos y tiempos de entrega, y mejoras en la calidad de los resultados finales (Pons & Rubio, 2019) a pesar de ello, los altos costos de la tecnología necesaria para implementar estas metodologías genera una brecha en el sector, en la que pequeñas constructoras y proyectos de menor envergadura no tienen acceso a estos recursos (Gutiérrez, 2018).

En este sentido, se requiere de una mayor investigación que permita identificar estrategias efectivas para la implementación de tecnologías digitales avanzadas en proyectos constructivos de

menor envergadura. Por lo tanto, el problema de investigación se enfoca en identificar estrategias efectivas para la implementación de tecnologías digitales avanzadas en pequeñas constructoras y proyectos de menor envergadura en el ámbito de la cuarta revolución industrial, es así que se pretende implementar estos enfoques en un caso estudio ubicado en Girón, Santander ejecutado por la constructora HC, este es un edificio de 12 pisos en los que se reparten 112 unidades habitacionales a través de 2 tipologías de apartamentos, el trabajo que está realizando la constructora HC cumple con los requisitos de la investigación pues presentan un escenario ideal para la aplicación de los enfoques propuestos pues el trabajo secuencial permitirá aumentar la efectividad del proyecto a través de *Last Planner*, así como el tamaño del proyecto permitirá la implementación de Bim junto con entornos colaborativos accesibles.

## Descripción Del Problema

En todo proyecto de construcción se deben identificar las necesidades y recursos requeridos para su ejecución y cumplimiento: dimensiones, materiales, mano de obra, equipo y servicios (Inmaculada, 2013), la programación de obra siempre presenta inconsistencias en el desarrollo de la planeación que afectan el proceso de ejecución y surgen como una novedad razón, por la cual no es posible evitarlos, normalmente surgen como retrasos en la obra, falta de material, imprevistos, mala organización y planeación, inconvenientes que repercuten en aumentos de tiempos y de costes (Zambrano, 2021).

Como señala Sáenz (2012) "El Éxito de los Proyectos ha sido largamente considerado cómo la capacidad de ajustarse a las restricciones que se imponen al Proyecto cómo el Tiempo, Costo y Calidad y además salir victorioso y es justamente este triángulo de hierro una estructura más que suficiente para definir el Éxito del Proyecto"(p. 16);En cambio, en Colombia muchas de las construcciones se realizan por autoconstrucción e improvisación, donde en ocasiones las personas encargadas no poseen la capacitación suficiente para sesgadas por la premura de un avance de obra ya programado y trabajando sobre las novedades que se van presentando en la ejecución (Duarte, 2006).

- Es así, que surgen metodologías tales como Bim siendo esta un modelo de trabajo, tecnologías y protocolos que permiten desarrollar proyectos dese etapas de diseño, construcción y operación de una edificación o infraestructura de forma interoperable en un espacio virtual enfocado en la mejora de la eficiencia (PlanBim, 2019); Por su parte el sistema *Last Planner* se centra en un pensamiento *Lean* que busca principalmente añadir valor con cada actividad que se ejecute, *Last Planner* se fundamenta en una serie de principios y se redefinen las ideas de valor, pérdidas o cliente, donde se busca la eficiencia en la productividad a través de la planificación al momento de ejecutar el proyecto de

construcción (Inmaculada, 2013), por otro lado, los problemas que presenta el sector de la construcción son repetitivos, así como es evidente la resistencia del sector en adoptar nuevas metodologías de planeación y ejecución de los proyectos más específicamente en la adopción del sistema *Last Planner* y la metodología Bim. Pons y Rubio (2019) identifican diez problemas, que se evidencian como los problemas más recurrentes del sector:

- Uso de metodologías obsoletas para la planificación, control y gestión de los proyectos.
- Escaso rigor en el cumplimiento de la seguridad.
- Proyectos incompletos, poco detallados y escasamente analizados.
- Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad a la primera.
- Incumplimiento sistemático de los plazos de entrega.
- Mano de obra poco calificada, comparada con otras industrias.
- Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas.
- Escasos o nulos controles de la productividad.
- Sobrecostos.
- Gran cantidad de retrabajos (p.18).

Son evidentes los beneficios de estas nuevas estrategias, sin embargo, algunas empresas y constructores independientes a menudo tienen dificultades para aplicarlas debido a la falta de recursos y herramientas necesarias para su implementación (Muñoz & Díaz, 2022); de este modo, las empresas pequeñas a menudo carecen de la capacidad económica y de personal capacitado para implementar de manera efectiva estas metodologías de planificación además, las herramientas necesarias para la aplicación del *Last Planner System* pueden ser costosas, lo que hace que sea difícil para las empresas pequeñas invertir en recursos tecnológicos (Bonilla,2019).

Para abordar el problema de la falta de recursos y herramientas necesarias para la implementación de metodologías de planificación en algunas empresas y constructores independientes, se propone enfocar la investigación hacia la aplicación de las metodologías en el proyecto realizado en el Diplomado Open Bim realizado por la Universidad la Gran Colombia. El proyecto en el cual se aplicará la metodología Bim y a través de entornos colaborativos accesibles de bajo costo con un gran nivel de accesibilidad con el objetivo de mejorar la eficiencia y productividad a través de una guía del desarrollo del proyecto a través de esta metodología.

### Justificación

La práctica de enfoques de planificación como BIM y *Last Planner* en proyectos de construcción es una necesidad urgente en el área de la construcción. ya que La falta de planificación adecuada en todas las etapas del proyecto generan o evidencian un problema crónico que afecta la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de los proyectos (Valderrama, 2014), es por eso, que la identificación e implementación de estrategias puede ser un desafío para empresas pequeñas que carecen de recursos financieros y de personal capacitado (Vega, 2017). Es así que, Zambrano 2021 refiere que estos enfoques pueden proporcionar grandes beneficios, como una mayor eficiencia, una mejor calidad y seguridad, una mayor entrega de valor y una mejor integración y comunicación entre las partes interesadas.

Entonces, es necesario abordar la falta de recursos económicos y herramientas necesarias para la implementación de metodologías de preparación en constructoras independientes. Para ello, se propone enfocar la investigación en un proyecto de construcción para generar enfoques metodológicos resultantes de BIM y *Last Planner* por medio de entornos colaborativos accesibles de bajo costo, esto permitirá mejorar la eficiencia y productividad en esta obra y proporcionará una guía de trabajo desarrollada bajo estas metodologías en proyectos de construcción.

En conclusión, enfoques de trabajo y de planificación como Bim y *Last Planner* en proyectos de construcción son actualmente una necesidad urgente en la industria de la construcción debido a los grandes beneficios en que resultan, a pesar de esto la falta de recursos y herramientas en empresas pequeñas y constructores independientes impiden ponerse a la vanguardia y competir en el mercado, es por esto que es importante enfocar la investigación en el análisis para la implementación efectiva de estas metodologías a través de medios accesibles por medio de una estructura de trabajo definida. De este modo, la inversión en tiempo y recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación y aplicación es justificada por los beneficios significativos que se pueden obtener.

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación serán de gran utilidad ya que contribuirán a la construcción de un documento enfocado a optimizar la planificación y gestión en proyectos de construcción con recursos limitados a través de la utilización de nuevas orientaciones como Bim, surge así una coyuntura para que el sector de la construcción adopte innovaciones que permitan mejorar su eficiencia y productividad.

## Objetivos

### Objetivo General

Aplicar la metodología Bim teniendo en cuenta los entornos colaborativos, para la optimización de la planeación y ejecución un proyecto constructivo.

Establecer la metodología de trabajo a través de entornos colaborativos accesibles en la aplicación de Bim para la optimización de los costos y tiempos de ejecución en proyectos de construcción.

### Objetivos Específicos

1. Identificar lineamientos metodológicos y aplicativos de Bim en proyectos de construcción con el fin de disminuir el porcentaje de error en su ejecución.

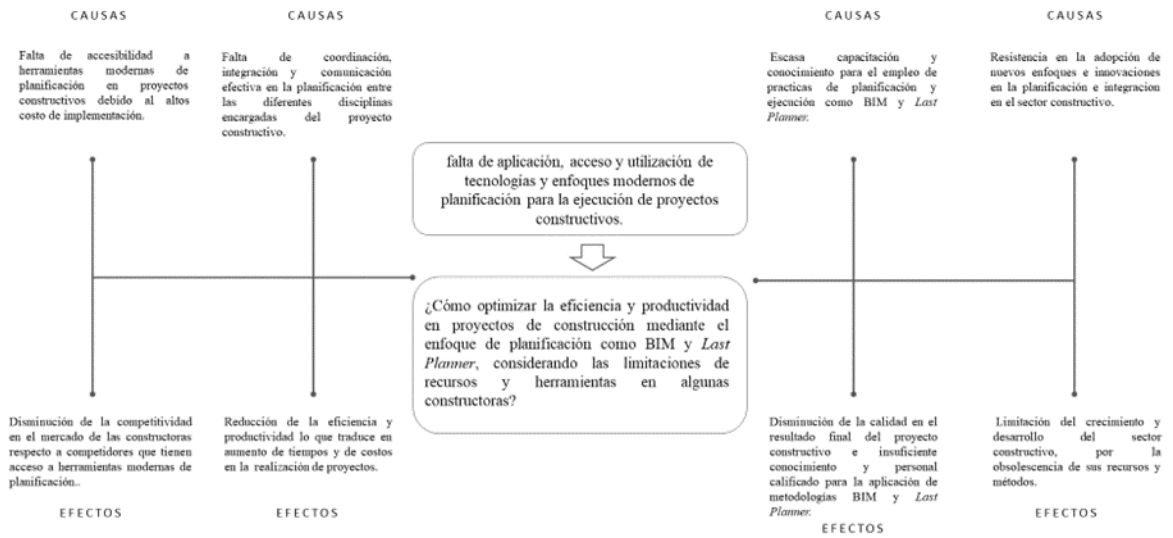
2. Seleccionar, integrar y establecer una metodología de trabajo seleccionando entornos colaborativos más accesibles y compatibles con la metodología Bim.

3. Identificar y analizar las barreras y obstáculos que impiden la implementación efectiva de la metodología Bim en los proyectos de construcción.

### Pregunta Problema

¿De qué manera se pueden implementar las metodologías BIM y *Last Planner*, para optimizar la eficiencia y productividad a través de entornos colaborativos accesibles a las pymes en la ejecución de proyectos de construcción?

Ilustración 1.  
Árbol de problemas del proyecto.



Elaboración propia.

## Marco Referencial

### **Contrato de obra pública para la construcción de viviendas en sitio propio conforme al programa construcción en sitio propio en el municipio de Cajicá.**

Como parte de una política pública el instituto municipal de Vivienda de Interés Social de Cajicá Invienda en el municipio desarrollo el programa “construya en sitio propio” este programa consiste en la postulación de población vulnerable que cuente con un terreno no construido dentro del municipio, para que a través de la alcaldía se construya una casa para que el propietario y su familia la puedan habitar (Alcaldía de Cajicá, 2022). Para el año 2023 fue adjudicado el contrato de construcción del programa “Construya en sitio propio” bajo el número del proceso LP-02-2023, este contrato de obra con un precio estimado de 1.028.050.516\$ tiene como fin la construcción de 15 unidades habitacionales ubicadas en distintas ubicaciones en el municipio de Cajicá, su ejecución está proyectada para realizarse en 5 meses por parte de la empresa adjudicada Consorcio Viviendas 2023 (SECOP, 2023).

Ilustración 2  
Plan construya en sitio propio



Tomado de: Alcaldía de Cajicá. (2019). Plan construya en sitio propio. <https://cajica.gov.co/>

En el SECOP encontramos toda la información técnica, presupuestal y en tiempos del proyecto adjudicado, de igual manera se evidencia la metodología de trabajo sin embargo no se encuentra estructurada en el oferente, bajo estas condiciones se estructuró la metodología “tradicional” de trabajo de este proyecto con la información aportada en el SECOP y respaldada por el “DESARROLLAR UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS” elaborado por Alejandro Antonio Aburgo en el año 2016.

### ***Estructura de Trabajo***

El proyecto al ser parte de una licitación publicase estructuró de forma que cumpliera los requisitos de la misma, razón por la cual se estructuró en 5 etapas en la planificación que son: Fase conceptual, Fase de planeación estudios y desarrollo, Fase de diseño detallado, Fase de construcción y Fase de puesta en marcha( Aburto, 2016); Para efectos del proyecto se omitirán estas dos últimas etapas pues aún no se han llevado a ejecución por ser un contrato adjudicado hace pocas semanas de la realización de este trabajo

### ***Fase Conceptual***

En esta fase se realizó de manera principal un acercamiento al proyecto ubicado en los 15 diferentes sitios, se estableció el problema principal del proyecto el cual es la falta de vivienda para la población vulnerable y a partir de este problema se estructura el plan de ejecución, establecido el problema se implementan los objetivos generales del proyecto a donde se quiere enfocar y así se encuentran 6 objetivos:

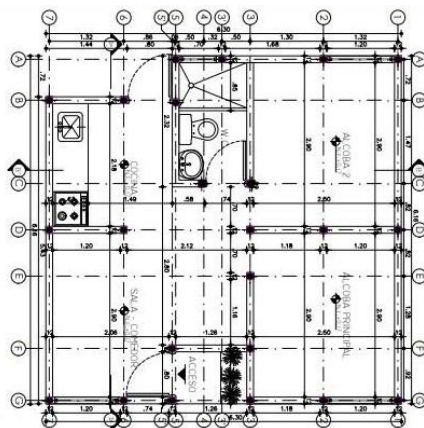
- Cumplimiento de plazos.
- Control de costos.
- Calidades de la construcción.

- Seguridad.
- Cumplimiento de diseños.
- Satisfacción en la entrega.

(SECOP, 2023).

La fase conceptual incluyó el estudio previo del sitio y del proyecto del cual se pudo extraer la viabilidad económica, identificación del financiamiento del proyecto, estudios del sector, normativa, permisos necesarios para su ejecución y el plan de ejecución, una vez realizado este estudio previo se empezó a desarrollar un anteproyecto de cada una de las 15 unidades habitacionales determinando las volumetrías, la composición arquitectónica, sistema constructivo, sistema estructural y cimentación disponiendo que para las 15 unidades era necesaria la construcción bajo un sistema estructural a porticado acompañado de muros en ladrillo, la cimentación sería ciclópea, en ninguna unidad se fundiría placa de entrepiso si no en vez serían cerchas constituidas en teja de Zinc y los niveles de la edificación no sobrepasarían más de un piso; La configuración arquitectónica de todas las unidades contarían con: sala, comedor, dos habitaciones, baño principal, baño de visitas, cocina y un patio.

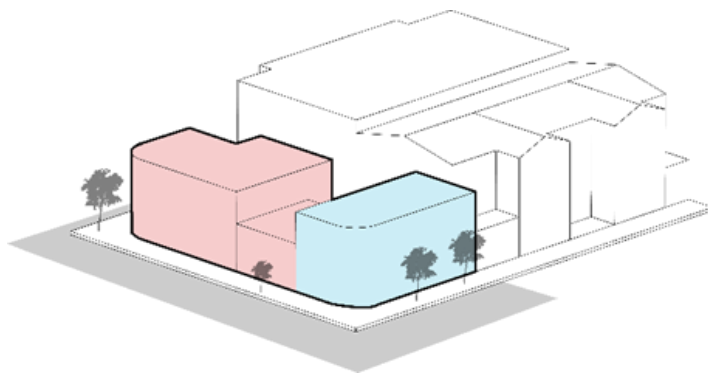
*Ilustración 3*  
*Plano primera planta*



Tomado de: Galeano, M. (2023). Plano arquitectónico primer piso A1/A. En Consorcio Viviendas, Documentación adjunta en la licitación del contrato de obra pública para la construcción de viviendas en sitio propio conforme al programa construcción en sitio propio en el municipio de Cajicá, Planimetría p. 10). Recuperado de: <https://shre.ink/nuGA>.

Realizada la fase conceptual se inició la etapa de anteproyecto que incluyo la construcción de plantas, secciones, alzados, cortes, análisis de normativas constructivas, presupuesto inicial y programación del proyecto. En este primer análisis se concluyó que cada unidad habitacional se realizaría en el término de 70 a 75 días y que el costo directo por cada casa sería de unos 70,000.000\$, este análisis no es definitivo sin embargo servirá de base para la presentación de la oferta ante los proponentes.

*Ilustración 4*  
*Anteproyecto análisis conceptual.*



Tomado de: Elaboración propia.

### ***Fase de Planeación Estudio y Desarrollo***

En esta etapa se empieza a desarrollar más a fondo el proyecto en función de la información obtenida de la fase conceptual, como primer paso se inició con la estructuración de la información técnica como las cantidades de obra y las actividades que compondrán la programación, se decretaron 78 actividades y 13 capítulos o etapas de ejecución:

1. Preliminares.
2. Cimentación.
3. Pisos bases.
4. Mampostería confinada.

5. Vigas aéreas.
6. Cubierta
7. Instalaciones eléctricas.
8. Carpintería metálica.
9. Instalación hidrosanitaria.
10. Grifería aparatos sanitarios.
11. Cerámica.
12. Accesorios.
13. Aseo general.

Constituido el proyecto y su composición técnica, para efectos de la licitación se presentó un organigrama lineal de trabajo respecto a los integrantes del proyecto el cual se constituye por: un director de obra, dos residentes de obra, un SISO, cuatro maestros generales y sus trabajadores respectivamente

*Ilustración 5*  
*Organigrama en obra del proyecto constructivo.*



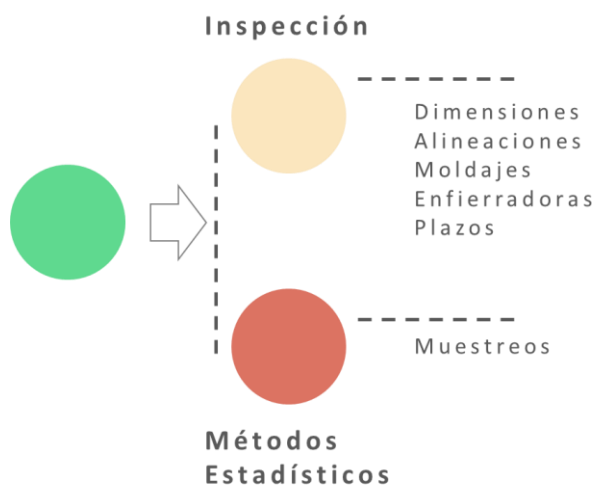
Tomado de: Elaboración propia.

Establecida la estructura de trabajo se propuso una guía de revisión e inspección de calidad de los procesos en obra, en la documentación adjuntada del proponente se dispusieron dos tipos de

control: La inspección en la que el encargado de realizar la actividad o de revisarla verificaran: dimensiones, plazos, ejecución etc.... el segundo sistema son los métodos estadísticos que corresponden a la realización de ensayos o inspecciones sobre una parte del total del trabajo de un mismo tipo, los cuales deben mostrar resultados bajo ciertos criterios técnicos.

En la fase de planificación para esta etapa la transmisión de información durante la ejecución de la construcción no fue parametrizada, no se estandarizó ni se realizaron protocolos de trabajo entre las diferentes áreas involucradas, sin embargo, si se establecieron recursos de trabajo definidos como lo son los softwares de trabajo que se debían utilizar, para la programación Project, la documentación Word, el presupuesto Excel, el modelo tridimensional Archicad y la planimetría AutoCAD.

*Ilustración 6*  
*Sistema de control de calidad en obra.*



Tomado de: Elaboración propia

### ***Fase de Diseño Detallado***

En esta fase del proyecto se toma la información originada en las fases conceptuales y de planeación estudios y desarrollo, aquí se estructura de manera detallada el proyecto tanto en el diseño como su fase técnica, lo primero que se estableció en el proyecto fue desarrollar de manera técnica los

planos de cada unidad habitacional documentos como: Planta arquitectónica, plano de Localización, Implantación, Corte longitudinal y transversal, Planta de cubiertas, Fachadas, Planta de cimentación, estructura de cubiertas Y planos de detalles técnicos, a partir de estos documentos se generaron tanto la programación de obra y el presupuesto de obra.

Resultado de estos análisis se determinaron los costos directos e indirectos del proyecto se determinó que cada casa tendría un costo aproximado de 64.000.000\$ y que los costos directos serian 790.800.000\$, así mismo el 30% del presupuesto total serian costos indirectos desglosados de la siguiente forma: administración 25% 197.700.000\$, imprevistos 3% 23.700.000\$ y 2% de utilidad 15.000.000\$ sumando costos directos e indirectos el proyecto tendría un costo total de 1.028.050.000\$; Así mismo se extrajo la programación del proyectos basándose en las cantidades y rendimientos encontrados, esta programación se dividió en 3 etapas principales ejecutadas en 5 meses que es la duración de la obra estimada, cada unidad habitacional se terminaría en el término de 50 días, en la etapa uno se terminarían 4 unidades, en la segunda etapa se terminarían 4 unidades y en la etapa 3 se construirían 7 unidades habitacionales.

## Tribeca apartamentos- Metodología BIM

El conjunto residencial Tribeca está compuesto por 21 niveles, dos de estos niveles son sótanos empleados para estacionamientos de los residentes, 18 estarán usados para apartamentos y el ultimo nivel como terraza de la edificación.(Ortiz,2020) El proyecto Tribeca se construyó en el poblado en la ciudad de Medellín, Antioquia en una de las zonas más rentables y prestigiosas de la ciudad, el edificio se compone por dos tipologías habitacionales, una de 105.45 metros cuadrados constituido de tres baños, dos cuartos, sala comedor, cocina y balcón, la segunda unidad se compone de 123.80 metros cuadrados compuesto por tres baños, dos habitaciones, salón comedor, cocina y balcones, para el año 2023 el costo del apartamento de tipología uno era 1.158.000.000\$.

Ilustración 7  
Tipologías de apartamentos Tribeca.



Tomado de: Apartamentos Tribeca por Arquitectura y concreto, 2023,  
<https://arquitecturayconcreto.com/proyectos/antioquia/tribeca/>

### Plan de ejecución BIM

Al igual que en la planificación tradicional en su fase conceptual el plan de ejecución BIM denominado PEB pretende organizar, estructurar la planeación y ejecución del proyecto a partir de

precisar las metas, la cobertura, los usos, responsabilidades, estrategias y metodologías para el desarrollo, gestión, colaboración y control de la documentación e información de la construcción (Ortiz, 2020), para esto es necesario determinar las fases del proyecto, la metodología BIM posee 10 fases en total de aplicación como observamos en la figura 8, sin embargo el proyecto Tribeca solo abordara 6 de estas 10 etapas de implementación, estas etapas son: Documentación, Diseño conceptual, Diseño detallado, Análisis, Documentación, planos y Construcción 4D y 5D.

*Ilustración 8*  
*Fases de la metodología Bim.*



Tomado de: Elaboración propia

### ***Histórico o Hitos***

La metodología BIM es el resultado de un documento colaborativo en el cual cada actualización que se realice al documento hace parte de una versión del proyecto, es así que se establece un formato que notifica las versiones que estén actualizando del proyecto, esto se dividirá

en hitos que clasifican el proyecto en actividades principales desglosadas por fechas previstas de ejecución como se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1*

*Versiones e hitos del proyecto.*

Versión	Fecha	Responsable	Motivo de la modificación
1.0	dd/mm/aaaa	Nombre y Apellidos	-
2.0	dd/mm/aaaa	Nombre y Apellidos	-
3.0	dd/mm/aaaa	Nombre y Apellidos	-
4.0	dd/mm/aaaa	Nombre y Apellidos	-

N°	Hitos y entregables del proyecto	Fecha prevista de inicio	Fecha prevista de entrega
0.	Trabajos y estudios previos	10/09/2020	12/10/2020
1.	Proyecto básico	12/10/2020	15/11/2020
2.	Proyecto constructivo	15/11/2020	02/12/2020
3.	Licencia de obra aprobada	15/02/2021	05/03/2021
4.	Construcción	06/08/2021	13/05/2023
5.	Entrega de obra	13/05/2023	30/05/2023
6.	Operación/utilización	30/05/2023	n. a

Tomado de: Tabla 4. Hitos y entregas del proyecto. (Ortiz, 2020, p.24).

### **Objetivos y usos**

Los objetivos BIM se dirigen al que se quiere lograr en el proyecto, a partir de estos objetivos se estructura la metodología que se aplicara al proyecto, en este caso Tribeca esboza 6 objetivos principales:

- Optimizar el proyecto arquitectónica y estructuralmente en una escala global, con su respectivo control de presupuesto.
- Permitir una comunicación más eficaz y organizada entre las partes involucradas durante las primeras seis fases del proyecto.

- Aumentar la coordinación de la documentación, información y diseños, para suministrarle a los distintos contratistas y poder tener un control y planificación más eficaz de toda la obra.
- Crear un modelo digital 3D, de toda la construcción, con el fin de ser utilizado para realizar planificación y gestión del proyecto.
- Comprobar la idoneidad constructiva, revisión y gestión de los diseños.
- Facilitar el estudio de costes y procedimientos mediante un modelo 4D y 5D.

Establecidos los objetivos en el proyecto se optó por la utilización de 10 usos BIM para la consecución de los objetivos como se ilustra en la figura 09, así mismo se definió el recurso electrónico para el desarrollo de los modelos, en el proyecto se parametrizo el uso de softwares comunes como:

Microsoft Word, Autodesk Revit, Navisworks, Microsoft Project, Excel y AutoCAD.

*Ilustración 9*  
*Usos Bim para el proyecto Tribeca.*



Tomado de: Elaboración propia.

**Niveles de LOD**

Lod hace referencia a los niveles de detalle que serán presentados en el proyecto, según sea la etapa y la entrega de información entre participantes el nivel de información variara

constantemente, para el proyecto se utilizara los parámetros impartidos en AEC (UK) BIM

*Technology Protocol* que se componen de la siguiente manera:

- LOD 100: Representativo e idea. Es una presentación simple de un objeto en un espacio con un mínimo que se puede identificar, siendo un objeto tridimensional y con colores básicos.
- LOD 200: Genérico. En el objeto tridimensional se pueden identificar los tipos y componentes del mismo, con dimensiones aproximadas a las reales.
- LOD 300: Especifico. Es un objeto con características detalladas para entender el tipo y componentes de los objetos, sus medidas son exactas, el cual es ideal para ser usado en fases de producción y pre-construcción.
- LOD 350: Es equivalente al LOD 300 Aquí su nivel de detalle nos permite identificar interferencias del objeto modelado.
- LOD 400: *Construction stage*. El elemento está detallado y definido, así como su ubicación, su sistema constructivo, uso y montaje, incluyendo todos los subcomponentes con los cuales se permita llevar a cabo la construcción.
- LOD 500: *As built*. Es la construcción del objeto de manera realista de cómo se observaría en la realidad con sus medidas exactas (Ortiz, 2020).

### ***Organización de datos***

La presentación de información aportada debe presentarse bajo parámetros de identificación estandarizado, todo con el objetivo que cada aporte se clasifique y se archive de manera organizada, el proyecto pone a la disposición de sus integrantes el siguiente formato, donde la primera casilla debe agregarse la fecha, en el segundo el código por disciplina enseguida el nombre

del proyecto y por último el número de la versión que se esté trabajando junto con el histórico del proyecto.

[ddmmaa]\_ [Cod.Disciplina]\_[Nombre Proyecto]\_[nn].

Tabla 2  
Ejemplo organización de la información documental del modelo.

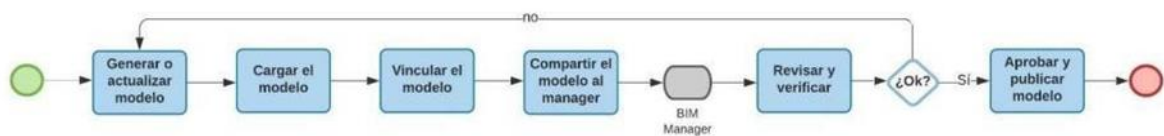
240820_ARQ_TRIBECA_F5_02				
Fecha de modificación	Disciplina	Proyecto	Fase	Versión
240820	ARQ	TRIBECA	F5	02

Tomado de: Tabla 4. Organización del modelo. (Ortiz, 2020, p.30).

**Verificación y control de calidad y entregables**

La verificación y control dentro de la metodología BIM en el proyecto se compone de dos fases: la primera la realiza el modelador inicial quien es el construye, comparte y carga el modelo al sistema para que en la segunda donde el *Bim management* revisa y lo compartido por el moderador determinara si lo compartido cumple con lo estipulado para así acoplarlo al modelo general, si por el contrario no cumple con los requisitos planteados serán retroalimentada las correcciones al modelador para que las verifique y las corrija y así presentar nuevamente la solicitud ante el *Bim management* como se ilustra en la ilustración 10.

Ilustración 10  
Modelo de presentación de la información.



Tomado de: Diagrama 2. Mapa de procesos de verificación entregables BIM.(Ortiz, 2020, p.36)

**Ilustración 11**

Fases de verificación en el modelo.



Tomado de: Elaboración propia.

**Roles**

Los roles en la metodología son las personas encargadas de manejar y gestionar el uso de BIM dentro del proyecto, estos roles son independientes de la jerarquía en la obra de construcción, para efecto del proyecto Tribeca se plantearon 8 Roles en total:

- **Proponente del Proyecto:** Es quien plantea que quiere realizar, con qué presupuesto cuenta y plantea los requerimientos, objetivos y alcances del proyecto.
- **Encargado del Proyecto:** Es quien coordina el proceso de la construcción del modelo desde la aprobación, modificación y verificación del material que se suba al CDE.
- **BIM Manager:** Encargado de plantear las estrategias para la implementación de los procesos BIM y los Usos BIM definidos.
- **Diseñador BIM (Coordinador BIM):** Es quien crea, analiza y corrige los modelos del proyecto, establece que documentación se debe presentar al trabajo y cuáles deben ser verificados antes de ser compartidos por el BIM Manager

- Director de la Gestión de la Información: Es quien maneja el flujo de información entre todos los participantes del proyecto Bim a lo largo de todo el ciclo del mismo.
- Equipo de Obra Civil y Arquitectura: Son los encargados de administrar las entregas del proyecto en obra y en documentación
- Equipo de instalaciones: Son los encargados de administrar las entregas de todas las instalaciones del proyecto las documentan y se encargan de su control y vigilancia.

### **Recursos: software**

La metodología BIM exige una retroalimentación constante, es por eso que en cada etapa se comparten datos al modelo con uno o más integrantes del trabajo, el proyecto Tribeca parametriza el uso de softwares comunes para permitir la interoperabilidad de la información al compartir los datos se estableció el uso de los siguientes softwares como herramientas del trabajo: Revit, Navisworks, Project, Excel, AutoCAD y Adobe acrobat todos con su versión del año 2019, en la figura 14 se ilustra los softwares permitidos por cada fase.

*Tabla 3*  
*Tablas de softwares permitidos en el proyecto*

Uso BIM	Software	Versión
Modelo de diseño	Revit	2019
Planificación de fases (4D)	Navisworks MS Project Excel	2019 2019 MS365
Revisión de diseños	Revit AutoCAD Adobe Acrobat	2019 2019 2019
Coordinación interdisciplinar	Revit AutoCAD Navisworks	2019 2019 2019
Generación de planos	Revit AutoCAD Adobe Acrobat	2019 2019 2019
Mediciones y presupuesto (5D)	Revit AutoCAD Navisworks Excel	2019 2019 2019 MS365
Control de calidad de la construcción	Revit	2019
Gestión de Activos	Revit	2019

Tomado de: Tabla 16. Software. (Ortiz, 2020, p.41).

### ***Estrategia de colaboración***

El proceso de colaboración empieza por el modelador quien es el encargado de realizar el trabajo inicial según su disciplina, el modelador compartirá la información de manera online a una carpeta de Google drive la cual será revisada por el *BIM manager* quien es el encargado de revisar la información compartida por el modelador y realizar la retroalimentación correspondiente, una vez compartida y revisada la información por el modelador el *BIM manager* el encargado de subir y compartir la información en el modelo, el único responsable de autorizar cambios y subidas de información será el *BIM manager*. De igual manera el proyecto Tribeca plantea un entregable para la revisión de la información entre el modelo como vemos en la ilustración 12.

Tabla 4

*Estrategia de reportes para los entregables.*

<b>Tipo de informe</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Canal</b>	<b>Idioma</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable del informe</b>	<b>Receptores del informe</b>
Verificación de entregables	Documentar los resultados de la verificación de entregables BIM	Email/Drive	Castellano	Quincenal	BIM Manager	Promotor
Otros				Bajo demanda		

Tomado de: Tabla 18. Estrategia de reporte.(Ortiz, 2020, p.44)

### ***Estrategia de Reuniones***

Al igual que en la metodología tradicional de ejecución de proyectos en la metodología BIM encontramos las reuniones como estrategias de control del proyecto con el fin de realizar un flujo correcto de trabajo, para esto en el proyecto se establecieron dos tipos de reuniones: Unas estratégicas que evalúan periódicamente los avances, resultados y decisiones para cumplimiento de metas búsqueda y comparación de alternativas y las otras reuniones son desarrollo técnico que identifican las interferencias y la resolución de las mismas así como el apoyo entre disciplinas para el desarrollo correcto del proyecto.

### **Modelo 3D**

El modelo 3D en la metodología BIM hace parte muy importante del proceso ya que toda la información gira entorno al modelo paramétrico, el proyecto Tribeca desarrollo un modelo paramétrico en REVIT con el objetivo de la interoperabilidad, en este proceso el resultado de este modelo 3D es la consecución de la unión del trabajo de varios modeladores según la disciplina en cuestión, cada etapa fue objeto de revisión por el Bim *management* con el trabajo estructurado como se evidencio en ítems anteriores, la construcción de este modelo 3D se dividieron en las siguientes etapas:

- Niveles.
- Ejes y rejillas del Proyecto.
- Modelado de la cimentacion.
- Modelado de columnas.
- Modelado de vigas.
- Modelado de losas.
- Modelado de escaleras.
- Modelado de muros.
- Modelado de puertas y ventanas.
- Modelacion de pisos arquitectonicos.
- Modelado de barandilla.
- Modelado instalaciones hidrosanitarias.

(Ortiz, 2020)

### **Modelo 4D**

El modelo 4D hace referencia a la constante de tiempo en general para la realización del proyecto sus actividades que lo componen ya que el modelo 3D se construye a partir de un modelo

paramétrico donde cada objeto posee información de sí misma y de su relación con los demás objetos el cálculo 4D resulta del manejo de los objetos paramétricos modelados en REVIT y la información que generan, es así que cada actividad de modelación 3D será utilizada en el cálculo 4D para realizar la planificación por medio del software Microsoft Project, la utilización de este programa permite desglosar todas las actividades del proyecto y junto con el uso del software Navisworks permite realizar una simulación de la programación de las actividades con su estimación en tiempo organizadas de manera estructurada para realizar esta programación, el resultado de esta simulación será la base de la programación que se utilizara en la obra (Ortiz, 2020).

### ***Modelo 5D***

5D hace referencia al presupuesto del proyecto, este se extrae a partir de las cantidades de obra como los APU (Análisis de precios Unitarios) generados por el modelo paramétrico 3D bajo las funciones que posee REVIT, con esta información se extrajeron 14 tablas de cantidades para el proyecto:

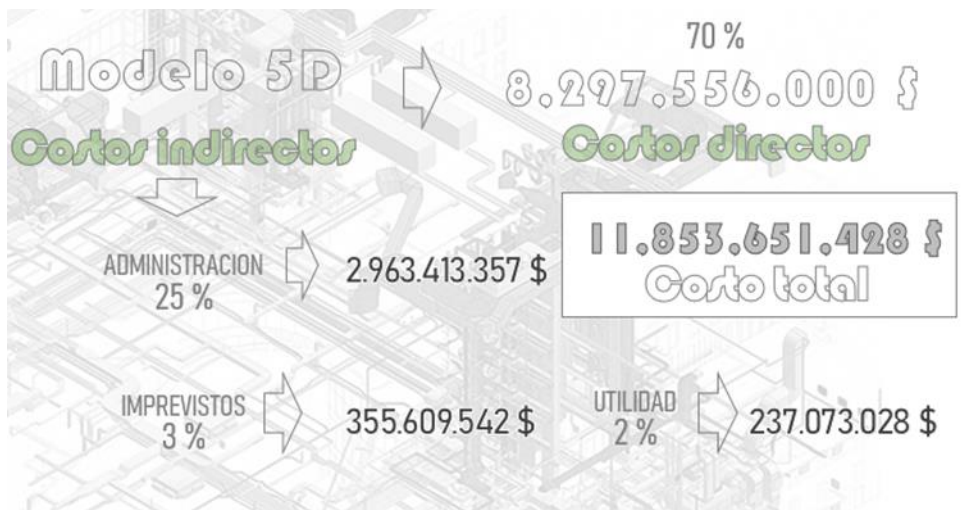
- Cantidades de cimentaciones
- Cantidades de columnas
- Cantidades de vigas y viguetas
- Cantidades de pisos estructurales
- Cantidades de pisos arquitectónicos
- Cantidades de cubierta
- Cantidades de escaleras
- Cantidades de barandillas
- Cantidades de muros
- Cantidades de puertas
- Cantidades de ventanas
- Cantidades de aparatos hidrosanitarios

- Cantidades de tubería
- Cantidades de accesorios de tubería

(Ortiz, 2020)

Para la construcción del presupuesto general se utiliza Microsoft Excel para consolidar el presupuesto de manera general, se estableció que para el año del estudio se encontró que el proyecto en todas sus fases tendría un costo total de 8,297,556,191 de este valor se extrajeron los costos indirectos ver en la figura.

Ilustración 12  
Tabla de costos directos e indirectos proyecto Tribeca.



Tomado de: Elaboración propia.

### **Marco Normativo**

BIM es una metodología de trabajo, es un proceso organizacional para estructurar el proyecto de construcción por ende no está sujeta a ninguna normativa pues cualquier norma que pretenda regularla influiría directamente en su funcionamiento, por lo cual en Colombia existen planes de trabajo y protocolización en la metodología que pretende que se utilice bajo la misma línea de trabajo para crear una adaptabilidad en el sector de la construcción, por lo cual encontraremos guías de aplicación mas no normas que influyan en su composición .

Minvivienda ha establecido varias directrices enfocadas a compartir estas metodologías en conocimiento y en uso, así estableció el plan “BIM 2020 – 2026 “ el cual pretende que en Colombia la empresa privada y pública se empiecen a operar de manera paulatina estas metodologías, bajo una metodología colaborativa el objetivo es disminuir en un 10% los costos de un proyecto constructivo de infraestructura pública para el año 2026. Adicionalmente el gobierno nacional implemento la norma ISO 19650 que estandariza bajo una línea de trabajo la metodología, la meta que plantea el gobierno nacional es que para el año 2025 el 100% de proyectos de orden público se desarrolle con la metodología BIM para que en el año 2026 se estipule el mandato BIM de orden nacional.(Minvivienda, 2020).

- Desarrollo de capacidades. Capacitar a los profesionales del sector a través de formación pública y privada.
- Liderazgo público. El gobierno asume la responsabilidad de liderar la implementación de la Estrategia Nacional BIM. Mostrando y exigiendo resultados, así como fomentando la buena relación entre los agentes públicos y privados.

- Marco colaborativo. Con la Estrategia Nacional el gobierno ha desarrollado las guías y plantillas técnicas estableciendo los estándares que se deben adoptar.
- Comunicaciones y comunidades. Con el objeto de dar a conocer la estrategia de BIM, se hace vital socializar la metodología, de ahí la responsabilidad pública y privada de crear una atmósfera colaborativa en torno a BIM

(Minvivienda, 2020)

Camacol (Cámara colombiana de construcción colombiana), es una organización sin fines de lucro que agrupa a diversas empresas y profesionales destacados que trabajan en el sector de la construcción y la venta de inmuebles en Colombia. Fundada en 1957, esta entidad se ha consolidado como una de las principales organizaciones empresariales del país, representando a más de 5.000 empresas en todo el territorio colombiano e, inclusive, en el exterior.(Camacol, 2020); Con el ánimo de proyectar hacia futuro el uso de la metodología BIM y que se establezcan protocolos establecidos ha venido Camacol compartiendo información de manera informativa dirigidas al cómo se debe de estructurar el trabajo, Camacol ha publicado tres BIM Kits tratando diferentes temas estableciendo guías, plantillas estándares y matrices:

Este paquete de datos está conformado por 7 guías, estas guías se centran en la construcción del modelo 3D paramétrico los participantes y sus roles en el proyecto y el flujo de información a continuación se presenta que guías están compuestas:

#### ***BIM KIT Vol. 1***

- Roles y perfiles BIM: Descripción de las responsabilidades y competencias de los profesionales involucrados en proyectos BIM.
- Modelado BIM: Creación de modelos digitales en 3D que representan edificios o estructuras, incorporando información detallada sobre cada componente.

- Flujo de trabajo: Secuencia de pasos y procesos que guían la ejecución de un proyecto BIM desde el inicio hasta la finalización.
- Gestión de la información: Organización y control de datos y documentos en proyectos BIM para garantizar su disponibilidad y precisión.
- Indicadores BIM: Parámetros utilizados para medir el progreso y la calidad de un proyecto BIM, como eficiencia, precisión y cumplimiento de estándares.
- Creación de contenido: Desarrollo de elementos personalizados utilizados en modelos BIM, como componentes específicos de edificios o infraestructuras.
- Anexo contractual: Documento adjunto a un contrato que establece condiciones y requisitos particulares para proyectos BIM.

(Camacol, 2020).

### ***BIM KIT Vol. 2***

- Hoja de ruta para la implementación BIM: Plan detallado que guía la adopción y aplicación exitosa de la metodología BIM en una organización o proyecto.
- Usos BIM: Diversas aplicaciones y beneficios de la metodología BIM en la planificación, diseño, construcción y gestión de activos.
- Requerimientos BIM para la solicitud de licencias: Criterios y especificaciones necesarios para obtener licencias de construcción basadas en el enfoque BIM.
- Plan de implementación BIM (PEB): Estrategia que establece cómo se llevará a cabo la metodología BIM en un proyecto específico, incluyendo plazos y recursos.
- Hoja de ruta para el solicitante: Guía que ayuda a los solicitantes de proyectos a comprender y cumplir con los requisitos BIM en sus propuestas.

- Hoja de ruta para la curaduría: Plan que describe cómo las entidades de supervisión o curaduría pueden evaluar y verificar el uso adecuado de BIM en proyectos.

(Camacol, 2020).

### ***BIM KIT Vol.3***

- Infraestructura vial: Aplicación de la metodología BIM en el diseño y gestión de carreteras y sistemas de transporte.
- Anexo técnico BIM: Documento que detalla los estándares y directrices técnicas específicas relacionadas con la metodología BIM en un proyecto o sector particular.

(Camacol, 2020).

## Marco Teórico

### Last Planner

*Last Planner* es una herramienta que hace parte de la metodología de planificación *Lean Construction* la cual tiene como objeto principal entregar los trabajos en los plazos acordados y mejorar de manera continua su proceso de producción, de acuerdo con Pons & Rubio (2019), “La metodología *Last Planner System* ha hecho también que nuestros trabajadores y proveedores, se coordinen para que al momento de realizar la actividad del día esta posea los recursos necesarios para poder ejecutarla sin problema alguno sin afectar la programación” p.15. *Last Planner* que denominaremos en adelante como LP percibe a cada integrante del proyecto directo o indirecto como pieza fundamental, actor necesario para lograr la eficiencia del proyecto.

### Flujo de valor

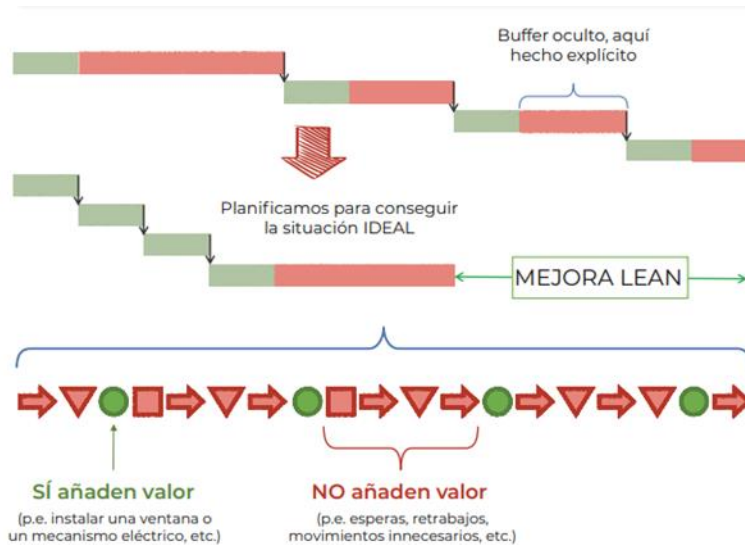
La ejecución de cualquier proyecto constructivo es la suma de pasos consecutivos, la planificación tradicional se centra en la gestión de actividades de manera individual sin tener en cuenta actividades precedentes o anteriores, imponiendo a menudo expectativas poco realistas en su proceso de producción generando retrasos continuamente. (Pons & Rubio, 2019), LP introduce el concepto flujo de valor definiéndolo como toda la suma de recursos y acciones que aportan valor a la obra que se esté ejecutando, identifica las demás actividades como flujos que no aportan valor y que por el contrario le quitan valor al proyecto constructivo (Varona, 2006), el proyecto como es un flujo de valor lo entendemos desde distintas etapas:

- Fabricación: Maquinarias o procedimientos con una ubicación no móvil y productos semielaborados que se transportan de una estación a otra.
- En Construcción: Es el producto de trabajo en ubicación fija, realizado por las distintas cuadrillas de trabajo.

- En diseño: Esto lo define las entregas parciales o completas en el proceso de diseño del proyecto en las distintas fases de la construcción.

(Pons & Rubio, 2019, p.25).

Ilustración 13  
Flujo de valor en las actividades Last Planner.



Tomado de Pons & Rubio, 2019, p.26.

En el flujo de trabajo tradicional como se aprecia en la figura 2 se constituye cada actividad junto con un buffer final el cual está representado en tiempo adicional (rojo) al proyectado en la actividad (verde), este sirve de colchón que absorbe el tiempo adicional al proyectado en caso que la actividad se alargue por algún imprevisto en obra induciendo al error desde su planificación, en contraposición la mejora *Lean* trata de proyectar las actividades para que no duren más de lo planeado, para llegar a esto en cada actividad es necesario con antelación cumplir requisitos específicos y tener disponibles los materiales necesarios para su ejecución de lo contrario no será posible realizarla al igual, (Varona, 2006).

### ***Origen y Definición de Last Planner***

*Last Planner* fue desarrollado en el año de 1990 resultado de una investigación realizada por Glenn Ballard y Greg Howell, ellos se basaron en el proceso de producción de la línea de montaje implementada por Henry Ford en la fabricación de automóviles en el año 1913 así, Ballard y Howell utilizaron elementos utilizados por Ford aplicables al sector constructivo a través de *Lean Construction* y aplicados en LP, esta metodología de trabajo fue explicada por vez primera en una tesis doctoral en el año 2000 hecha por Glenn Ballard, fecha que es tomada en cuenta como el primer antecedente teórico de *Lean Construction* y LP. (Ballard, 2000), como lo señaló Ballard, Koskela en el año 1997 estableció los 5 pilares principales de la planificación con LP:

- Para iniciar una nueva actividad antes se deben tener los elementos necesarios para poder iniciarla.
- Las actividades se miden y se controlan a través del porcentaje de plan completado (PPC), identificando las causas de no cumplimiento en caso de que no se ejecute según lo planeado.
- Las causas de no realización o retrasos de las tareas se analizan en relación a la mejora continua.
- Si se mantienen Buffers en las actividades, en caso de que la actividad se ejecute en el tiempo establecido y no necesite del buffer este se utilizará para completar otra tarea.
- En la planificación predictiva de mediano plazo se deben de establecer los requisitos de cada fase del proyecto.

(Koskela, 1997).

*Last Planner* recomienda establecer un flujo continuo basado en actividades que agreguen valor en el proyecto a través de los últimos planificadores quienes son los encargados de ejecutar la actividad

y verificar los inputs o requisitos necesarios para su realización, estableciendo las restricciones de cada tarea a ejecutar por lo que en las reuniones de trabajo normalmente semanales se deben realizar con cada cuadrilla de trabajo recogiendo información aportada por estos últimos planificadores y así de manera coherente establecer un flujo de trabajo coherente. (Pons, 2014).

*Ilustración 14*  
*Cronología de la historia de Lean Construction.*

RESUMEN CRONOLÓGICO DE LC Y LPS	
1913	Henri Ford. Cadena de montaje móvil.
Mediados de los 50	Taiichi Ohno tiene operativo el Toyota Production System.
1950 1970	Deming, Juran, Shewhart, Shigeo Shingo, Kaoru Ishikawa, etc. desarrollan sus teorías sobre la Calidad y Mejora Continua que hoy forma parte de LEAN.
Década de los 70	Crisis energética. Toyota destaca por encima de las demás compañías.
Década de los 80	Estudio del MIT que da origen a Lean Production como concepto. John Krafcik acuña Lean Production.
1992	Lauri Koskela fundamenta la teoría de Lean Construction.
1993	Se funda el International Group for Lean Construction IGLC.
1996	Se publica el libro "Lean Thinking" de James Womack y Daniel Jones.
1997	Se funda el Lean Construction Institute (LCI) USA.
2000	Glenn Ballard. Publica su Tesis Doctoral "The Last Planner System of Production Control".
2011	Primer Evento oficial de Lean Construction en España en la Universidad Politécnica de Valencia.
2013	16 Conferencia del European Group for Lean Construction en Valencia.
2014	Inicio de la recuperación en el sector de la construcción de España Se publica en España la Guía "Introducción a Lean Construction".
2015	Conferencia Lean In Public Sector Construction (LIPS) 2015 Barcelona.
2017	Primer Congreso organizado por ITeC enfocado a que empresarios españoles presenten de manera oficial sus casos de éxito en LC y LPS.

Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.31.

### ***Ultimo planificador***

En cada proyecto constructivo tradicionalmente la programación está a cargo en su mayoría por un programador o planificador quien es en la mayoría de ocasiones el jefe de obra sin embargo los proyectos constructivos son dinámicos por lo cual necesitan de una retroalimentación constante para lo cual surge el concepto del "ultimo planificador", el cual garantiza el protocolo de trabajo continuo y

necesario, es la persona que está encargada de realizar la tarea proyectada y al mismo tiempo es el conocedor de los recursos necesarios e inconvenientes en la ejecución de su trabajo. Así “lo que debería hacerse” pasa a “lo que se debe hacer” creando un inventario de trabajo ejecutable (ITE) el cual estará incluido en los planes de trabajos semanal reduciendo la incertidumbre que pudiese existir por la falta de conocimiento de cada tarea ejecutable al incluir rendimientos de trabajo realistas. (Pons, 2014).

*Ilustración 15*  
*Esquema se hará-se puede – se debe.*



Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.34.

### **Planificación**

El plan maestro en la programación tradicional es el organigrama general a lo largo de la vida de la obra, normalmente presentado en barras de GANT en *Last Planner* la planificación se organiza a largo, mediano y corto plazo, cada segmento de tiempo se organiza de tal manera que se complementen los unos con los otros y se retroalimenta con reuniones de trabajo en espacios de tiempo semanales (Pons, 2014).

### **Largo Plazo**

Conocida también como “él se debe hacer” establece los objetivos principales que se tienen que realizar al término ciclo del proyecto pactado, aquí se identificarán los objetivos a los cuales se tiene que

llegar a través de la ejecución de trabajo concreto en la obra esta planificación se divide en dos fases diferentes:(Vega, 2017)

- planificación maestra.
- planificación de fases.

### ***Planificación Maestra***

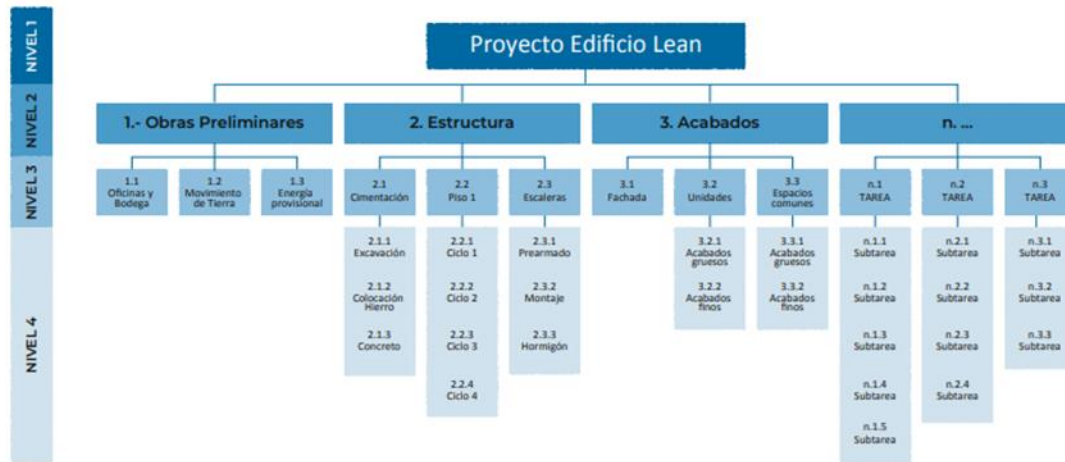
Esta planificación también conocida como “ruta crítica” clasifica las actividades cuya naturaleza e importancia afectan de manera directa el avance del proyecto constructivo, en esta fase se deben identificar los hitos más importantes junto con los recursos que se necesitan para hacer las actividades y verificar de igual manera cualquier tipo de restricción existente, debemos definir la estructura organizacional del proyecto junto con la estructura desglosada de trabajo, asignar estas estructuras de trabajo a la estructura organizacional nos permite determinar tanto las áreas de trabajo en la obra tal y como se presenta en la figura 5 brindándonos una ubicación concreta en un espacio puntual para mayor comprensión. (Bonilla, 2017)

La OBS (estructura general de trabajo) es una organización de tipo jerárquica como se observa en la figura 6, la cual identifica todos los integrantes del proyecto clasificándolos por áreas, estos equipos de trabajo o cuadrillas son los responsables de ejecutar las actividades principales de trabajo a largo plazo. Esta planificación deberá iniciar 2 o 4 meses antes del inicio de la construcción con el fin de definir tanto la planificación, como los OBS asignándolo a cada estructura de trabajo, regularmente la programación se muestra a través de gráficos por medio de barras de Gantt sin embargo en proyectos de gran envergadura es necesario presentar la información en formatos entregables por actividad o fase, estos entregables deberán ser información referida al proyecto que debe contener:(Bonilla, 2017)

- Tipo de integrable y área del Proyecto.
- Recursos necesarios para su ejecución, restricciones y asignar cuadrilla de trabajo.

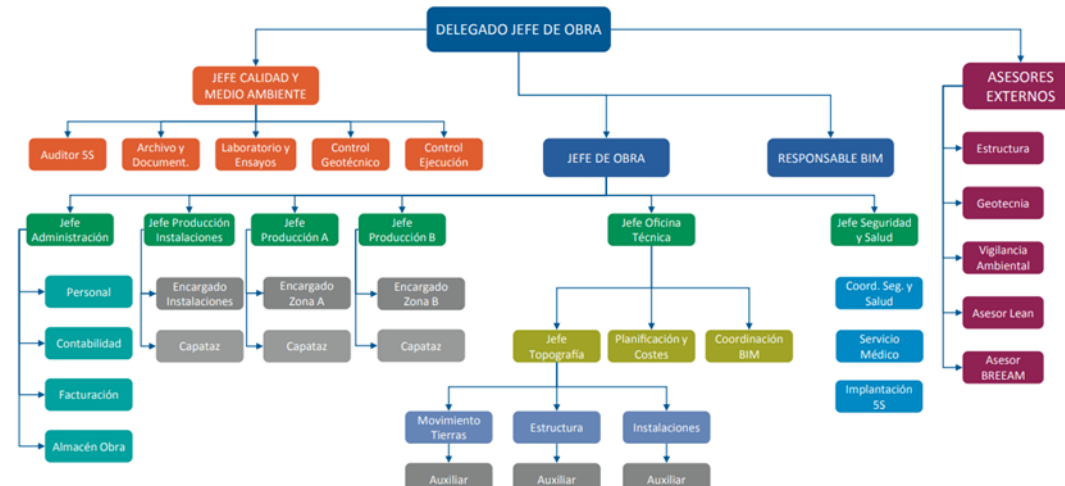
- Hitos del Proyecto internos o contractuales definidos en la estructura general del Proyecto.
- Identificación de riesgos y contingencias de la actividad.

Ilustración 16  
Estructura de desglose de trabajo.



Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.38.

Ilustración 17  
Estructura organizacional de trabajo.



Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.39.

### ***Planificación por fases***

La planificación en *Last Planner* establece varias fases, cada fase es la agrupación de actividades de la misma naturaleza, es decir la primera fase se podría determinar en actividades preliminares, el objetivo de definir las fases es validar el trabajo necesario para poder completarla. *Last Planner* introduce el concepto “*pull planing*”, tradicionalmente la planificación de las actividades se realiza utilizando el concepto “*push*”, el cual dispone la actividad con un tiempo estimado de ejecución y adicionalmente marca un *buffer* denominado “colchón de tiempo” cuya función permite prever cualquier novedad que extienda el en tiempo de ejecución de la actividad, induciendo al error desde el principio. Por el contrario “*pull*” consiste en conocer y preparar todos los recursos necesarios para ejecutar la actividad imponiendo requisitos para que esta pueda llevarse a cabo, este condicionamiento aumenta el flujo de trabajo de manera continua y en los escenarios que por su naturaleza sea necesario establecer un “*buffer*” en caso que no se utilice se pasara a ejecutar la siguiente actividad en el orden del día.(Vega, 2018).

*Pull sesión* funciona principalmente halando las actividades conforme se vayan terminando, es por eso que identificar en cada fase el personal y acciones que son necesarias para el cumplimiento del trabajo proyectado es de vital importancia así, para su buen cumplimiento es necesario realizar reuniones con todos los integrantes de las fases en ejecución, normalmente son reuniones semanales en las que el orden del día pasa por determinar :

- Descripción del trabajo
- Información del programa de trabajo
- Actividades de obra
- Presupuesto y cantidades
- Restricciones por actividad

- Especificaciones técnicas
- Planos de obra
- Recursos críticos y necesarios

(Pons & Rubio, 2019, p.43).

### ***Mediano Plazo***

Esta ventana de planificación normalmente pensada en periodos de tiempo de 3 a 9 semanas abordara “EL SE PUEDE” que a diferencia de la programación a largo plazo pasa por verificación semana a semana del PEC (porcentaje de ejecución completado), aquí identificamos las actividades concretas, sus tareas y actividades predecesoras, esta ventana a mediano plazo se extrae de las sesiones *Pull* de las diferentes fases, el objetivo principal de la planificación a mediano plazo es que las tareas en sus fases tengan todas sus restricciones liberadas para poder ejecutarlas y así establecer una fecha concreta de ejecución reduciendo así la incertidumbre. (Vega, 2018).

### ***Herramientas de Apoyo***

Las reuniones es una herramienta de apoyo importante y se realizaran de manera semanal en las *Pull session*, estas servirán de apoyo para identificar las actividades ejecutables, deberán presentarse con la siguiente información: actividad a ejecutar, responsable, fecha de inicio, fecha de terminación y ubicación en el diagrama de Gantt en caso de que sea el medio de proyección, la figura numero 7 muestra de manera gráfica a través de barras de Gant cuál sería la presentación típica de las actividades proyectadas en el mediano plazo, al igual es necesario e importante identificar las restricciones asociadas a cada actividad para así liberarlas y tenerlas listas, la figura 8 por el contrario muestra un ejemplo de formato de identificación de restricciones por actividad el cual es un formato aparte que deberá ser presentado en cada sesión. (Bonilla, 2017)

Tabla 5  
Planificación a mediano plazo por medio de las barras de Gant.

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																													
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO														FEBRERO									
		INICIO	FIN			Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5				Semana 6			
						L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	31-ene	01-feb	02-feb	04-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb
<b>ENCOFRADOS</b>																													
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		Si																								
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		Si																								
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		No																								
<b>HORMIGÓN</b>																													
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		Si																								
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		Si																								
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		Si																								
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		Si																								
<b>ACERO</b>																													
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		No																								
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		No																								

Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.54.

Tabla 6  
Formato de lista de restricciones.

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avintla/DF/Beta konkret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcara fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3.Cabezas. Disponibilidad/retrada de plataformas de descrga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma				22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									
#5									

Tomado de: Pons & Rubio, 2019, p.54.

**Corto Plazo**

En el plan de ejecución a corto plazo se establece lo “que se debe hacer” el cual estará determinado por últimos planificadores, estos son quienes ejecutaran la actividad en obra por lo cual en las *pull sessions* el programador asignara cargas de trabajo ejecutables semanalmente, estas cargas deberán ser avaladas y cuantificadas por los últimos planificadores aportando así certeza de lo que realmente se hará, este trabajo ejecutable a corto plazo será revisado a través de la medición de porcentaje de trabajo ejecutado denominado PPC (Porcentaje de trabajo completado) el cual resultara

de dividir el trabajo realizado por el trabajo proyectado multiplicándolo por 1000, este porcentaje nos brindara un soporte de si se cumplió en un 100% lo acordado durante la semana, de igual manera si una actividad no es completada en un 100%, el incumplimiento en el porcentaje ejecutado proyectado deberá registrarse y medirse de manera que se logre identificar las causas de no cumplimiento con el objetivo de prevenir en el futuro la consecución del mismo problema. (Pons & Rubio, 2019),

## **BIM (Building Information Modeling)**

BIM (Building Information Modeling) es una metodología para la realización de proyectos, herramientas y protocolos de trabajo que permiten modelar, construir y operar una edificación en un espacio virtual común, esta metodología plantea como base de su trabajo la interoperabilidad y el trabajo colaborativo como medio para entender el proyecto como un todo y no como las sumas de pequeños esfuerzos. Estas estrategias ponen se centran en la extracción de la información concisa de un proyecto y el intercambio de esta información con diferentes actores involucrados a lo largo de todo el ciclo de vida en la realización de la construcción . Adicionalmente de la interoperabilidad del trabajo BIM busca ser un estándar el cual se adapte a cualquier proyecto lo que permite una lectura más fluida del trabajo y así un entendimiento común en los proyectos constructivos, para lo cual es importante señalar que existen dependiendo del tema estándares nacionales e internacionales que establecen parámetros básicos para la transmisión de información. (Planbim, 2019)

### ***Flujos de Información***

Durante la aplicabilidad de Bim en el trabajo se genera intercambio de información entre los Solicitantes y los distribuidores. Para establecer la forma en la que se compartirá la información a través de Bim, el requeridor generara una Solicitud de Información Bim y los Proveedores deben responder por medio de uno o más Planes de Ejecución Bim, entre otros documentos, para esto es necesaria la interoperabilidad que consiste en el manejo un modelo compartido a través de un entorno común de datos en el cual cada integrante del proyecto será capaz de aportar información valiosa en su área de conocimiento. .(Planbim, 2019)

### ***Trabajo Colaborativo***

Trabajar de manera integrada reconoce la responsabilidad e importancia de cada actor en la consecución de un mismo fin, es por eso que Para lograr la interoperabilidad del trabajo se requiere que los diferentes integrantes generen información utilizando procesos protocolarizados y métodos de transmisión establecidos que garanticen la calidad.(Manosalva, 2020)

### ***MEI Manual Básico de Entrega de Información***

Bim trata de estandarizar todo proceso de planificación de esa manera se presenta el MEI como una herramienta de 12 pasos que parametriza la forma y clase de información que debe ser compartida con los usuarios, en principio fue desarrollado en Holanda por un grupo de empresas del sector constructivo, este manual inicia con el formato SDI BIM( Solicitud de información) aquí se establece cual es la razón y como se pretende utilizar Bim en el proyecto. Aquí se debe informar de manera formal y explícita los entregables BIM y la información que ira incluida. Una vez determinada la función que tendrá Bim en el proyecto se debe de presentar el PEB (Plan de ejecución BIM) el cual deberá contener la aplicabilidad de la metodología Bim en el proyecto constructivo, es importante que estos entregables contengan:

- Información básica del Proyecto.
- Objetivos BIM en el proyecto.
- Definir los usos Bim y definir el equipo para desarrollarlo.
- Empresas participantes del proyecto.
- Entregables y sus formatos del proyecto.
- Estrategia general del proyecto.

(Manosalva, 2020)

**Modelos y Entidades BIM**








El modelo BIM es una imagen tridimensional de la construcción, creada en programas como Archicad, Revvit etc.... y manejada a través de software Inter operativos, este mismo modelo general también se clasifica en diferentes clases de modelos como lo podemos ver en la ilustración 18, de estos modelos generales tridimensionales surgen las entidades como se aprecia en la ilustración 19 que son elementos puntuales hallados en los modelos según sea su clasificación, las entidades son mucho más extensas que los modelos ya que recogen elementos puntuales que recogen unidad por unidad sea la necesidad correspondiente, un ejemplo de clasificación de las entidades (Manosalva, 2020).

*Ilustración 18  
Tipos de modelos Bim.*

Modelos BIM	Entidades	Ejes (3D/2D)	Servicio (MEP)	Elementos Colores (MEP/Arquitectura)	Elementos Arquitectónicos (MEP/Arquitectura)	Finisiciones (MEP/Arquitectura)	Zonas / Espacios (MEP/Arquitectura)	Columnas (MEP/Arquitectura)	Vigas (MEP/Arquitectura)
Sitio		•	•	•	•	•	•	•	•
Volumétrico		•	•	•					
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		•	•	•	•	•	•	•	•
Estructura		•	•	•		•		•	•
MEP		•	•				•		
Coordinación (**)		•	•	•	•	•	•	•	•
Construcción (***)		•	•	•	•	•	•	•	•
As-Built		•	•	•	•	•	•	•	•
Operación		•	•	•	•		•	•	•

Tomado de: Planbim, 2019, p.43.

*Ilustración 19*  
*Tipos de entidades Bim.*

Modelo BIM	Edificación	Infraestructura
Sitio		
Volumétrico		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		
Estructura		
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)		
Coordinación (**)		
Construcción (***)		
As-Built		
Operación		

Tomado de: Planbim, 2019, p.44.

### ***EAIM Estados de Avance de la Información de los Modelos***

El modelo BIM es el centro de trabajo de la metodología este se nutre de la información de cada participante que va aportando, de la misma manera el modelo procesa la información aportada y la añade al modelo generando información adicional basada en su procesamiento, cada cambio que se realiza en el modelo modifica parcialmente o totalmente el proyecto por lo cual se deben de presentar avances de la información de los modelos para tener referenciada cada información aportada, así mismo esta información se clasifica en varios estados de la información clasificados por disciplina y por fase como se aprecia en la figura 10.(Manosalva, 2020)

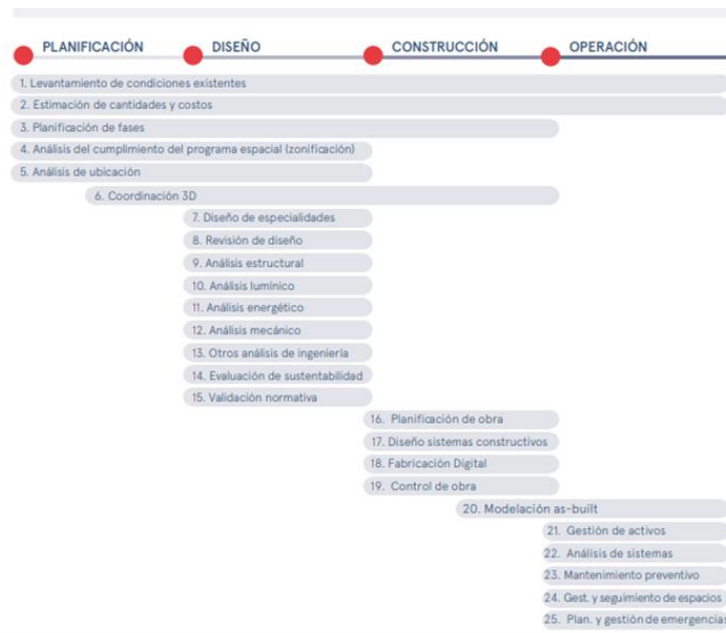
**Tabla 7**  
**Estado de avance de la información en Bim.**

Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	Fase inicial del proceso de diseño, en la cual a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades del Solicitante, se establece el conjunto de tareas necesarias para obtener una solución al problema planteado.
Información de Diseño	DA Diseño de Anteproyecto	Fase temprana del proceso de diseño, en la que se establecen los criterios generales de un proyecto, considerando los requerimientos y restricciones del Solicitante, tales como normativos y legales.
	DB Diseño Básico	Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto.
	DD Diseño de Detalle	Fase en la que se elabora la documentación específica de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la fabricación y/o construcción de éstos.
Información de Construcción	CC Coordinación de Construcción	Fase en la que se planifica el conjunto de actividades a ejecutar de un trabajo de construcción, ordenándolo de la manera más eficiente posible y planificando todas las acciones para su ejecución.
	CM Construcción, Manufactura y Montaje	Fase de ejecución de las actividades planificadas en el terreno o fuera de él (off-site), que da inicio a las tareas de fabricación, tanto manuales como industrializadas.
	AB As-Built	Fase en la que se registra el proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo. En esta fase se realiza la entrega de la información de la construcción, concluyendo el contrato de ésta.
Información de Operación	PM Puesta en Marcha	Fase en la que se llevan a cabo las actividades de traspaso del activo al cliente, incluyendo también la información para el uso de ésta como por ejemplo, las garantías de los equipos instalados. Esta información sirve también para el desarrollo de eventuales proyectos de remodelación o ampliación. Esta fase considera las pruebas de funcionamiento del activo.
	GM Gestión y Mantenimiento del Activo	Fase en la que se ejecutan las tareas de mantenimiento de acuerdo al programa de servicios del activo. Esto incluye las actividades enumeradas en la estrategia de traspaso, la evaluación posterior a la ocupación y la revisión de desempeño del proyecto.

Tomado de: Planbim, 2019, p.50.

**Usos BIM**

Los usos Bim son el fin de la utilización de la metodología, es decir es explicar los diferentes métodos que se pueden utilizar en el modelo durante su ciclo de vida, existen según sea el intérprete un sinnúmero de usos, sin embargo de manera principal encontramos 25 usos en las cuatro fases de ejecución: Planificación, diseño, construcción y operación, en cada fase existen usos específicos en los que cada uno presentara información diferente de análisis, en la figura 11 podemos apreciar los 25 usos clasificados por etapa del proyecto .(Manosalva, 2020)

**Ilustración 20***Usos Bim según las fases de ejecución.*

Tomado de: Planbim, 2019, p.52.

***Tipos y Niveles De Información***

En las entidades y componentes del proyecto encontraremos la información clasificada por ítems y jerarquizada por niveles según sea el caso, los TDI o tipos de información se clasifican en 15 niveles clasificados según el uso que se pretenda aplicar en el modelo, estos se clasifican desde la letra A hasta la letra O el cual presentara información de la entidad según el tipo de información solicitada como observamos en la ilustración 21 .Los grados de información o NDI es la información geométrica y no geométrica de los modelos, estos niveles pueden variar según el estándar que se utilice, no se usara la misma información para todos los modelos como observamos en la ilustración 22 esto dependerá del modelo y tipo de información, de igual manera observamos que existen seis niveles de información , que van desde una información general hasta la información detallada (Planbim, 2019).

**Ilustración 21**  
Tipos de información.

	<b>TDI_A</b> <b>Información general del proyecto</b> Información básica de identificación del proyecto como el tipo de edificio o infraestructura, nombre del proyecto, dirección, requerimientos espaciales y programáticos, entre otros.
	<b>TDI_B</b> <b>Propiedades físicas y geométricas</b> Información de las características y propiedades físicas de las entidades tales como anchos, largos, altos, área, volumen, masa, etc.
	<b>TDI_C</b> <b>Propiedades geográficas y de localización espacial</b> Información de las propiedades de ubicación espacial y geográficas de las entidades, tal como la latitud y longitud para la georreferencia del proyecto, el número y nombre de piso, el número y nombre del espacio o zona y otra información necesaria para el posicionamiento de las entidades.
	<b>TDI_D</b> <b>Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor</b> Información específica para la fabricación y/o construcción, como el tipo de elemento (muro, pilar, puerta, etc.), su materialidad, nombre de sus componentes - en caso de existir-, identificación del producto, entre otros.
	<b>TDI_E</b> <b>Especificaciones técnicas</b> Es información de la especificación técnica de la entidad, como peso de transporte, nivel de ruido, etc. En general, aplica para cualquier elemento que sea fabricado industrialmente como, por ejemplo, equipos de aire, mobiliario, entre otros.
	<b>TDI_F</b> <b>Requerimientos y estimación de costos</b> Información básica para la estimación del costo total del activo, como, por ejemplo, el costo unitario referencial, costo base de ensamblaje, costo de transporte, entre otros.

Tomado de: Planbim, 2019, p.56.

**Ilustración 22**  
Niveles de información.

	<b>TDI_H</b> <b>Estándar sostenible</b> Información sobre condiciones de sustentabilidad, requerimientos de calidad de iluminación, especificaciones de materiales sustentables y contenido reciclado, entre otros.
	<b>TDI_I</b> <b>Condiciones del sitio y medioambientales</b> Es información de las características generales del sitio y su entorno tales como, condiciones sísmicas, uso del terreno, de suelo y niveles de riesgo a las personas, entre otras.
	<b>TDI_J</b> <b>Validación de cumplimiento de programa</b> Información clave para realizar una validación del cumplimiento del programa funcional del proyecto, como áreas planificadas, requisitos de áreas vidriadas, volumetría espacial y servicios requeridos, entre otros.
	<b>TDI_K</b> <b>Cumplimiento normativo</b> Información que permita revisar el cumplimiento normativo y los requerimientos de seguridad de los ocupantes del proyecto, como requerimientos de control de fuego, requerimientos de ventilación, anchos de accesos, carga de uso y carga de ocupación, así como también aspectos seguridad vial, diseño geométrico de vías, entre otros.
	<b>TDI_L</b> <b>Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización</b> Información que permita revisar fases, secuencias de tiempo y calendarización de áreas o partes de un proyecto, como, fases contempladas, orden de hitos del proyecto y orden de construcción, entre otros.
	<b>TDI_M</b> <b>Logística y secuencia de construcción</b> Información clave para revisar la logística de la construcción y su secuencia, como, por ejemplo, ID del material e ID de instalación, número de serie del componente instalado, entre otros.
	<b>TDI_N</b> <b>Entrega para la operación</b> Información clave para apoyar el funcionamiento de la entrega de la construcción como, por ejemplo, nombre de las empresas o compañías participantes del proyecto, sus contactos, nombre de la disciplina y áreas de trabajo, entre otras.
	<b>TDI_O</b> <b>Gestión de activos</b> Información para la gestión del activo como, tipos de productos, tipos de repuestos, fechas de inicio y fin de garantías, entre otros.

Tomado de: Planbim, 2019, p.57.

Ilustración 23  
Niveles de información.



Tomado de: Planbim, 2019, p.60.

Tabla 8  
Niveles de información.

Concepto	Descripción
 <b>Información inicial general</b>	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
 <b>Información básica aproximada</b>	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
 <b>Información detallada</b>	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
 <b>Información detallada y coordinada</b>	Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.
 <b>Información detallada de la fabricación y montaje</b>	Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
 <b>Información detallada de lo construido y su puesta en marcha</b>	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

Tomado de: Planbim, 2019, p.61.

### Estrategias De Colaboración

La tecnología Bim gira alrededor de un modelo virtual de esa manera la información se comparte del mismo modo virtualmente por esa razón es importante generar las estrategias de colaboración en la que todos los participantes puedan aportar con información al modelo, es por eso que surgen los entornos compartidos como herramientas que permiten interoperabilizar el proyecto a

través de software de colaboración común, esta es una parte muy importante que determina el éxito de la metodología, este entorno se conoce como CDE ( Entorno de datos compartidos). Estos entornos deben de poder considerar los siguientes sistemas: un entorno común de datos, medio de procesamiento documental y formatos de recepción de información y colaboración.(Pizarro & Soto, 2022)

La información compartida y gestionada debe contener un estatus para el correcto funcionamiento estos estatus son cuatro: trabajo compartido, compartido, publicado y archivado, la consolidación de la información compartida en los entornos colaborativos crearan dos modelos de información del modelo, el modelo BIM federado en la que se crea el modelo a través de información contenida en distintos archivos y por otro lado encontramos el modelo BIM integrado compuesta por la información encontrada en distintas disciplinas del proyecto en una única base de datos.(Pizarro & Soto, 2022)

## **Programación En Obra**

En el siglo XIX en el año 1887 Frederick Taylor definió que en cualquier proceso productivo la organización es la interacción entre el hombre, las herramientas y recursos de producción, la organización debe girar entorno a los valores y metodologías que la empresa tenga propuesta, se debe disponer de planes a corto, mediano y largo plazo sectorizando por áreas de trabajo, la organización debe ser un flujo permanente de trabajo y de información, la organización siempre está sujeta al proyecto por tanto el objetivo de la organización es la administración eficiente del proyecto productivo. (Sanchez, 1997)

## ***Proyecto y Productividad***

El proyecto es la consecución de una variedad de elementos que influyen sobre él, este se sustenta sobre un sistema el cual consiste de una variedad de componentes y su relación entre ellos en las que cada nivel del proyecto presentará información y relaciones diferentes todo en miras de la consecución del proyecto, la programación es la suma de acciones y actividades necesarias para terminar el objetivo propuesto, así pues la ejecución y organización de un proyecto consiste en establecer y detallar los pasos necesarios manipulando su orden, recursos físicos y tiempo para que el proyecto se ejecute secuencialmente de manera coherente resolviendo la necesidad planteada de la mejor manera, para esto encontramos que todo proyecto se compone en sus ejes estructurales por tres ítems principales:

- Programación.
- Control.
- Planeación.

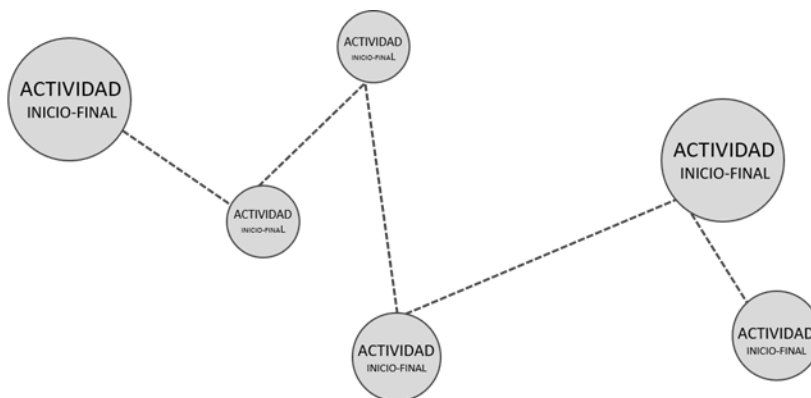
(Sanchez, 1997, p.6).

La programación se asocia a las actividades asignadas en la planeación y su duración en un rango de tiempo determinado, el control por el otro lado es la comparación a lo que se ha realizado realmente frente a lo programado según el plan de trabajo realizando las modificaciones necesarias en caso de que no se esté cumpliendo con lo pensado y la planeación es la visión global del proyecto aquí encontramos que se va a hacer y con que se cuenta para llevarlo a cabo. (Varona, 2006)

### ***Sistema de Redes barras de Gantt***

El método de redes surgió como una herramienta complementaria grafica que permite relacionar las actividades y fases del proyecto de manera gráfica permite ver la interrelación de las actividades junto a la duración del proyecto algunos de sus beneficios son las alternativas de aplicación para graficar distintas etapas y la mejora en el control que se pueda tener en el proyecto (Sánchez, 1997), la ilustración numero 24 nos permite ver cómo es la organización del sistema de redes, al interior de cada nodo se encuentra información de la actividad desde la fecha de inicio hasta la terminación junto con el nombre de la actividad asignada.

*Ilustración 24*  
*Planificación sistema de redes.*



Elaboración propia.

Las barras de Gantt inventadas por L. Gantt surgieron del análisis de las programaciones que poseían muchas actividades imposibles de desglosar de manera general, allí fue necesario empezar a

cuantificar lo ejecutado en comparación a lo planeado razón por la cual el sistema de redes quedaría obsoleto así nacieron las barras de Gantt, en un principio las barras tenían como finalidad ser un método de medición de progreso en la producción sin embargo migraron hasta utilizarse en la programación general del proyecto (Sánchez, 1997), en la tabla 1 se ve la representación gráfica tradicional de las barras de Gantt clasificándola desde la actividad hasta el rango en tiempo de ejecución.

Tabla 9  
Programación barras de Gantt

PROGRAMACION SEMANAL						
ACTIVIDAD	DURACION DE ACTIVIDAD	MAYO				
		SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05
ACTIVIDAD PRELIMINAR	MAY 01 - 07					
ESTRUCTURA	MAY 07 - 30					
INSTALACIONES	MAY 07 - 14					
MUROS	MAY 14 - 21					
OBRA BLANCA	MAY 21 - 28					

Elaboración propia

### **Sistemas de Programación en Obra**

Los sistemas de programación en obra son formas de organización y de representación gráfica de las actividades que se pretenden ejecutar, para la programación encontramos diferentes tipos:

- Método PERT.
- Método CPM.
- Método LPU.
- Método FONDHAL .

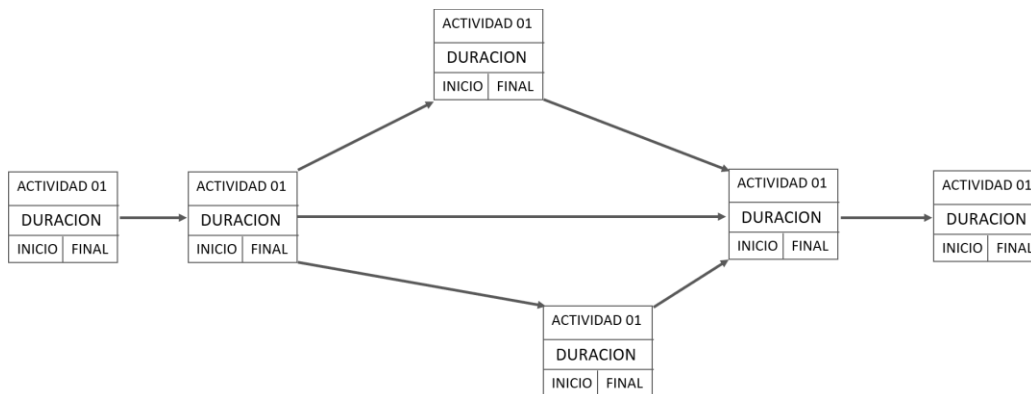
(Sánchez, 1997, p.12).

### **Método PERT**

Conocida también como *Program Evaluation and Review Technique*, desarrollada como una herramienta al servicio de la armada de Estados Unidos en los años 1950, esta metodología se utilizó en

un proyecto armamentista que por su naturaleza contaba una variedad extensa de actividades y participantes, debido a su complejidad era difícil realizar un seguimiento y planificación precisa. De esta manera surgió PERT la cual se operó junto con la planeación, los presupuestos y la ejecución del proyecto. El método PERT es un método probabilístico en el sentido que trabaja con la incertidumbre de algo que no se conoce concretamente ya que supone el tiempo necesario para su ejecución, este método implementa tres variables de ejecución en términos de tiempo: tiempo probabilístico, tiempo pesimista y tiempo probable. (Zambrano, 2021)

*Ilustración 25*  
*Modelo de programación PERT.*

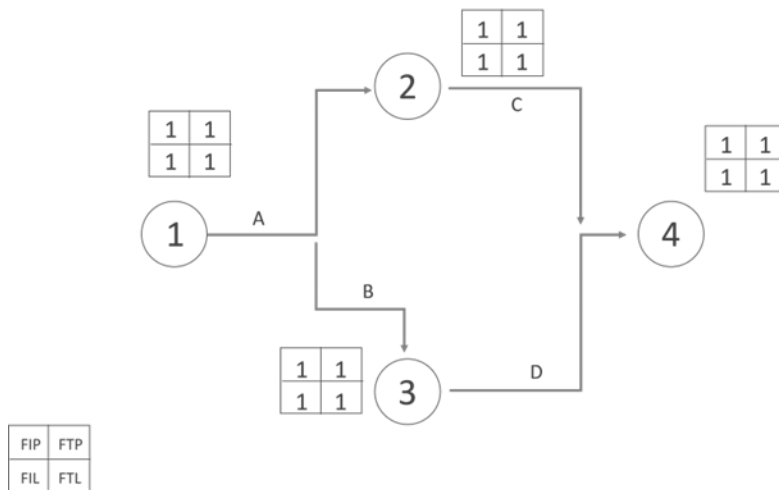


Elaboración propia

### **Método CPM**

También conocido como método de la ruta crítica fue un sistema contemporáneo del sistema PERT inventado por la empresa I.E. DUPONT, surgió como una solución a las restricciones impuestas en la coordinación de proyectos utilizando barras de Gantt, este sistema tiene como base suministrar información sobre la secuencia de ejecución de actividades y la duración de cada una de ellas, a diferencia de PERT no se generan incertidumbres en el tiempo si no que se establece un tiempo en concreto otorgado por el rendimiento de las actividades, esta metodología surge como complemento de organización para proyectos con una gran complejidad (Zambrano, 2021).

Ilustración 26  
Método de programación CPM.



FIP: Fecha de Inicio más próxima

FTP: Fecha de terminación más próxima

FIL: Fecha de inicio más lejana

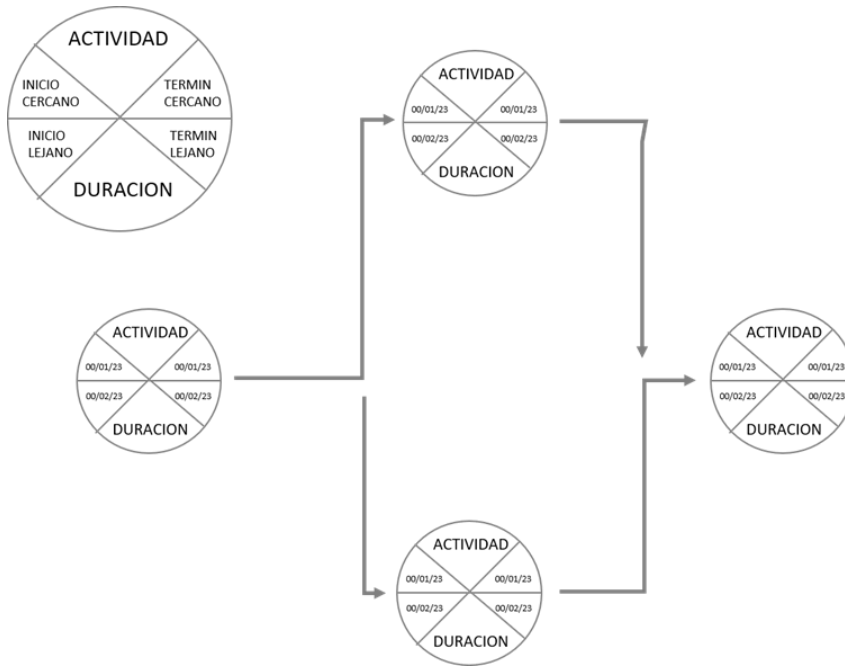
FTL: Fecha de terminación más lejana

Elaboración propia.

### Método LPU

El profesor Jhon W. Fondhal desarrollo el método LPU (*line point unión*), este método basado en el sistema de redes en su estructura e interpretación grafica se diferencia de CPM o PERT ya que LPU utiliza la programación lineal para asignar recursos de manera óptima y maximizar la eficiencia. Se trata de un enfoque matemático que busca encontrar la mejor asignación de recursos y el orden de ejecución de las actividades para lograr las metas del diseño, por el contrario, PERT y CPM se centran en la secuencia de actividades y consecución entre ellas. Utilizan diagramas de red para visualizar y analizar las actividades registradas, identificando el camino crítico y calculando los tiempos estimados de inicio y finalización (Zambrano, 2021).

Ilustración 27  
Modelo de programación LPU.

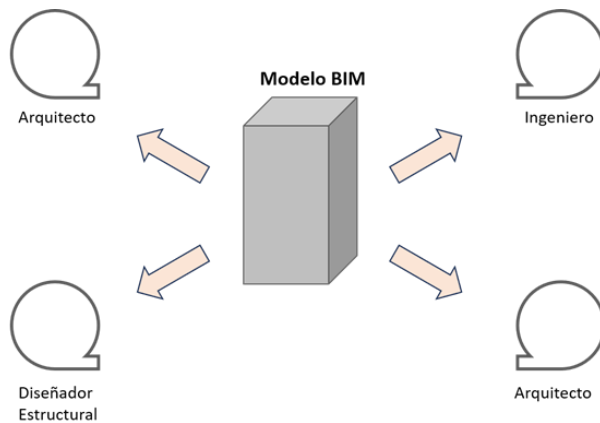


Elaboración propia

## Interoperabilidad E Integración

La interoperabilidad de un modelo hace referencia a la transmisión de información a través de un mismo sistema, lo que pretende esta integración es unificar el trabajo del proyecto constructivo, para llevar a cabo esta interoperabilidad es necesaria una herramienta tecnológica común que sirve como medio de unión del trabajo. Es así que BIM para su implementación necesita de planes de trabajo colaborativos compartidos a todos los participantes del proyecto constructivo (Muñoz, 2020), el modelo BIM o modelo virtual es el eje de todo el trabajo, los participantes del proyecto generan una línea de información que van agregando y al tiempo se genera en el modelo información extraída a partir de la información procesada, es decir en la etapa de diseño el encargado de realizar los las instalaciones eléctricas debe tener en cuenta la información que ha aportado al diseño el ingeniero estructural todo es un flujo constante de información.

*Ilustración 28*  
*Modelo Bim y componentes.*



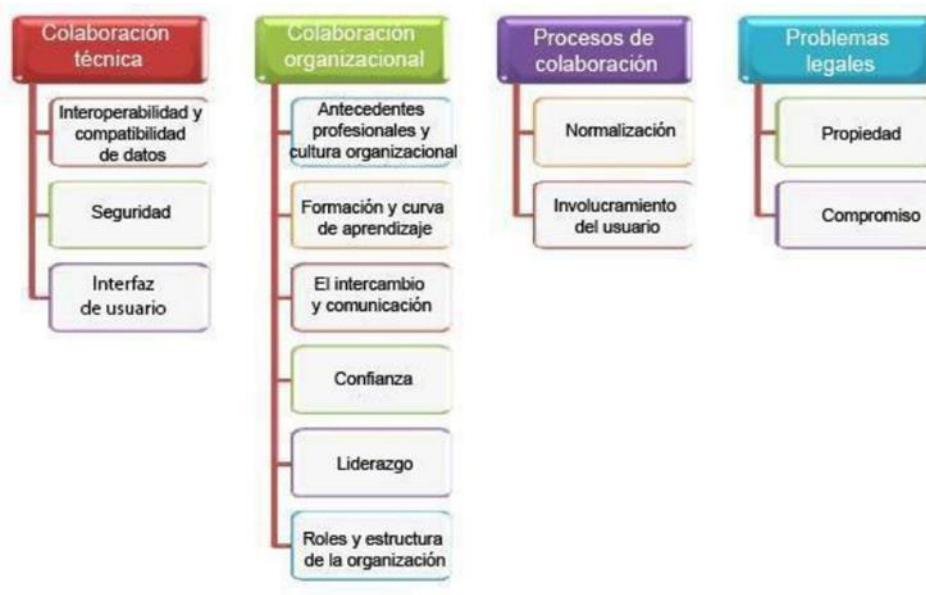
Elaboración propia

## Organización

El modelo BIM recibe los datos aportados por los integrantes del proyecto, la procesa y genera datos resultantes del flujo de trabajo colaborativo, sin embargo a parte de estas herramientas

tecnológicas son necesarios establecer procesos administrativos para conformar una estructura de trabajo consolidada, Shang y Shen (2014) establece que la organización es un parámetro crítico para el éxito de la implementación de BIM y su interoperabilidad, se establecen los problemas más recurrentes a los que se enfrentan el éxito de la integración del proyecto de igual manera establece 4 etapas necesarias ligadas al éxito de la metodología.

*Ilustración 29*  
*Etapas de la interoperabilidad.*



Tomado de: *Critical success factors (CSFs) of BIM Implementation for Collaboration based System Analysis*, 2014, p.1441.

### **Colaboración Técnica**

El lenguaje común es el instrumento más importante para la correcta comunicación en el proyecto, se pretende estandarizar un mismo lenguaje de datos medido por un entorno común o software común de datos en las que se comparta información del proyecto, también es necesario generar formatos generalizados para la información que se necesite aportar. (Zapata, 2017), Shang y Shen (2014) establece que la interfaz de estos sistemas debe ser amigable y legible para que no se

complique su uso en el proyecto constructivo, es importante la seguridad de los datos que se vayan almacenando por lo que se deben impartir las restricciones necesarias a los integrantes.

### ***Colaboración Organizacional***

Para el correcto funcionamiento del sistema es necesaria la voluntad de los integrantes del proyecto ya que la resistencia a la aplicación a métodos colaborativos como BIM puede generar retrasos y falta de eficacia, los participantes del proyecto deben poseer las habilidades necesarias para poder manejar el sistema de igual manera se establecerán curvas de aprendizaje que reforzara por medio de capacitaciones las habilidades de los colaboradores, la transmisión de información debe ser completa y efectiva, la falta de compromiso de los integrantes puede afectar la comunicación efectiva compartida al modelo lo que se traduce en un vacío que disminuye el alcance del proyecto. (Shang & Shen, 2014)

La división organizacional del proyecto es fundamental en el proyecto pues jerarquiza y crea líneas de liderazgo por disciplinas así mismo es de vital importancia la asignación y creación de roles que establecerá la estructura organizativa en el manejo de BIM, el rol más importante es el denominado Bim Manager encargado de administrar de manera general la transmisión de datos y el manejo del modelo BIM generado virtualmente. (Shang & Shen, 2014)

### ***Colaboración Organizacional***

La retroalimentación aporta información al proyecto, la falta de compromiso por cada disciplina o participantes crean vacíos que hacen difícil lograr la eficiencia que pretende implantar BIM, por lo cual es necesario generar responsabilidades al signar tareas en las reuniones, es recomendable seleccionar un estándar respecto a la información de cómo se debe solicitar y presentar un ejemplo son los estándares ISO que plantean de manera general los formatos para la transmisión de información en cada momento de la aplicación de la metodología Bim .Los problemas de integración pasan

principalmente por la falta de capacitación de sus integrantes, la falta de compromiso en las líneas de información que se transmiten y por último la falta de protocolos y estándares de trabajo (Muñoz, 2020)

### ***Interoperabilidad En El Cálculo Estructural***

El ingeniero estructural es uno de los principales participantes que interviene en la evolución del proyecto, la comunicación entre el ingeniero estructural y los demás participantes es constante, lo primero que se debe establecer es a través de cuales plataformas será compartida la información del modelo y que programa 3D se utilizara, a partir de esto cada elemento puede ser apoyado por archivos 2D o en diferentes formatos que se deben compartir como formatos técnicos como PDF, DWG, DXF etc. sobre el modelo que cree el ingeniero estructural surgido del diseño arquitectónico debe ser la base por la cual se debe empezar a trabajar y es tarea del Bim Manager organizar y de darle coherencia a la información que se vaya agregando a partir del modelo creado. (Zapata, 2017)

### ***Interoperabilidad En la Gestión de Costos***

El cálculo de presupuesto apoyado por la cuantificaciones necesarias para su ejecución tradicionalmente es resultante del cálculo manual soportado por documentación 2D aportada uno o más actores del proyecto, la cuantificación realizada por parte de una o varias personas genera que el porcentaje de error de los cálculos resultantes sea mucho más alto. (Sanchez, 1997) para lo cual BIM plantea con la automatización de la información la solución para la reducción de porcentaje de error de esta información generándola a partir de un modelo virtual que contiene una línea de datos que permite el cálculo más acertado de los recursos necesarios en del modelo, nuevamente esto recalca la importancia de la disciplina para trabajar en este modelo pues el modelo no garantiza el cálculo exacto de las mediciones, es decir como es un trabajo multidisciplinar cada integrante de cada disciplina posee sus propios métodos de medición lo que puede alterar el cálculo general del proyecto es por eso que se debe parametrizar la información del proyecto bajo una estandarización que exijan condiciones y

puntuales para la transferencia de información. Es importante comprender que BIM es un modelo virtual y las actividades a ejecutar en su mayoría están representadas en el modelo sin embargo existen actividades que no es posible modelar como por ejemplo las excavaciones es una actividad que se realiza pero que no está representada en el modelo, por lo que es necesaria la elaboración de un presupuesto alterno de actividades no representadas en el modelo pero que si inciden en el proyecto.

(Muñoz, 2020)

Ilustración 30  
Actividades Bim modeladas y no modeladas.



Elaboración propia

Tabla 10  
Actividades preliminares.

ACTIVIDADES PRELIMINARES					
Item	Actividad	UN	Cantidad	Precio Unitario	Precio Global
1.1	TRAZADO Y REPLANTEO M2 Este ítem se refiere a ubicar y marcar en el terreno o superficie de construcción los ejes principales, paralelos y perpendiculares señalados en el plano del proyecto, así como los linderos del mismo. También hace parte la localización y replanteo de las redes sanitarias y eléctricas.	M2	250 M2	3.800 * M2	\$ 950.000
1.2	DESCAPOTE Y LIMPIEZA Este ítem se refiere a la limpieza de terreno cuyo fin es eliminar la vegetación existente sobre un terreno, es parte importante de su habilitación para el desplante de una estructura y en la realización de una excavación.	M2	450 M2	2.800 * M2	\$ 1.260.000
1.3	EXCAVACION MANUAL Este ítem se refiere a los movimientos de tierra mediante el proceso de excavar y retirar volúmenes de tierra u otros materiales para la conformación de espacios donde serán alojados cimentaciones, tanques de agua, hormigones, mamposterías.	M3	10 M3	120.000 * M3	\$ 1.200.000

Elaboración propia

***Interoperabilidad Programación de Obra***

La programación de manera general es el resultado de la unión de datos del proyecto, desde la información que se genera como resultado del modelo construido al igual que los datos necesarios para su realización, la programación en BIM surge como la información extraída del modelo con información aportada por los que ejecutan la actividad en las mediciones que ellos hacen de tiempos y rendimientos que posteriormente serán medidos con el PPC( Porcentaje de Plan ejecutado ), es necesario decir que BIM no genera de manera automática la programación si no en vez BIM aporta la información y recursos necesarios para realizar esta programación es un documento complementario resultante del análisis del flujo de datos. (Gea,2015).

## **Lean Construction**

### ***Origen y definición***

*Lean Production* fue desarrollada basándose en el sistema de producción hecho por Toyota después de la segunda guerra mundial, destinada a desarrollar y organizar la producción y disminuir los costos y tiempos de producción, la idea básica de la metodología *Lean* establece la eliminación de actividades o recursos que no añaden valor a la obra a través un formato de trabajo estandarizado y un plan de ejecución establecido, de igual manera el termino *Lean* surge como una filosofía de producción requiere de menos trabajo y más sectorizado en su producción a diferencia de la manufacturación en masa (Pons, 2014). *Lean Construcción* nació en Japón en el año 1973 en una época en la que Japón presentaba un porcentaje de crecimiento igual a 0 dada la crisis económica que enfrentaba el país, sin embargo en esos años sorprendentemente solo una empresa a pesar de la crisis seguía manteniendo sus ingresos esa fue la empresa automotriz de Toyota, en el año 1985 en el MIT Instituto Tecnológico en Massachussets realizo un estudio detallado de la empresa con el fin de obtener información de su manejo en tiempos de crisis en las que seguía manteniendo sus ingresos. (Pons, 2014) A partir de la publicación de este estudio y también de posteriores producciones literarias surgió el termino *Lean Construction* para denominar las estrategias y procedimientos utilizados en Toyota en tiempos de crisis adoptando alrededor de ella un conjunto de metodologías y de estrategias de producción encaminadas al mejoramiento de cualquier proceso de producción.

Tabla 11  
Diferencias de planta de montaje General motors y Toyota.

Planta de montaje de Framigham de General Motors versus Planta de montaje de Takaoka de Toyota , 1986		
	Framigham	Takaoka
Horas de montaje bruto por coche	40,7	18,0
Horas de montaje ajustado por coche	31	16
Defectos de montaje cada 100 coches	130	45
Espacio de montaje por coche	8,1	4,8
Existencia de inventario (promedio)	2 semanas	2 horas

Tomado de: Pons, 2014, p.17.

### Desperdicios

La filosofía *Lean* consiste en crear valor eliminando cualquier desperdicio o actividad que no aporte valor al proyecto, en esta filosofía de trabajo todo lo que no esté dirigido a agregar valor al proyecto se considera como desperdicio, así que se agrega un nuevo concepto de “Muda” la muda es toda acción que requiere recursos, pero no crea valor alguno, producción de elementos innecesarios, productos y artículos sobrantes, movimientos de empleados y productos sin ningún fin. En su investigación Womack y Jones, 2000 mencionan:” Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que realizamos no añaden valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo tanto son susceptibles de mejorar”.

Ilustración 31  
Actividades que generan valor Lean Construction.



Figura 4. Círculo de la improductividad de una empresa. Adaptado de Ohno (1988)

Tomado de: Pons, 2014, p.18.

Taiichi Ohno Uno de las personas encargadas de la organización productiva en Toyota definido 7 clases de desperdicios los cuales eran los más recurrentes según las conclusiones anteriores de la empresa y aplicados en los años de crisis económica en Japón:

- Desperdicio: Producción de cantidades mas grandes de lo que se necesita o producción terminada mucho antes de lo pactado.
- Esperas o Tiempo de Inactividad: Esperas, interrupciones del trabajo o tiempos de inactividad, falta de datos u información, escases de recursos y presupuesto.
- Transporte Innecesario: Se refiere al movimiento innecesario de recursos por lo general relacionado a la mala organización las principales consecuencias son: Perdida de horas de trabajo, Perdida de energía, Perdida de espacio en la obra y material.
- Sobre procesamiento: Procesos adicionales en la instalación o en la construcción que no son necesarios o son sobre procesados.
- Exceso de Inventario: Inventario excesivos e innecesarios o fabricados antes de tiempo que ocasiona Perdida en el material de la obra.
- Movimientos Innecesarios: Movimientos innecesarios o ineficientes realizado por los trabajadores durante su trabajo, puede ser causa de equipo inadecuado materiales insuficientes, Perdida de tiempo y bajas laborales.
- Defectos de calidad: Errores en el diseño, medición uso de métodos de trabajo incorrectos, poca cualificación de la mano de obra

(Pons, 2014. P. 19)

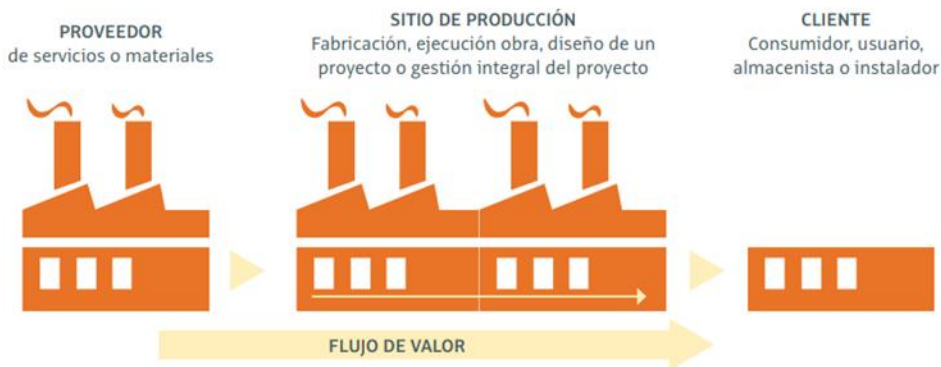
### ***Principios Lean***

La identificación de la improductividad es compleja ya que esta oculta en el proyecto y por ende se toma como actividad productiva si no se identifica a tiempo, sin embargo las empresas capaces de

adaptarse y han superado las crisis son las empresas que identifican los errores en su organización y funcionamiento (Spear, 2008). En un principio Koskela en el año 19987 estableció los 5 principios básicos del pensamiento Lean: Valor, flujo de valor, flujo, sistema *pull* y *Last planner*, posteriormente para el año 2006 se establecieron en total 14 principios acerca de esta filosofía:

- Valor: el principal principio es crear valor para el cliente, es entender cuál es la necesidad del cliente para satisfacer su demanda, para esto Podemos identificar dos tipos de clientes cliente externo que es el consumidor o el que demanda el producto y por otro lado encontramos al cliente interno el cual es todo flujo de valor que recibe el producto final recibido en forma de información o recursos.
- Flujo de Valor: La cadena de valor se traduce como la suma de actividades, materiales, información y recursos necesarios para la elaboración del producto, los flujos de valor se encuentran a diferentes escalas de manera general el flujo de valor se presenta como:  
Proveedor sitio de producción y cliente,
- Flujo: Se reduce a la organización de las actividades y recursos que agregan valor al Proyecto para así crear un flujo continuo de valor.
- Sistema Pull: Ejecutado por su herramienta Last Planner pretende que en las actividades de ejecución se presenten precedencias, es decir que para poder ejecutar cualquier actividad sea necesario cumplir algunos requisitos antes de que se pueda ejecutar así mismo plantea la organización lógica de las actividades a ejecutar.

Ilustración 32  
Cadenas de flujo de valor.



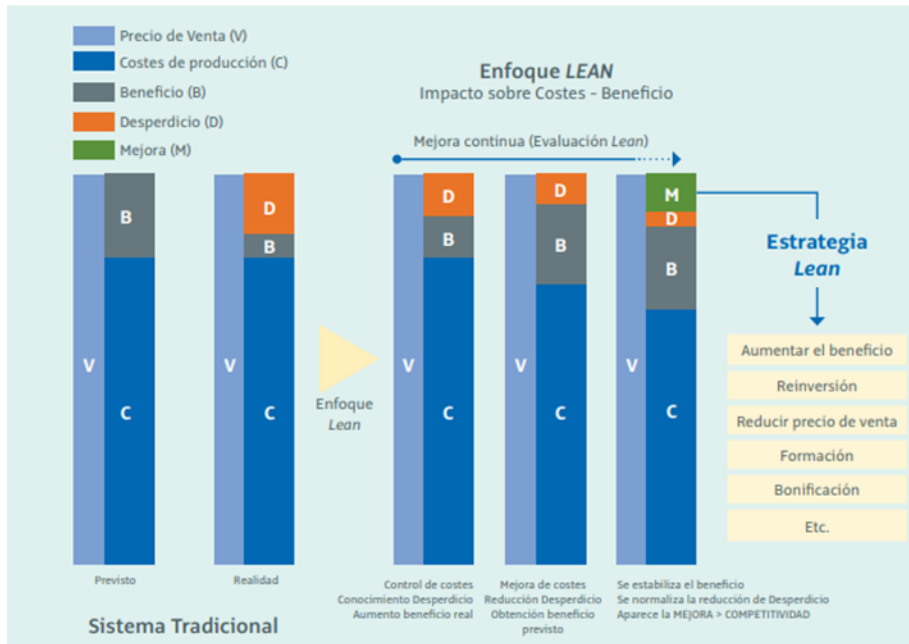
Tomado de: Pons, 2014, p.21.

### **Sector Constructivo**

El enfoque tradicional en un proyecto de construcción nos establece que la línea de trabajo empieza con la demanda del proyecto, en seguida instancia se realiza el prediseño del proyecto ,enseguida una empresa constructora en base a su conocimiento establece los costes y el tiempo necesarios para ejecutar el proyecto, la suma de todos estos recursos se resta al coste total del proyecto para así establecer el beneficio del proyecto. Lean plantea tres fases que apoyan el proceso tradicional de planificación: identificación de los recursos que no aportan valor al proyecto, eliminación de actividades sin valor y eliminación de procesos no productivos denominados como Muda junto con la estabilización del coste total del trabajo actualizándolo según sea la evolución del proyecto. (Pons, 2014)En conclusión podemos inferir que *Lean Construction* es una filosofía apoyada y ejecutada mayormente por su herramienta de planificación *Last Planner*, es un proceso de ejecución y organización mucho más estricta y organizada que los procesos de producción tradicional, la revisión rigurosa de las diferentes etapas del proyecto con retroalimentaciones constantes y la estandarización de algunos procesos donde se necesitan transmitir flujos de información permite ala obra tener una base medible sobre la cual trabajar, sin embargo es importante que los miembros del proyecto sean conscientes y tener disposición para trabajar junto con esta filosofía de lo contrario será mucho más

difícil conseguir la optimización de este proyecto, en la figura 25 se observa la fluctuación del enfoque Lean frente al enfoque tradicional..

ilustración 33  
Enfoque tradicional vs enfoque Lean.



Tomado de: Pons, 2014, p.24.

## **Modulo Uno: Introducción, Normas, Estándares, Trabajo Colaborativo e Interoperabilidad**

### **Eje Temático Uno : Introducción al BIM**

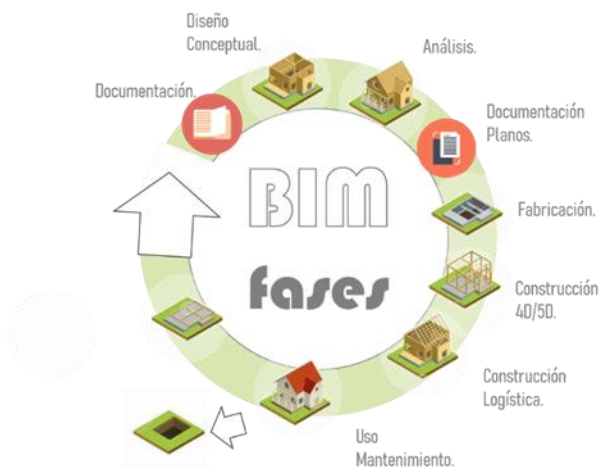
BIM (*Building Information Modeling*) es un modelo de información que estandariza el trabajo a través del trabajo protocolarizado con varias líneas de trabajo según sea la necesidad por la que se utiliza BIM, así mismo este proceso se respalda alrededor de un modelo virtual tridimensional e interconectado que permite a todos los miembros del proyecto visualizar cambios, estados, tareas y la forma real del trabajo; Una de las grandes ventajas de esta metodología es que cualquier cambio que se realice al proyecto y se suba se verá reflejado de manera inmediata en el modelo general una vez sea aprobado y todos los integrantes que tengan acceso a este modelo van a tener la posibilidad de ver este cambio en tiempo real; BIM no es un programa en concreto es la unión de todas las herramientas de trabajo necesarios para realizar un proyecto de construcción integrándolo con todas las partes y recursos disponibles. (Universidad la gran Colombia, 2023).

BIM es una metodología de trabajo, razón por la cual está sujeta a estándares y normas que pretenden generar un flujo de trabajo definido para su mejor adaptación y entendimiento, existen muchos estándares y normas según sea la zona o país en el que se intenta aplicar la metodología, un ejemplo de esto es Colombia la resolución 0441 del año 2020 creado en primer momento como un programa piloto establece los entregables, nombramientos, modelo 3D, información por entidad etc... y cualquier información o recurso necesario para presentar un proyecto desarrollado con nuevas metodologías con el objetivo de obtener un permiso en la curaduría; Así mismo existen normas internacionales que sirven de guías más generales para los países que deseen una base sobre la cual trabajar es el caso de la ISO 19650 que de manera más amplia nos definen el marco, requisitos, principios, entregables etc... para su desarrollo. (Universidad la gran Colombia, 2023)

### **Ciclo de Vida de un Proyecto**

Los proyectos de construcción a lo largo de su vida se componen de etapas, la planeación, construcción y mantenimiento hacen parte de esto, si se observa de manera más general al igual estas mismas establecen líneas de trabajo independientes enfocadas a la etapa a desarrollar, BIM nos presenta dependiendo del estándar utilizado una multiplicidad de etapas o fases, la figura 42 nos muestra 10 etapas de las que se compone BIM que van desde la documentación hasta la misma demolición del edificio, identificar las etapas del proyecto es de bastante importancia ya que según sean las etapas que se escojan todo el trabajo se enfocara en ese mismo objetivo. (Universidad la gran Colombia, 2023)

*Ilustración 34*  
*Fases de la metodología Bim.*



Elaboración propia.

### **Roles y usos BIM**

Al ser BIM un trabajo de metodología colaborativa de manera virtual, es muy importante diferenciar los integrantes del proyecto por sección y jerarquía general en el proyecto es por eso que se asignan distintos roles que otorgan una posición específica en el trabajo y a estos mismos se le asignan responsabilidades según sea su rol; La metodología BIM se puede aplicar a una multiplicidad de usos es

decir no tiene un único objetivo, ya que se entiende que cada proyecto tiene una necesidad distinta, BIM establece también usos diferentes que según sean el estándar cambian en composición y su número, un ejemplo es el PLANBIM chile que como se observa en la imagen nos presentan 25 usos presentados en: Planificación, diseño, Construcción y operación.(PlanBim, 2019)

*Ilustración 35*  
*25 Usos Bim*



Tomado de: Planbim, 2019, p.52.

### ***Dimensiones BIM y Niveles de Desarrollo***

Las dimensiones BIM son la clasificación por área de cada fase del proyecto, es decir cada dimensión presentara un tipo distinto de información, por ejemplo la dimensión 5D nos presenta todos los datos relacionados a costos y presupuestos, a diferencia de los usos las dimensiones se extraen del modelo que se está construyendo o el modelo que se terminó, sectoriza la información final obtenida de la metodología, en la figura 44 podremos observar todas las dimensiones que nos presenta BIM que van desde concepto hasta la construcción digital . (PlanBim, 2019)

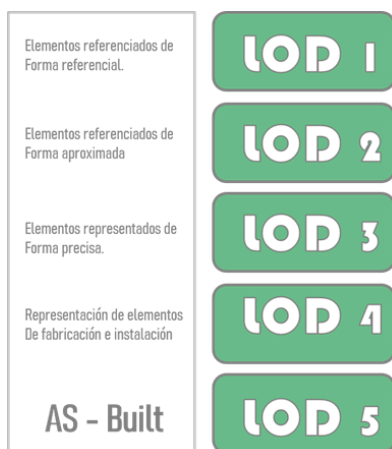
Ilustración 36  
Dimensiones Bim.



Tomado de: Universidad la gran Colombia (2023). Dimensiones BIM. Recuperado de : <http://surl.li/noglk>

Los niveles de desarrollo más conocidos como LOD se enfocan en el modelo virtual 3D clasificando la cantidad de información que está presente en una entidad, no todos los elementos del modelo virtual poseen el mismo nivel de información pues esto se estandariza y se establece en el EIR y en el PEB ( Plan de ejecución BIM )es por eso que se clasifica en una escala donde LOD 100 es un modelo esquemático de la entidad que solo posee medidas geométricas básicas como: alto, largo y ancho y el ultimo nivel de información LOD 500 (*As Built*) esta es una representación exacta en comparación a la realidad de todos los componentes de la entidad abarca desde materiales, color, medidas geométricas, volumen, composición etc.... siendo este el nivel más alto de información del proyecto. (Universidad la gran Colombia, 2023)

Ilustración 37  
Niveles de LOD



Tomado de: Elaboración propia.

## **Eje Temático Dos :Normas y Estándares**

En Colombia la metodología BIM ha sido fomentada por el el ministerio de vivienda a través de la capacitación y uso de estas metodologías, es por eso que planteo para el año 2030 el 30% de los proyectos de licitaciones públicas debían desarrollarse con la metodología BIM (FDN, 2021), para esto es necesario apearse a normas y estándares que regularicen y haga entendible estas tecnologías, en Colombia se presentan dos documentos importantes como referencias por un lado la normativa nacional con la resolución 0441 del año 2020 y como referencia internacional la norma ISO 19650:

### ***Norma ISO 19650***

Son un conjunto de normal de nivel internacional que definen toda la fase de planeación y desarrollo de BIM, este abarca normas, información, estándar de trabajo del mismo lo primero que nos define la norma es la definición de BIM : “ es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación” (Building Smart, 2021, p. ). como primera medida nos establece cuatro documentos necesarios para la estructuración del trabajo:

- OIR: Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos.
- PIR: Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo.
- AIR: Requisitos de Información del Activo relativos a su operación.
- EIR: Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes relativos a una adjudicación.

De la misma manera para estos prerrequisitos de la información se establece el nivel de información que debe tener cada entidad, esta misma variara según sea la necesidad a resolver, como podemos ver la ilustración 38 esta información variara en :

*Ilustración 38*  
ISO 19650 Información.



Tomado de: Elaboración propia.

La norma ISO 19650 establece dos fases principales de proyecto, una es la fase de diseño y construcción la cual se comprende como la etapa de desarrollo del proyecto de construcción en su planificación de cómo se va a efectuar el proyecto y por otro lado la construcción donde se materializa el proyecto; La segunda es la fase de gestión de activos encargada de la sostenibilidad y mantenimiento del proyecto una vez se encuentra en funcionamiento (buildingSMART, 2019), así se define de manera general las directrices del proyecto constructivo.

*Ilustración 39*  
Normativa ISO 19650.



Elaboración propia.

### **Resolución 0441**

Esta resolución pacta los parámetros, lineamientos y normas necesarias para la radicación de licencias de construcción que se pretendan desarrollar bajo una modalidad virtual en la República de Colombia, esta resolución es de carácter nacional e implica obligatoriedad para cualquier permiso de

construcción radicado ante la curaduría (Minvivienda, 2020); de manera general plantea un esquema de entrega para la aprobación de los proyectos desarrollados bajo la modalidad BIM a nivel nacional en Colombia, estos aspectos presentados en la resolución 0441 en el año 2020 son:

- **Entregables:** Los archivos deben ser presentados en formatos compatibles como: Pdf, Excel, Csv(*Comma-Separated Values*), Doc y Ifc, de los cuales estos archivos deben ser nombrados bajo el estándar “Guía de gestión de la información” del BIM fórum Colombia quien establece la nomenclatura para archivos gráficos de modelo, archivos gráficos documentales, archivos no gráficos y carpetas como se observa en la ilustración 47.
- **Etapas documentales:** La norma establece también las entregas documentales que se realizarán para cada etapa del Proyecto y bajo que formatos se recibirá la información, la información entregada debe contar con información mínima como lo son: Zona, carga, posición, Resistencia, piso, material, estado, posición, volumen, area, ancho largo y longitud.
- **Ifc 2x3:** Los archivos tridimensionales deben manejarse con una compatibilidad bajo el Ifc2x3 para el intercambio de información e interoperabilidad entre softwares, este formato facilita que diferentes programas puedan compartir datos sobre el diseño construcción y mantenimiento de edificios independientemente el software utilizado.

*Ilustración 40*  
*Formatos de presentación según la resolución 0441.*



## Eje temático Tres :Documento EIR y BEP

### BEP

El BEP ( plan de ejecución BIM ) es necesario de realizar antes de realizar cualquier etapa del proyecto, ya que identifica aspectos esenciales y necesidades que se pretenden resolver en la etapa a ejecutar, el primer BEP del proyecto se plantea al momento de definir la necesidad que se pretende de solucionar y este es armado principalmente por el cliente a través de un Pre-BEP establecido en el TDR (*Terms of Reference*) en un momento inicial como una lista de condiciones para la presentación de una propuesta, una vez adjudicado el proyecto es necesario modificar el pre-BEP del inicio y presentar el BEP oficial del proyecto (Compadre, 2018), a continuación se muestran los principales elementos que deben ser presentados junto con el BEP según el marco de referencia presentado por Camacol en sus BIM Kits para el año 2019 donde se establecieron los entregables para la presentación del BEP:(BIM Fórum Colombia, 2019).

Tabla 12

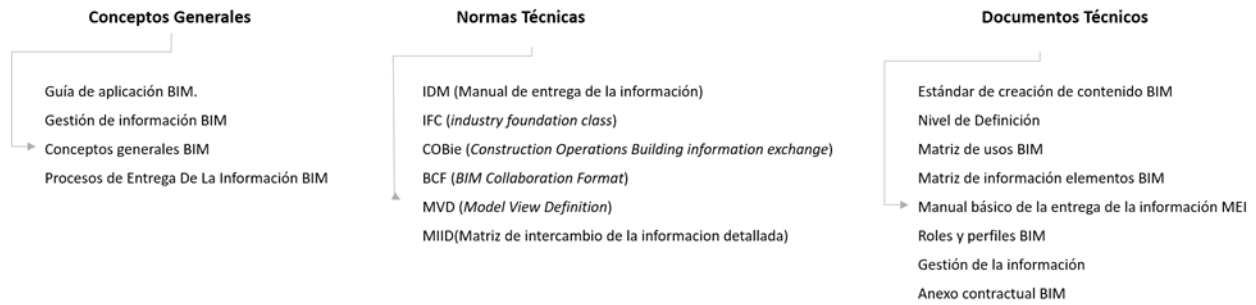
Plan de ejecución: se inscribe la información general del proyecto.

Control de Versionamiento del Documento					
Revisión	Página	Motivo	Fecha	Estatus	Por
1	Todo el documento	Inicial	4/30/09	Vigente	
+					
Información de proyecto					
Promotor:					
Tipo de contrato (Alcance):					
Número de contrato:					
Nombre del Proyecto:					
Sede de proyecto:					
Ubicación del proyecto:					
Número del Proyecto:					
Fecha de inicio Desarrollo de Proyecto:					
Fecha de inicio de Construcción:					
Fecha de inicio de Entrega:					
Centro de costos:					
Descripción del proyecto:					
Información adicional:					

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) *BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones* ( Capítulo 11, p.6).

Ilustración 41

Marco técnico: Conceptos generales, normas técnicas y documentos necesarios para presentar.



Tomado de: Elaboración propia.

Tabla 13

Siglas

Sigla	Nombre	Sigla	Nombre
TDI	Tipo de Información	LOD	Nivel de Definición
MRP	Matriz de Recursos de Proponente	LOD	Nivel de Detalle
FIE	Ficha de Información de Elementos	LOI	Nivel de Información
FUB	Fichas Usos BIM	LODM	Nivel de Definición de Modelos
MEM	Matriz de Elementos de Modelado	BEP	Plan de ejecución BIM
MEI	Matriz Básica de Entrega de Información	Pre-BEP	Plan de ejecución BIM Precontractual
MIEB	Matriz de información de Elementos BIM	MIDP	Plan Maestro de Entrega de Información
TDR	Términos de referencia	TIDP	Plan de entrega de tareas

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones (Capítulo 11, p.11).

Tabla 14

Objetivos y usos: Objetivos generales y específicos junto con los usos Bim.

Objetivos Específicos		Uso BIM Asociado	

Usos BIM aplicables al proyecto							
Indique los principales contactos de cada organización que participa en el proyecto en relación con cada Uso BIM. Agregue el correo electrónico de cada contacto, así como el rol que desempeña dentro de su empresa. Se pueden incluir personas adicionales más adelante en el documento. Para más información Ver Matriz de Usos BIM, BIM Forum Colombia 2020 C.C -BY-NC-4.0.							
Uso BIM	Fase BIM	Requerido	Perfil Líder	Perfil Adicional	Existe mapa de procesos	Entregables	Objetivo
		SI/NO	Diseño Iluminación.	Arquitectura	NO	Reporte de análisis de Iluminación. Renders. Matriz de Especificaciones.	Un proceso en el que el software de modelado analítico utiliza el modelo de autoría de diseño BIM para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación dado. Esto también puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación natural y protección solar). Basado en este análisis, se lleva a cabo el mayor desarrollo y refinamiento del diseño de iluminación para crear sistemas de iluminación efectivos, eficientes y constructivos. La aplicación de esta herramienta de análisis permite simulaciones de rendimiento que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación de la instalación durante su ciclo de vida.

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones (Capítulo 11, p.13).

Tabla 15  
Avance de información de modelos

# de Entrega:	Fecha:	HHz:	Modelo de Sitio	Modelo Volumétrico	Modelo de Arquitectura y/o Diseño de Infraestructura	Modelo Estructural	Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)	Modelos de análisis de sistemas (Iluminación, Seguridad Humana, Sostenibilidad, etc.)	Modelo de Pro construcción	Modelo de Ejecución	Modelo As-built	Modelo de Operación	Otros Modelos
Entrega 01		Comenzamiento - Finalización 31-10-00-00 LOD-100	CP-Concretización 5% LOD-100	CP-Concretización 5% LOD-100	CP-Concretización 5% LOD-100								

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) *BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones* ( Capitulo 11, p.27).

Tabla 16  
Cronogramas de entrega de la información.

Cronograma de entrega de información	
Indica los tiempos de entrega mínimo referidos a cada tipo de entregable	
Tipo de entregable	Tiempo de entrega
Modelos para Coordinación	
Modelos para Publicación	
Modelos para Archivo	
Publicación de Modelos (Nube)	
Planchas Físicas	
Planchas Digitales No Modificables	
Sincronización de Modelos	
Información No Grafica	
Lista de chequeos de calidad	
Tiempo de respuesta solicitudes de información (RFI)	
Tiempo de respuesta incidencias de diseño.	

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) *BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones* ( Capitulo 11, p.21).

Tabla 17  
Organización de modelos.

### Organización de los Modelos BIM

Esta sección define los criterios técnicos de georreferenciación de los modelos y entregables.  
Indique la estructura de referenciación que tendrán los modelos BIM en el proyecto. Los entregables y sus formatos serán definidos en la sección de entregables y controlados bajo el plan maestro de entrega de información (MEIP)

Unidades que utilizará para el desarrollo de los modelos	Coordenadas que se utilizarán para todos los modelos			
Sistema Geográfico Utilizado:				
Precisión requerida de levantamientos:				
Sistema de Importación de Modelos:				
Disciplina primaria para referencia (Ejes y Niveles):				
Coordenada Base de Modelos:				
Punto de Amarre Topográfico Base de Proyecto: <small>(Módulo, Benchmarking, Anam, etc.)</small>				
Coordenadas Punto de Amarre de Proyecto:	X			
	Y			
	Z			
Rotación de Proyecto (Norte Real):				
Nivel Cero (0) de Proyecto:				
Punto Base Unidades Constructivas: <small>(Coordenada Compartida)</small>	NOMBRE	X	Y	Z

Tomado de: BIM Fórum Colombia. (2019) *BIM KIT 2: Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones* (Capítulo 11, p.29).

La información desarrollada en el BEP se clasifica de dos formas para almacenarlo de manera eficiente: Uno es la información estructurada que se refiere a modelos geométricos, propiedades de los modelos, atributos, programaciones, cronogramas etc... Y por otro lado información no estructurada que contiene documentos, imágenes, videoclips, etc... esta información se organiza con formatos organizados en el CDE (Entorno común de datos) (Universidad la gran Colombia, 2023), que para el caso es *Trimble Connect* según lo establecido en la norma ISO 19650.

**EIR**

El EIR es el documento necesario y previo para la realización del BEP, conocido como *Employer’s information requirement* que se presenta en el TDR (Términos de referencia); en este documento el empleador define los requisitos específicos del empleador en relación con la información y el modelo

BIM que quiere ejecutar como se ilustra en la figura 50, es una guía sobre los entregables, el nivel de LOD y LOI, los estándares y procesos esperados al momento de desarrollar el proyecto, (Universidad la gran Colombia, 2023) el EIR se puede dividir en 3 fases :

- Area tecnica: En este apartado el cliente define Objetivos del Proyecto,
- Objetivos BIM, Usos y alcances LOD y LOI Plataforma Interoperabilidad.
- Area administrativa: Estándares, normativas, Roles, responsabilidades, Softwares utilizados.
- Modelos de Coordinación.
- Area comercial: Entrega y Formatos presentados para el área comercial.

El EIR del proyecto desarrollado para el bloque O en la Universidad La Gran Colombia se encuentra en la ilustración 51, aquí se requiere crear un modelo BIM según las especificaciones de los usos que aquí se presentan, desde su diseño hasta su operación al igual el mantenimiento en su construcción, en sus objetivos se aclara que es necesario presentar la información para cada fase del proyecto desde su construcción, operación y mantenimiento.

*Ilustración 42*  
*Composición EIR.*



Tomado de: Elaboración propia.

Tabla 18  
EIR proyecto bloque O Universidad la Gran Colombia

EIR, Employer Information Requirements	
Núcleo	
Objetivos del proyecto	Crear un modelo BIM detallado y preciso que represente todas las fases del ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento de la construcción.
Objetivos de BIM en el proyecto	Definir que información es necesaria para cada fase: diseño, construcción, operación y mantenimiento; Especificar como el modelo apoyará a la colaboración y la toma de decisiones.
Usos y alcances BIM	Para el proyecto se requieren los usos 2,3,4,5,15,20 y 21.
LOD y LOI para cada especialidad y componente	Zapatas y fundaciones LOD 350, LOI 8,E,F ; Losas estructurales y vigas LOD 350, LOI 8,E,F ; Escaleras y columnas LOD 350, LOI 8,E,F; Muros LOD 300, LOI F,8 ; Puertas, ventanas y falsos techos LOD 200, LOI D,E,F; Redes eléctricas e hidrosanitarias LOD 200, LOI 8, C,D, E.
Plataformas colaborativas, Software de modelado y Coordinación	Plataforma colaborativa (Bricsys 24/7), Software de modelado (Tekla structures) y Software de Coordinación (BIM Track)
Administrativo	
Estándares y normativas	ISO 19650, Plan BIM Chile, Resolución 0441.
Roles y responsabilidades	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coordinador BIM Supervisar y coordinar la implementación de BIM en el proyecto.</li> <li>2. Modelador BIM Crear y mantener modelos BIM detallados de las disciplinas específicas.</li> <li>3. Ingeniero de Estructuras Realizar análisis estructurales y diseñar componentes estructurales en el entorno BIM.</li> <li>4. Gerente de Proyecto Supervisar el progreso general del proyecto, incluyendo la implementación de BIM.</li> <li>5. Gerente de Construcción Utilizar el modelo BIM para planificar la construcción, programar recursos y supervisar la ejecución del proyecto en el terreno.</li> </ol>
Segregación de información	Por categorías y fases del proyecto, es decir se clasifican según especialidades y la fase a la cual pertenece del proyecto en su conjunto.
Plan de entregas	Según la filosofía Lean construcción se medirá PTC (Porcentaje de trabajo cumplido) en la planificación a corto plazo a través de las verificaciones y entregas semanales.
Plan de calidad	De desarrollo técnico y de carácter estratégico a través de reuniones de arranque, informativas, formativas y de seguimiento.
Comercial	
Plataformas de entrega de la información	Trimble Connect
Formatos de entrega	IFC, tekla, Excel, Word, PDF, Rvt.

Tomado de: Elaboración propia.

## ***Eje temático Cuatro: Entorno Común de Datos CDE***

### ***Entorno Común de Datos CDE***

El CDE (Entorno común de datos) es la herramienta y/o recurso que nos permite interoperabilizar nuestro proyecto, es decir es una herramienta que le permite a cualquier miembro del proyecto observar tanto el modelo tridimensional a través de un modelo IFC como todos los datos referentes al proyecto, tareas, información o documentación importante todo esto en una misma plataforma creando un puente entre el modelo y todos sus integrantes, en el mercado existe una gran variedad de CDE cada uno permite interoperabilizar el proyecto, para el caso estudio usaremos *Trimble Connect* por su facilidad de uso, el CDE es una parte fundamental de BIM pues sin un entorno no se podría observar ni la información ni el modelo presentado, (Universidad la gran Colombia, 2023) , al ser un modelo compartido cualquier información que se pretenda agregar debe pasar por diferentes estados antes de ser agregado de manera oficial al modelo ya que se debe verificar sus características antes de ser publicado, los diferentes estados de trabajo son:

- Estado trabajo en curso (WIP): Aplica a la información que se está desarrollando por el equipo de trabajo.
- Estado compartido (S). Aplica a la información que puede ser consultada por todas las partes apropiadas.
- Estado publicado (P): Aplica a la información que ha sido autorizada para su uso.
- Estado archivo (ARC): Aplica a la información que se ha compartido y publicado y que queda registrada.

### **Modelo De Información**

Denominados contenedores de información pues de ellos se extrae la información para desarrollar el proyecto, son los objetos tridimensionales del proyecto, estos mismos se clasificarán según sea su naturaleza, es decir un modelo tridimensional estructural o un modelo tridimensional de instalaciones no tendrán la misma información(BIM Forum, 2019), estos modelos compartidos en formatos IFC se clasificaran según sea su tipo de información en el CDE y se archivarán o compartirán en dos estados puntuales:

- PIM: Modelo de Información del Proyecto relacionado con la fase de desarrollo.
- AIM: Modelo de Información del Activo relacionado con la fase de operación.

*Ilustración 43*  
*Modelos de Información objetos tridimensionales.*

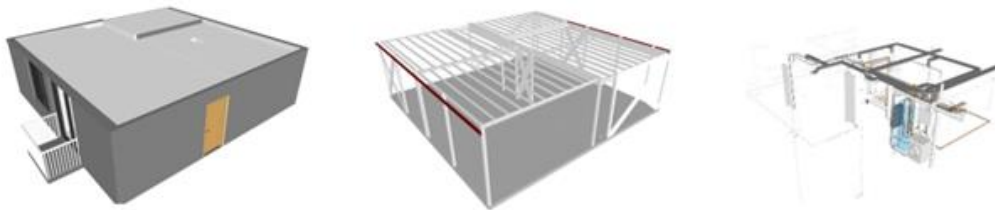


Figura 6. Modelo federado en las disciplinas de arquitectura, estructura e instalaciones

Tomado de: Elaboración propia.

### **CDE Trimble Connect**

*Trimble Connect* es una herramienta de colaboración basada en la nube basado en el intercambio de información en una misma plataforma (trimble, 2021), este CDE utilizado en el caso estudio, aquí todos los miembros del proyecto pue den acceder a la información Y observar el proyecto de manera global en un archivo público, es uno de los tantos entornos de trabajo colaborativos que permite subir información a la nube compatible con la metodología BIM a través de archivos IFC, según sea el flujo de trabajo de estos entornos es el mismo:

Para este entorno común de datos se debe iniciar un periodo de prueba para su uso, en la interfaz del CDE creamos un nuevo Proyecto en forma de carpeta con el nombre “DIPLOMADO BIM” para así pasar a organizar las carpetas del Proyecto en tres niveles según lo establece la norma ISO 19650, Posterior a la creación de los niveles de carpetas se asignaron los roles respectivos al Proyecto los cuales correspondían a un arquitecto, un ingeniero estructural y un ingeniero de redes.

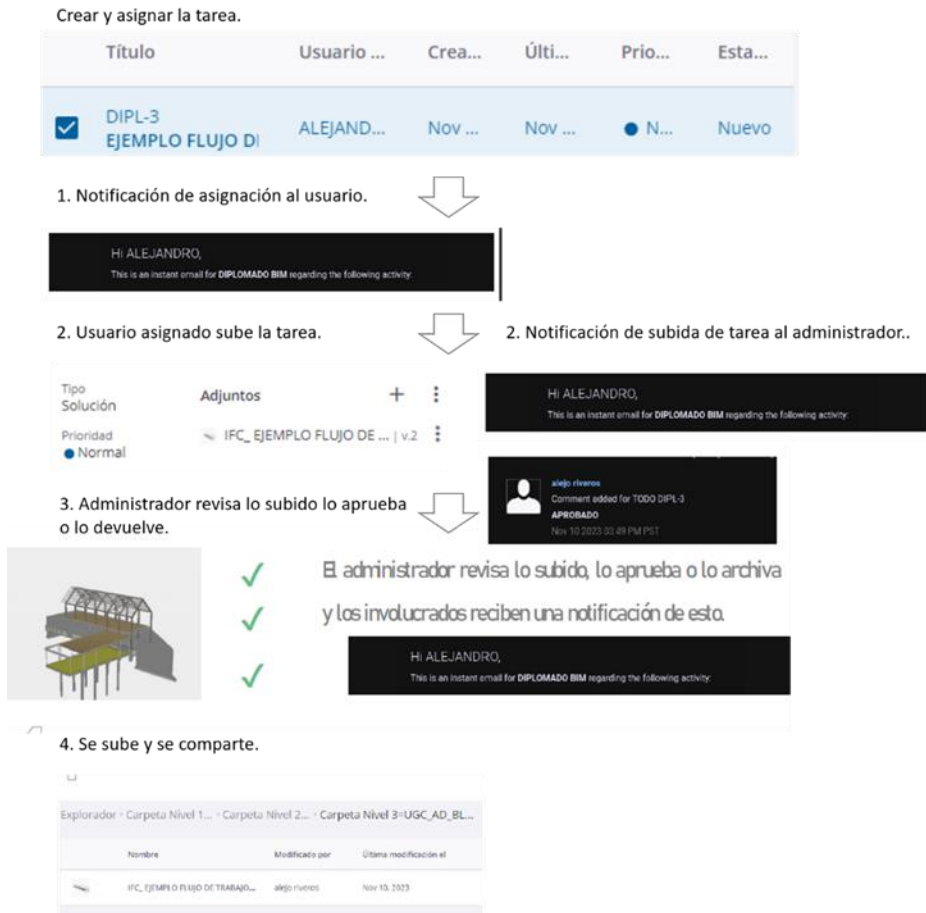
#### Ilustración 44

Creación de proyecto Trimble Connect y organizaciones las carpetas.



Tomado de: Elaboración propia.

Ilustración 44  
Flujo de trabajo Trimble Connect



Tomado de: Elaboración propia.

## Eje temático Cinco: IFC y BCF

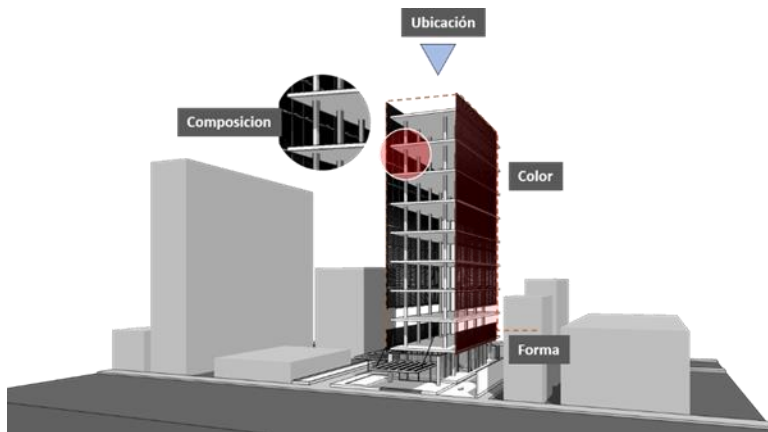
### *IFC Y BCF*

Son un estándar abierto utilizado en el diseño y la construcción de edificaciones para el intercambio de modelos de datos de construcción entre diferentes programas, este modelo permite la visualización de un modelo tridimensional en programas diferentes al que se utilizó para crearlos, también en los entornos comunes de datos con visualización de archivos tridimensionales permite abrir estos tipos de archivos que representan una copia exacta al realizado en el programa nido (Garcia, 2022).

Los formatos IFC se dividen en clases y tipos que resultan de esas mismas clases, uno a otro se diferencian por el tipo de información que contienen, cada modelo posee atributos y parámetros diferentes los cuales generan información resultante de la construcción del modelo, las entidades poseen en su gran mayoría medidas geométricas como: dimensiones, áreas, volúmenes, composición, color etc... adicional a esto vienen cargados con la ubicación exacta en el espacio gracias a un formato de coordenadas que permite trabajar sobre este mismo modelo sin afectar el traslape de la información que se desee agregar (ACCA Software, 2020), así pues, IFC nos presenta 3 tipos de archivos diferentes:

- IFC: Formato estándar basado en la norma para el intercambio de datos de modelo del producto final.
- IFC ZIP: Archivo IFC comprimido con un tamaño mucho menor; pueden leerlo la mayoría de las aplicaciones de software compatibles con IFC.
- IFC XML: Representación de datos IFC basada en XML, requerida por algunos programas de cálculo.

Ilustración 45  
Modelo tridimensional formato IFC



Tomado de: Elaboración propia.

Uno de los principales aspectos al transferir modelos de datos IFC tiene que ver con el suministro de la información que pueda ser correctamente interpretada en el lector de datos que se llegue a utilizar, es por eso que ifc es un estándar que contiene esa información y que puede ser compartido entre diferentes plataformas, este modelo debe contener información principal como, dimensiones, materialidad, áreas, volúmenes, ubicaciones, composición, color y cantidad, como la información básica para reconocer el objeto en general (ACCA Software, 2020).

Ilustración 46  
Modelo IFC distintas versiones.



Tomado de: *Building Smart Spain*. (2023) Modelo IFC diferentes versiones <https://www.buileongsmart.com>.

## **BCF**

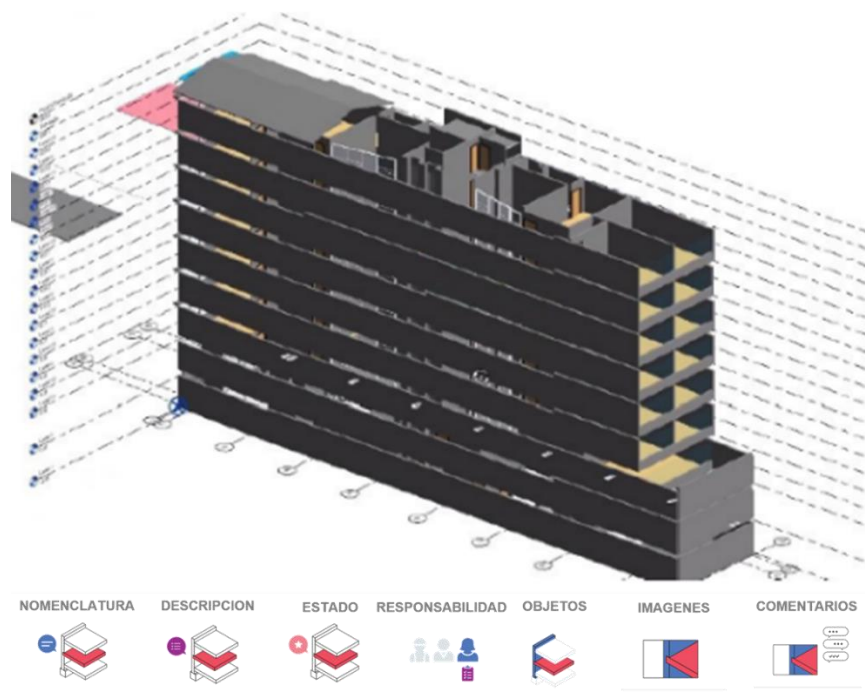
*BIM Collaboration Format* es un formato y un flujo de trabajo que permite realizar comentarios y verificar el trabajo al tiempo que se desarrolla el proyecto, esto se realiza sobre un trabajo ya realizado en tres momentos distintos: Uno es definir cuál es la incidencia presentada, identificar la incongruencia, el segundo es realizar la descripción de la incidencia lo más detallado posible y por último generar un plan de choque que la solucione al tiempo que se asigna un usuario específico esta tarea (Building Smart Spain, 2023), es así como trabajan los formatos BCF con una política de mejora continua establecida en 4 pilares fundamentales:

- Incidencias: El formato BCF estandariza la manera en que se comunican las incidencias, facilitando la calidad y precisión de la información transmitida.
- Orientado a datos : BCF es un formato centrado en datos que optimiza la gestión y la comunicación de incidencias.
- Modelos : BCF permite el intercambio de modelos de información, especialmente cuando se utiliza junto con IFC.
- Compartir: Las incidencias se pueden compartir fácilmente mediante el intercambio directo de archivos en formatos BCF.

Identificar las incidencias hace necesario que exista un protocolo de trabajo que estandarice todo el proceso (Building Smart Spain, 2023), así como hace necesario identificar cada tarea con características definidas como lo muestra en la ilustración 52 que nos muestra en el CDE los estados de las tareas en *BIM Collab cloud*, cualquier inconsistencia que se encuentre se definirá como colisión y el mismo BCF nos suministrara un informe detallado de estas colisiones lo cual nos puede guiar en el desarrollo del proyecto, el protocolo de trabajo es:

- Generar la figura IFC en un formato BCF (*Bim Collaboration Format*) ejecutados desde la aplicación de revit.
- Visualización de incidencias reportadas desde REVIT y BIM Collab Zoom en BIM Collab Cloud.
- Visualización de informes y estados de las incidencias reportadas REVIT y BIM collab en BIM collab Cloud.

*Ilustración 47*  
*Modelo tridimensional en formato IFC.*



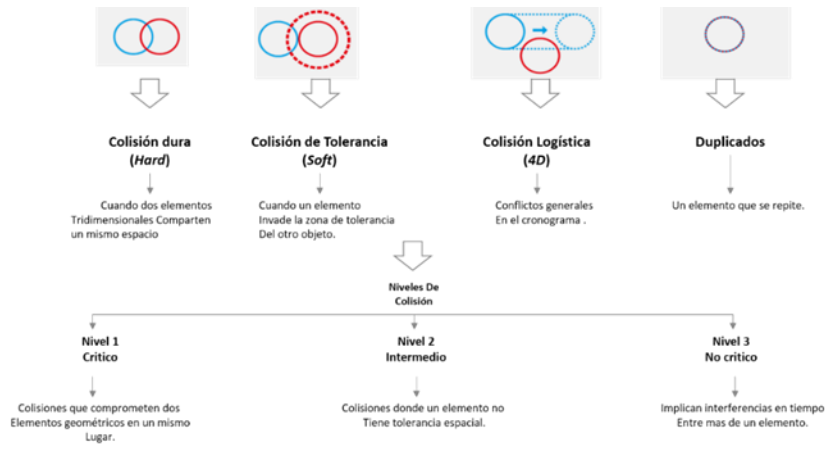
Adaptado de: *Diplomado Open BIM*. Universidad la Gran Colombia, Modulo 1: Introducción, Normas y Estándares de Trabajo Colaborativo e Interoperable, Eje Temático 5: IFC y BCF en BCF.

### ***Tipos de Colisión***

El formato de colaboración BIM *Collab* detectara de manera automática cualquier inconsistencia que se presente en nuestro proyecto, este proceso de coordinación estará a cargo de un profesional asignado y deberá presentarse en el BEP el proceso de detección y corrección, así mismo se identifican los

diferentes tipos de interferencias y los niveles que se pueden presentar, como observamos en la ilustración 55, la identificación del conflicto nos permite encontrar la naturaleza de la solución en medio de la asignación del usuario.

*Ilustración 48*  
Tipos y niveles de colisión.



Tomado de: Elaboración propia.

## **Modulo Dos: Levantamiento de Condiciones Existentes As Built e Infraestructura Urbana**

### **Eje temático Uno : Levantamiento de información terrestre.**

#### ***Conceptos básicos***

***Cartografía.*** Es el conjunto de estudios y operaciones científicas y técnicas que intervienen en la formación o análisis de mapas, modelos de relieve que representan en la tierra o parte de ella (Gómez, 2008).

***Mapa.*** Es una representación geométrica plana, simplificada y convencional de la superficie terrestre dentro de una relación de similitud que se denomina escala; Es un modelo grafico de la superficie terrestre con representaciones espaciales(Gómez, 2008).

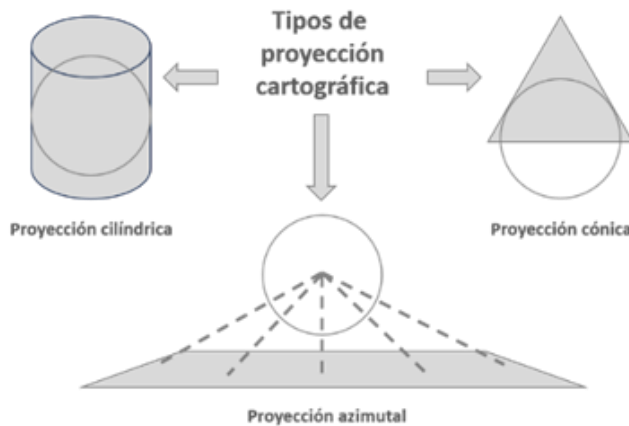
***Origen Nacional.*** Es un sistema de proyección nacional de uso estandarizado en Colombia como medida de protocolarizar cualquier medición o representación espacial(Gómez, 2008).

***Proyección Cartográfica.*** Es la presentación en un mapa de la superficie curva de la tierra a través de modelos matemáticos exactos(Gómez, 2008).

***Tecnología Lidar.*** Es un sistema de medición y detección mediante laser el cual trasmite pulsos y los retorna para realizar un mapeo general de la superficie donde se encuentra, los sensores de esta tecnología buscan medir la distancia entre los objetos a través de puntos de referencias, creando una nube de puntos(Gómez, 2008).

***Sistema De Coordenadas.*** Es un sistema de referencias para la astronomía, son sistemas de referencia terrestre para los sistemas de coordenadas. Los sistemas de referencia necesitan de los mapas y los planos los cuales dan una posición a los elementos representados, por otro lado, el mapa es una representación cartográfica a gran escala; El plano por otra parte es una representación lineal de un espacio, existen tres tipos de proyecciones cónica, azimutal y cilíndrica(Gómez, 2008).

Ilustración 49  
Tipos de proyección cartográfica



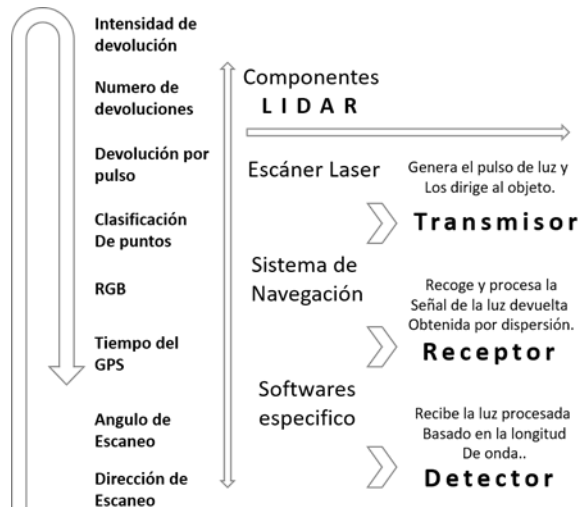
Tomado de: Elaboración propia.

**Coordenadas Geográficas.** Es un punto inmóvil que sirve de referencia para ubicar la superficie terrestre y que utiliza para eso coordenadas angulares, latitud (norte o sur) latitud (este, oeste) el cual se calcula los ángulos laterales respecto al centro de la tierra por otro lado la longitud proporciona una localización de un lugar en específico en dirección este u oeste desde el meridiano de referencia (Gómez, 2008).

### **Captura De Información.**

En la metodología BIM es necesario realizar el levantamiento de las condiciones existentes donde se analiza el estado actual del entorno de trabajo (Bizkaia, 2022), así pues, una de las formas de levantamiento es la captura de puntos con la tecnología LIDAR, la cual a por medio de un sensor óptico emite un rayo hacia el objeto a estudiar mientras se mueve a lo largo de una ruta predefinida calculando la distancia desde el momento que el láser toca el objeto y generando un punto en la intercepción partir de las denominadas devoluciones generando un mapa de las devoluciones utilizando los puntos generando imágenes tridimensionales mediante una nube de puntos, esta misma consecución debe contener atributos de lectura para su procesamiento (OpenBim, 2023) como se observa en la ilustración

*Ilustración 50*  
*Captura de información Lidar.*



Tomado de: Elaboración propia.

### **Georreferenciación**

Es la asignación de un sistema de referencia y de coordenadas real asignados a los elementos seleccionados, de esa misma forma existen varios sistemas de georreferenciación como lo son: Galileo, Glonass, Baidouy y Gps siendo este último el primer sistema de navegación satelital realizado por el ejército de los Estados Unidos. El posicionamiento GNSS funciona por medio de un satélite que transmite dos ondas en banda a través de 3 componentes uno el segmento espacial que lo componen los satélites que se encuentran en órbita, segundo las estaciones centrales de seguimiento y un por último el control del usuario el cual se encarga del procesamiento de la información recolectada durante la toma de datos(Gómez, 2008).

Para Sudamérica existe un sistema de georreferenciación denominado SIRGAS, este sistema se estandarizo en la conferencia internacional de la definición de un dato geocéntrico para Sudamérica en el año 1993 en donde se pretendía generar un estándar de georreferenciación para esta parte del planeta, el sistema de referencia geocéntrico para América ITRF establecido en el continente americano

SIRGAS a través de 180 estaciones geodésicas de alta precisión, la tecnología que se utiliza es el GNSS es la tecnología del sistema de geoposicionamiento global (Universidad Nacional de Rosario, 2019). Esta tecnología utiliza tres principios para su funcionamiento:

- Posiciones exactas en el satélite.
- Medición de las distancias entre satélites y receptor.
- Lectura de las señales propagadas por el satélite y el sitio de medición.

### ***Post proceso LIDAR***

La lectura de puntos generada por la tecnología LIDAR genera una nube de millones de puntos con un gran almacenamiento es por eso que es necesario un software especializado de lectura, en el mercado se encuentran varios medios que generan archivos OBJ, como un archivo de lectura legible, para el procesamiento se deben tener dos puntos de control y dos de navegado dependiendo del área del terreno (OpenBIM, 2023), para el caso estudio del Bloque O de la universidad La Gran Colombia es el software de procesado Leica Office.

### ***Tecnologías LIDAR Interoperabilidad***

Para exportar estos datos se utilizó un software compatible con distintas aplicaciones, como complemento al programa existen un sin número de herramientas y equipos para la captura de la información y su procesamiento, dentro de las marcas de receptores laser más importantes encontramos, Faro, Leica y Stones y sus aplicaciones más utilizadas son para: escaneo de construcciones para restauración, levantamiento de condiciones existentes, hallazgos arqueológicos y mantenimiento de infraestructuras (OpenBIM, 2023), esta toma de datos se realizan de dos maneras:

- Aerotransportado: Tomado con drones o con naves remotamente tripuladas, aviones o avionetas.

- Terrestre: Tomando con sensores de 360 grados en un trípode.

### **Gestión de Información 2d y 3d**

Procesar la información recolectada es muy importante ya que permite la interoperabilidad y comunicación con todas las partes, esta recopilación se realiza a través de sensores fijos o móviles (OpenBim, 2023), para el caso estudio se utilizó un sensor fijo con el software de procesado Cyclon estos datos recolectados se exportan a Autodesk RECAP con la extensión RCP y de esa manera se puede modificar en REVIT el objeto generado.

*Ilustración 51*  
*Gestion de la informacion 2D y 3D.*



Tomado de: Elaboración propia.

## **Eje temático Dos : Fotogrametría con Drones**

### **Conceptos Básicos y Normativa**

**La fotogrametría.** Es una técnica donde se toma la información del terreno de manera directa, es decir, toma los puntos desde una altura predeterminada definiendo de modo precisa, forma, dimensiones y posicionamiento de cualquier objeto, esta toma de datos se puede hacer tanto de manera aérea como terrestre (Santos, 2014), recientemente se han venido utilizando drones para la fotogrametría aérea ya que por su maniobrabilidad estabilidad permiten una mejor captura, los drones son aeronaves remotamente tripuladas, existen dos tipos distintos de drones según Martínez,2020:

- Dron de ala fija: formado por un cuerpo central y por dos alas fijas posee una alta autonomía de vuelo con bajos consumos de energía, este dron toma imágenes dinámicas por lo que puede representar un problema en su traslape y construcción del objeto.
- Dron multirotor: Es una aeronave formada por un cuerpo central y múltiples rotores alrededor de él, poseen estabilizador giroscópico que resuelve la toma de imágenes sin alabeos, posee una mejor maniobrabilidad.

*Ilustración 52*

*Tipos de drones: ala fija y multirotor*

**Dron Ala Fija**



**Dron Multirotor**



Tomado de: Tipos de drones: Los distintos tipos de drones que hay(imagen), por Miguel Gonzales, 2024, Filmorea(<https://filmora.wondershare.es/drones/types-of-drones.html>).

**Normatividad**

La reglamentación en la manipulación y tripulación de aeronaves remotamente tripuladas está regulada por la aeronáutica civil bajo el reglamento 002 el cual establece condiciones de uso y prohibiciones para su uso en el territorio colombiano así mismo define tres tipos de licencias necesarias para su manejo según la Aeronáutica Civil:

- Clase A: Abierta para pesos de aeronaves de hasta 10 kg, velocidad máxima 160 km/h, distancia máxima respecto a la aeronave 500m, altura máxima de vuelo 150 metros, condiciones de visibilidad 5 km visibles, distancia del dron respecto a las nubes 150 metros.

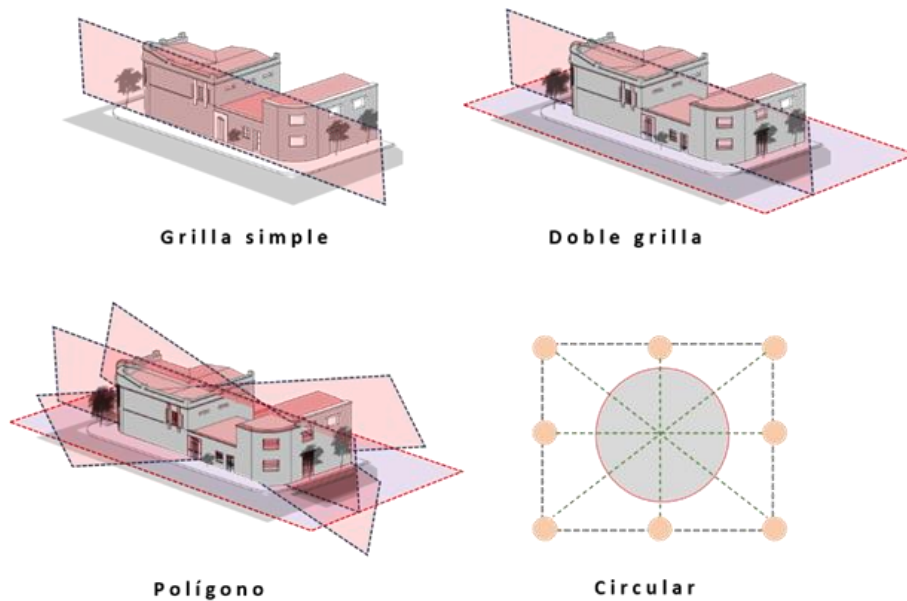
- Clase B: Regulada destinada para equipos que transgredan las definiciones para la clase A en cualquier item.
- Clase C: Certificada para aeronaves con un peso mayor a 150kg por el momento se encuentran restringidas este tipo de licencias en Colombia.

### ***Planeación en vuelo***

La planeación en vuelo se define como la ruta de vuelo planeada de un dron en un espacio determinado(Santos, 2014), este mapeo se hará a través de la sobreposición entre las imágenes tomadas de manera consecutiva transversalmente, para mantener uniforme la distancia focal frente a las imágenes que se toman en el mapeo del objeto se realizan dos tipos de traslapos uno longitudinal que recubre dos fotos sucesivas en dirección al vuelo y el traslapo lateral que recubre dos fotos lineales, estas informaciones se toman a través de GDS que es la distancia entre dos pixeles consecutivos medidos respecto al suelo, mientras mayor sea el GDS, es decir, el espacio entre pixeles la resolución será mucho menor, esto también está relacionado a la altura en vuelo del aparato(Santos, 2014).

Para una correcta medición del espectro es necesario tener varios elementos en cuenta, uno es la malla que asegura que las imágenes se tomen con una superposición correcta para el procesamiento, doble grilla que asegura que las imágenes se tomen en diferentes lados del objeto, en comparación a la malla simple esta toma debe realizarse más cerca al objeto ya que la distancia entre pixeles debe ser lo más corta posible, el polígono se utiliza para el mapeo de formas más complejas debido a que se aseguran para un procesamiento óptimo desde distintos ángulos de visión, toma circular se utiliza para formas circulares donde se toman desde todos los ángulos alrededor de un punto de destino, con la superposición óptima para un correcto procesado. Cada una de estas formas permiten la toma de puntos adecuada para su correcto procesamiento (López, 2014).

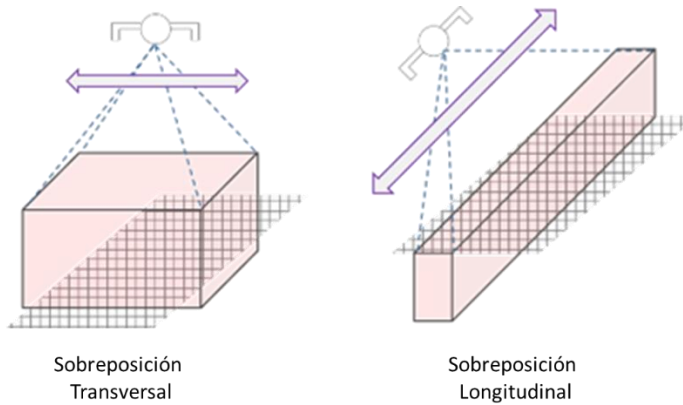
Ilustración 53  
Tipos de medición del espectro.



Tomado de: Elaboración propia.

**Sobreposición.** Es el traslape de imágenes consecutivas tomadas por el dron tanto de manera transversal como longitudinalmente, en este aspecto es muy importante tener en cuenta la altura desde la cual se generan las proyecciones debido a que a mayor altura la distancia focal será mayor y la sobreposición aumentará ya que será necesaria la toma de un mayor número de imágenes en su recorrido en contraste a una menor altura habrá mejor resolución y la sobreposición será mejor, esta sobreposición de las imágenes permiten que al unirlos los puntos que se generan crearan un objeto tridimensional (López, 2014).

*Ilustración 54*  
Tipos de sobreposición



Tomado de: Elaboración propia.

**Traslapos.** Los traslapos hacen referencia al cubrimiento que alcanzan a tener las tomas que se realizan en el cielo, el porcentaje del terreno capturado con el dron y su proceso de información como se ilustra en la figura 59, al final todos estos traslapos se interpolan para formar una misma figura del terreno, los dos porcentajes de cubrimiento del terreno según OpenBIM en 2023 son:

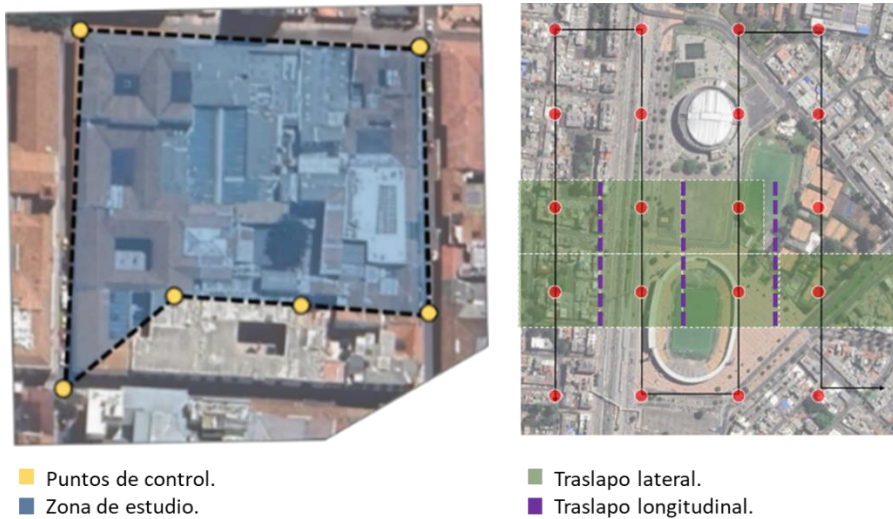
- **Traslapo Longitudinal:** Es el porcentaje de recubrimiento entre dos imágenes consecutivas tomadas en la línea de vuelo.
- **Traslapo Lateral:** Son los traslapos entre dos imágenes laterales entre las líneas de vuelo lineales que se toman.

### **Fotocontrol**

El fotocontrol establece un sistema de coordenadas asignadas en un espacio específico a través de una serie de fotografías que establecen los puntos de control del mapeo (López, 2014), para que esto se pueda desarrollar de esta manera es necesario delimitar el área de estudio, normalmente se ponen referencias de colores para que una vez se tome de manera aérea los puntos de control estos sean fácilmente reconocibles, los círculos, las cruces y los rectángulos son los puntos más comunes, para fijar

el modelo en sus tres puntos XY y Z se deben establecer mínimo 5 puntos de control como muestra la ilustración (OpenBIM, 2023).

*Ilustración 55*  
*Puntos de control y tipos de traslapos*



Tomado de: Elaboración propia.

**Precisión GCP.** Son los puntos de control del terreno GCP (*Ground control points*) son la referencia visual en el suelo visto desde el aire por el dron, estos sirven para delimitar el fotocontrol de la zona de interés y deben medirse lo más exacto posibles y colocarse de la manera más regular con el objetivo de abarcar todo el espacio esto permite corregir cualquier error de posicionamiento y alinear correctamente las imágenes o mapas capturados, en la ilustración 61 podemos observar un ejemplo de la toma de GCP, el dron multirrotor utilizado fue el Mavic, posterior a eso se instalaron los puntos de control y se añadió la señalización a estos mismos a continuación se programa el recorrido del dron de manera automática en la aplicación, generando el mapeo del sitio (OpenBIM, 2023).

**Ilustración 56****Toma de puntos de control****Dron Utilizado**

Mavic dji 2 Pro.  
 Tiempo de vuelo: 31 minutos.  
 Altura máxima de vuelo: 6000 msnmm.  
 Resolución cámara: 48mpx.

**1. Instalación puntos de control.****2. Programar recorrido.****3. Toma de mapeo del objeto.**

Tomado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Fotografías], Modulo 2: Levantamiento de condiciones existentes, Eje temático 2: Fotocontrol, precisión GCP.

**Orientación Modelo Fotogramétrico**

Este modelado consiste en reconstruir el trayecto de vuelo que realizó el dron al momento de tomar las fotografías aéreas (OpenBIM, 2023), para el procedimiento realizado en el Bloque O de La Universidad La Gran Colombia se utilizó el software de procesado PX4D para el procesamiento de esta información tomada en vuelo se debe partir con el sistema de coordenadas que nos ubica respecto al objeto, al procesar esta información se genera un archivo de nube de puntos, el cual crea un modelo digital de elevación DEM (Modelo digital de elevación) y partiendo de este modelo creamos tanto el modelo digital en el terreno DTM (Modelo digital de terreno) como las curvas de nivel del proyecto, algunas características que se deben tener en cuenta son:

- Cámara con la que se tomó la fotografía.
- Dimensiones.

- Resolución espacial.
- Localización centro de la perspectiva.
- Distancia focal.
- Coeficiente distorsión.

**Procesamiento de la Nube de Puntos.** El archivo resultante de la toma de la nube de puntos es un documento DSM( Modelo digital de superficie ) y un sistema extrapolado de información, con este archivo resultante se puede exportar esta información en 3 tipos de archivos diferentes: LAS, LAZ o XYZ también es necesario establecer la resolución de los pixeles que pueden tener un espaciado de 10cm así mismo deberán ser en los intervalos entre las curvas de nivel del terreno.

### **Visualización y Migración de Datos a RECAP**

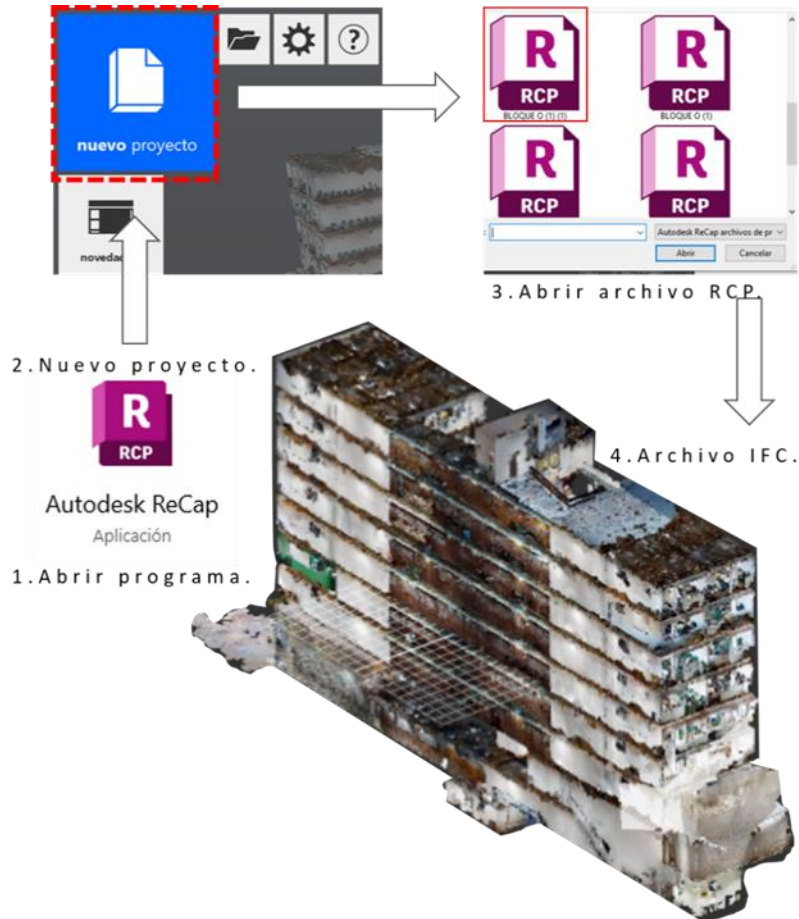
Existen programas especializados que se enfocan en la lectura de archivos conformados por nubes de puntos es el caso de Autodesk con el programa RECAP el cual es capaz de visualizar modelos detallados en una alta resolución y además son un apoyo para la tecnología BIM, ya que ayuda a integrar el proyecto con la metodología y permite exportar el archivo a diferentes programas para una lectura más dinámica (OpenBIM, 2023), el proceso para visualizar un archivo con nube de puntos en RECAP del Bloque O es el siguiente:

- Abrir el software RECAP.
- Abrir un archivo ya existente y buscar el archivo generado con la nube de puntos con el nombre "BLOQUE O" en formato RCP.
- Una vez abierto se modificar la visualización del objeto en su tamaño de los puntos, color, orbita, distancia etc....
- Exportar el archive para abrirlo en softwares como REVIT guardando un archivo IFC 2X4 legible para los demás programas.

- Abrir el archivo en Revit desde el cual podemos trabajar sobre este archivo.

Ilustración 57

Migración de archivo a RECAP.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Modelo], Modulo 2: Levantamiento de condiciones existentes, Eje temático 2: Migración y visualización de datos RECAP.

### Eje temático Tres : Modelado de Obra Lineal

#### *Introducción y Exploración Entorno Infraworks*

El diseño geométrico lineal consiste en la elaboración de productos básicos extraídos de la recopilación de datos con métodos como la nube de puntos con archivo RCP, una vez se cuenta con un archivo de este tipo es posible cargarlo a un programa especializado con tolerancias para el uso compatible BIM el cual no solo cargara el objeto si no que se podrá parametrizar toda la información

que contenga este mismo y generar su diseño geométrico planta, perfil, secciones transversales asociada al proyecto lineal (OpenBIM, 2023).

Una de las obras lineales de infraestructura son las carreteras que se destinan para el tráfico de vehículos, el recorrido se define previamente sobre el terreno sin embargo, estos diseños geométricos sobre todo de obras civiles cuentan con normativas vigentes que regulan su diseño, específicamente para Colombia es INVIAS la entidad responsable de este tipo de infraestructura, es así que creo: *“el manual de diseño geométrico de carreteras con versión de 2008”* aquí se radicaron los parámetros básicos de diseño en el territorio nacional, así pues, también existe una norma internacional que es la AASHTO (*American Association of state Highway and transportation Officials*) que estandariza el diseño de carreteras(OpenBIM, 2023).

### ***Diseño Vial en Civil 3D***

Para el diseño de carreteras es necesario contar con softwares especializados en la materia uno de los softwares que destacan por su exactitud es Autodesk Civil 3D, quien permite trazar de manera exacta la carretera en el terreno, para el manejo de este programa tenemos que seguir el siguiente procedimiento según el Diplomado OpenBIM en 2023:

- Crear la superficie topográfica: Debemos contar con una superficie en un entorno virtual, para este ejemplo ya se contaba con un modelo digital de la Facultad de Ingeniería de La Universidad La Gran Colombia, por lo que debemos abrir el archivo.
- Trazado del eje de diseño en planta: Utilizando el comando Polilínea, trazamos el eje de la vía y en el panel de opciones en “Home” seleccionamos “Alingment” y después *“Create Alingment From Objects”*.
- En la opción antes creada definiremos: nombre, abscisa de inicio, criterios de diseño, entre otros.

- Al tener el eje de la vía se debe trazar los bordes de la vía a partir del archivo topográfico del sitio.
- Generaremos el perfil del terreno desde la opción “Home” seleccionando la opción “Profile” y después “Create surface profile”, donde modificaremos sus opciones y crearemos el perfil.
- Cuando tengamos el perfil longitudinal, será necesario seleccionar “Home” luego “Menu profile” y seleccionar “Profile Creation Tools” en el que seleccionaremos el perfil que queramos modificar según los parámetros que seleccionemos, , enseguida el programa solicitará seleccionar el terreno sobre la cual se diseñará la rasante de la vía.
- Para la creación del peralte seleccionamos “Superelevation”(peralte).
- Seleccionaremos “Calculate superelevation now” con lo que el programa realizara el cálculo de manera automática, posterior se colocan los parámetros como ancho de calzada, y pendiente que para el caso es del 2%.
- Para el ensamble de la sección transversal seleccionamos “Assembly” luego “Create Assembly”, enseguida se creará uno y se seleccionará en el modelo el punto de la creación de la sección, enseguida se active la opción Tool Pallets con la opción “LaneOutsideSuperMultiLayer” aquí asignaremos espesor y parámetros y lo crearemos.
- Posterior al ensamble se debe construir el corredor vial en el que se consolida la construcción de la vía para esta creación vamos a “Home” opción “Corredor” al darle aceptar se dará un cuadro de dialogo se debe modificar el intervalo que se utilizara en la presentación de las secciones transversales, con un intervalo de 10m, seleccionamos la columna “Target” y seleccionamos “width Target” en la que se asociaran los bordes con el objeto, le daremos “Select from drawing” en donde una a una seleccionaremos el bordes y al final construiremos el corredor.

Ilustración 58  
Diseño vial en Autodesk civil 3D.



Tomado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 2: Levantamiento de condiciones existentes, Eje temático 3: Modelado de Obra Lineal.

### ***Migración de Información de Civil 3D Infraworks***

Cuando se haya culminado el trabajo en Autodesk civil y el proyecto esté finalizado es necesario migrar toda esta información a un software que trabaje con flujos BIM, el programa elegido también pertenece a la casa Autodesk y es Infraworks este es un software de infraestructuras que permite analizar, modelar y visualizar los diseños realizados en softwares de diseño especializados, también permite trabajar con BIM lo cual permite la extracción de la información generada por el modelo, realizado el proceso de manejo del software es:

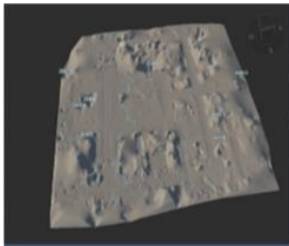
- Abrir Infraworks e ir ala pantalla de inicio.
- Creación de un nuevo modelo Infraworks.
- Usar las herramientas básicas de Infraworks.
- Cargar la superficie previamente creada en Infraworks.
- Establecer las coordenadas para cargar la información.

- Visualización de la superficie en Infracworks.
- Configurar la visualización.
- Visualización del diseño en Infracworks.
- Configuración de elementos cargados.
- Nuevos elementos cargados.
- Cargar el diseño vial en Infracworkks.
- Visualización de ortofoto en Infracworks.
- Visualizar perfil en Infracworks.
- Crear elementos adicionales en Infracworks.
- Compartir información en un entorno BIM.
- Exportar modelo 3D.
- Exportar modelo a un entorno BIM.

*Ilustración 59*

*Diseño vial en Autodesk civil 3D*

1. Visualización de terreno en Infracworks..



2. Visualización de diseño en Infracworks..



3. Visualización de ortofoto en Infracworks..



4. Visualización de terreno en Infracworks..



5. Exportar a BIM.



Tomado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 2: Levantamiento de condiciones existentes, Eje temático 3: Modelado de Obra Lineal.

## Modulo Tres: Modelado De Edificación

### Eje temático Uno : Estructuras

#### *Crterios Técnicos y Sostenibilidad Para el Modelado BIM Estructural*

Tener presente aspectos de sostenibilidad en nuestro proyecto nos beneficiara para reducir el impacto ambiental al momento de la construcción y su puesta en marcha, esto debido a que nos ayuda a reducir el consumo de energía de la edificación, para este fin existen distintas herramientas virtuales que nos ayudara a conocer el material que utilizaremos en la construcción; Para lograr esto es necesario entender que las construcciones tienen distintas propiedades tanto mecánicas, térmicas, químicas y ecológicas (OpenBIM, 2023).

**Transferencia de Calor.** La transferencia de calor se produce por el contacto entre dos objetos por medio de la conducción, y esta misma energía térmica se transmite desde la superficie al aire por medio de convección, la energía térmica se desplaza desde las superficies a través del espacio por medio de la radiación, en este sentido es necesario entender que en los materiales existe la conductividad térmica y la resistencia térmica que representan la capacidad de los materiales de conducir y retener el calor. Así pues, cada material tiene un coeficiente de transmisión térmica medible por la ecuación:  $U = 1/RT$  (Valdés, 2021).

Para la medición del comportamiento de los materiales frente a ciertas condiciones existen distintos softwares como Tally que nos permite evaluar el impacto ambiental de los materiales de construcción en su etapa de diseño y planificación, esta herramienta nos brinda diferentes informes: Evaluación del ciclo de vida, Emisiones de carbón, Consumo de energía, Impacto y uso de recursos, Potencial de reciclaje y reutilización (OpenBIM, 2023).

Ilustración 60  
Transferencia de calor.

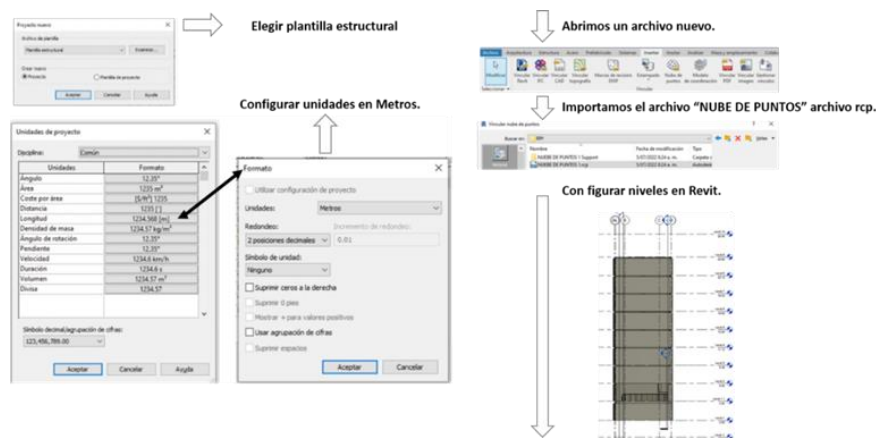


Tomado de: Arquitectura Bioclimatica.Viviendas bioclimáticas en Galicia (imagen), por Dolores García, 2024, Filmora( <https://abioclimatica.blogspot.com/2008/10/arquitectura-bioclimatica.html?m=1> ).

**Introducción de Interfaz Revit**

Para el caso estudio del Bloqueo O contamos previamente con un archivo de nube de puntos, en ese sentido lo primero que se hizo es procesar este archivo para exportarlo en un archivo legible desde RECAP hasta el programa Revit, en Revit se abrirá una plantilla estructural con la configuración que viene por defecto seleccionando sus unidades en metros, abriremos un archivo nuevo y vincularemos la nube de puntos a Revit, el archivo importado por defecto tiene 12 niveles con cubierta de máquinas y cimentación.

Ilustración 61  
Interfaz de Revit creación de nuevo proyecto.



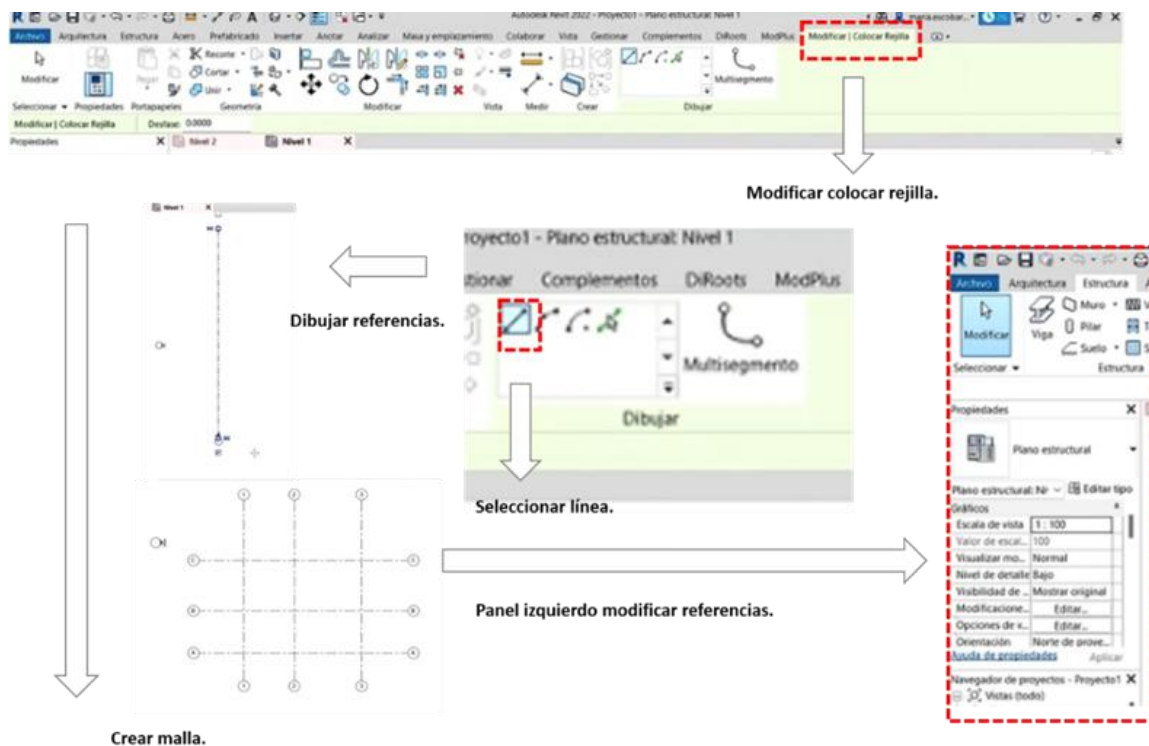
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023.Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

## Introducción de Interfaz Revit

Una vez importado el modelo y configurado sus medidas es necesario establecer los niveles de referencia que ayudaran a mantener un orden en la construcción del modelo, esto se realiza a través de rejillas, al dibujar las rejillas están se vinculan de manera automática con las cotas incluidas, estos niveles de referencia se deben tener tanto en planta como en los alzados, para su configuración iremos a la interfaz principal de Revit enseguida en la pestaña modificar, colocar rejilla y seleccionaremos la línea para empezar a dibujar nuestros niveles, podremos modificar distancia entre niveles así como forma de visualización entre otros, en nuestro panel izquierdo podremos modificar características del elemento seleccionado.

### Ilustración 62

Configuración interfaz principal Revit.

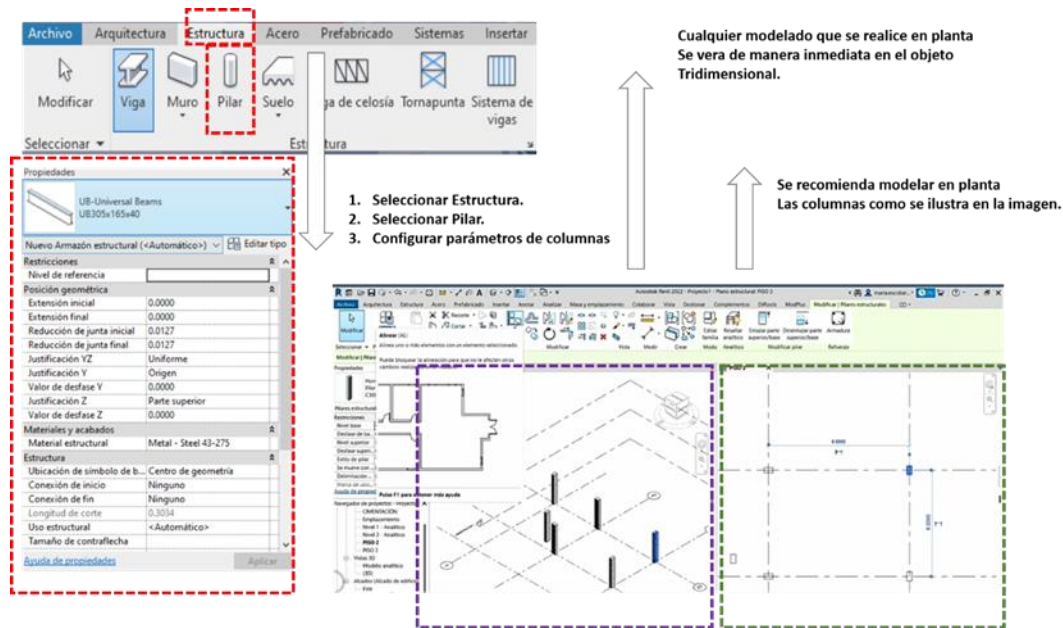


Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

### Modelado de Columnas

Antes de empezar a modelar en el programa fue necesario verificar los niveles de LOD y LOI del proyecto ya que esto nos brindara una pauta del nivel de detalle requerido para modelarlo, esto también se estableció en el EIR del proyecto que nos informa que para el bloque O el nivel de LOD en las estructuras es de 300, para las ventanas 200, los muros 300 e instalaciones 200, para diseñar las columnas iremos a la interfaz estructura y la opción columnas o pilar que debemos modificar según los parámetros requeridos, establecido los parámetros y seleccionado la opción columna ubicamos el lugar donde queremos generar la columna y le daremos clic para ordenarle al programa instalarlo en planta y por ende tridimensionalmente y así realizamos el trazado de las columnas.

Ilustración 63  
Modelado de columnas en Revit.

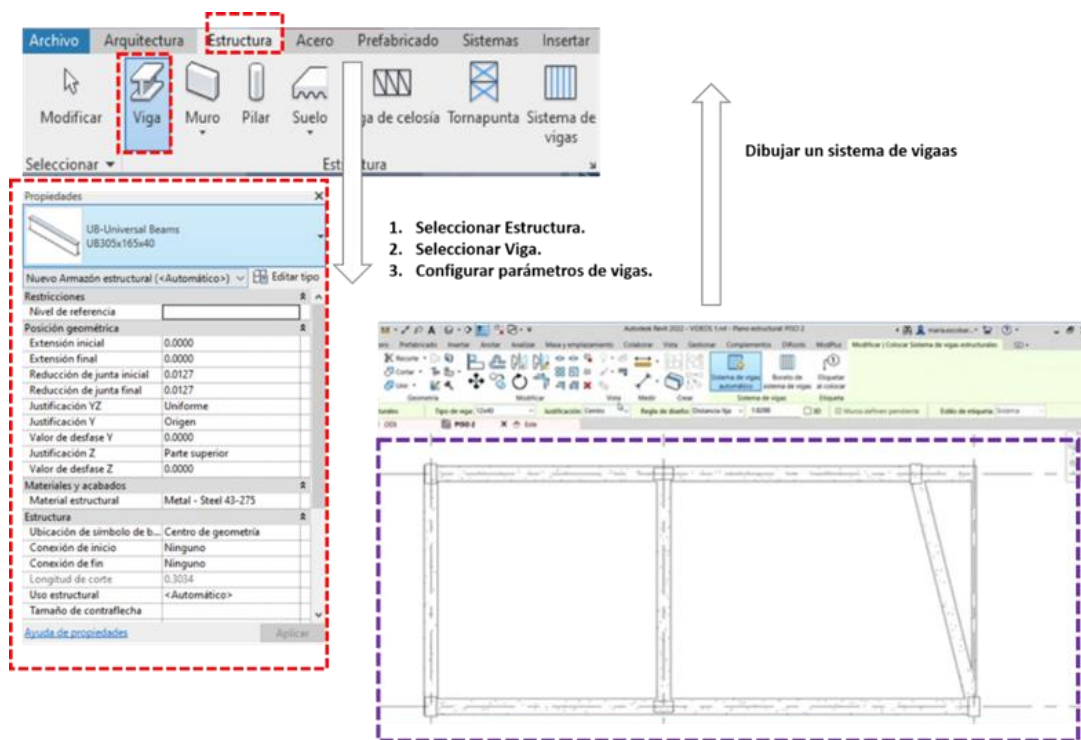


Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023.Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

## Modelado de Vigas

Sobre las columnas modeladas en el programa debemos configurar un sistema de vigas que servirán de soporte para la estructura, para su construcción en Revit debemos seleccionar la opción estructuras, enseguida la opción Vigas y así de manera automática podremos seleccionar el recorrido de las vigas dando un clic en el tramo inicial del recorrido de la viga la cual trazaremos de columna a columna y como en las columnas podremos modificar los parámetros de esta construcción como no lo indicaron las dimensiones que son 30cm x 30cm hechas de concreto con una armadura de varilla de 4 pulgadas y flejes de 2 pulgadas.

Ilustración 64  
Modelado de Vigas

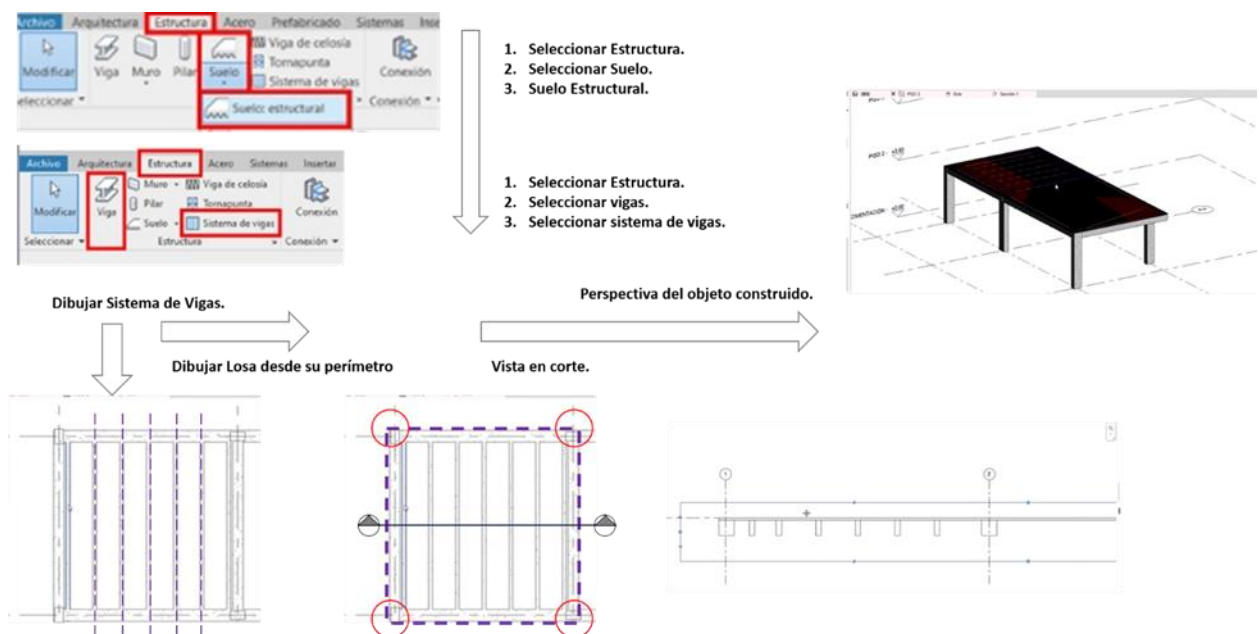


Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

### **Modelado de Vigas y de Losa**

Al dibujar las vigas y las columnas tenemos el soporte de la losa que diseñaremos, esta losa es una losa abovedada lo que quiere decir que esta soportada por viguetas y vigas principales, en el programa interfaz de Revit debemos escoger la opción estructura y enseguida la opción sistema de vigas, la cual trazaremos en todo nuestro perímetro construido como se muestra en la ilustración, enseguida seleccionaremos la opción estructura y seleccionaremos suelo estructural el cual nos permitirá diseñar una losa maciza en el perímetro antes seleccionado que y apoyado en estructura creada, este sistema de elementos lo podremos modificar sea en sus características o composición.

*Ilustración 65*  
*Modelado losa de entrepiso.*



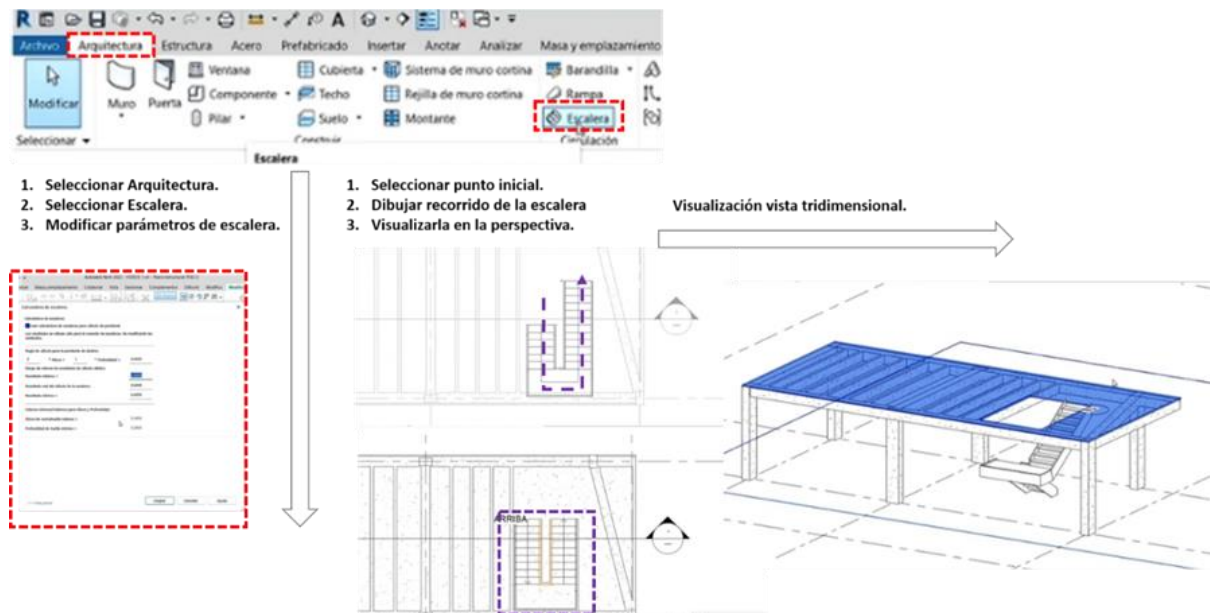
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

### **Modelado de Escaleras.**

Para modelar las escaleras es un requisito fundamental antes haber construido la losa de entrepiso, las vigas, las viguetas y las columnas, para iniciar este modelado en la interfaz de Revit

seleccionaremos la opción arquitectura y la opción escalera que de manera automática se generara un cuadro de dialogo donde modificaremos número de escalones, distancia de huella y contrahuella entre otros aspectos, al configurar estos parámetros tendremos seleccionar el tipo de tramo e indicaremos el punto inicial en planta de la escalera y conforme desplazemos el mouse el trayecto se podrá observar en la pantalla al darle clic se podrá cambiar de dirección e incluso dibujar un descanso así para asi escoger el mejor diseño, cuando hayamos dibujado la escalera daremos enter y se dibujara nuestra escalera que podremos apreciar en el modelo.

*Ilustración 66*  
*Modelado de escaleras.*



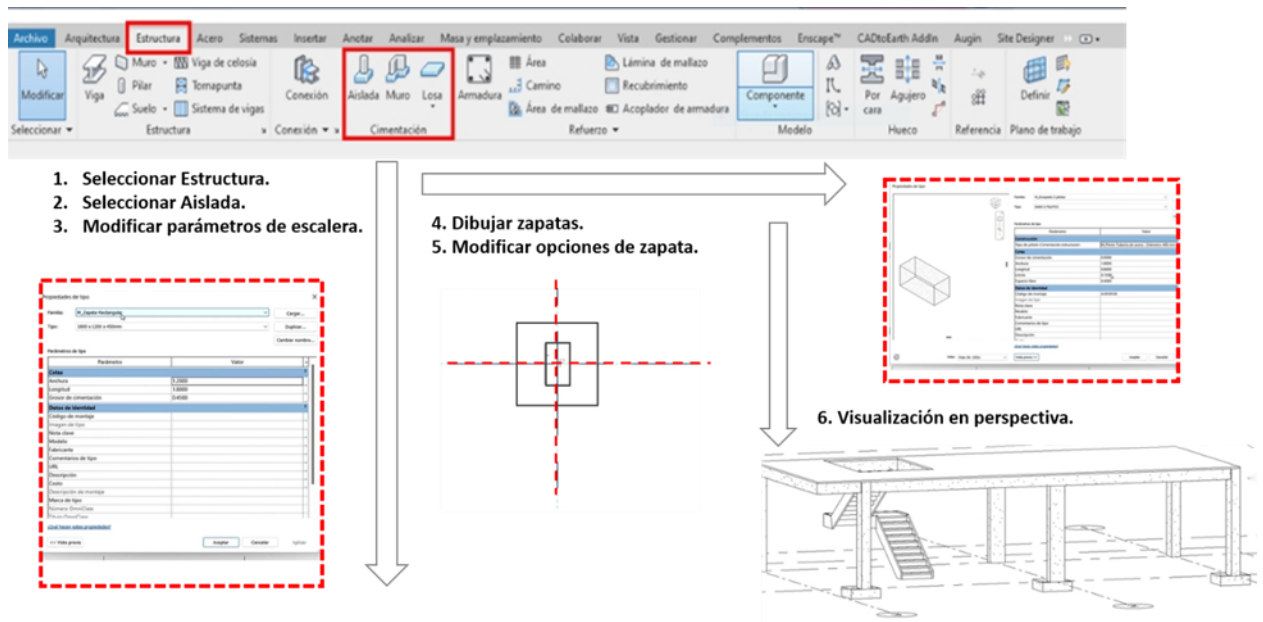
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023.Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

### ***Modelado de Cimentaciones***

La cimentación con la que cuenta el proyecto es una cimentación de zapatas aisladas por medio de una unión entre pilotes y vigas de cimentación, para su modelado en la interfaz de Revit debemos escoger la pestaña estructuras después la opción aislada al seleccionar esto podremos modificar estos parámetros de diseño y medidas que al darle aceptar en planta podremos marcar los puntos dando clic

para dibujar las zapatas, así pues, se deben marcar los puntos en cada sitio que se desee instalar una columna para así formar el entramado de cimentación según la planificación.

*Ilustración 67*  
*Modelado de cimentación.*

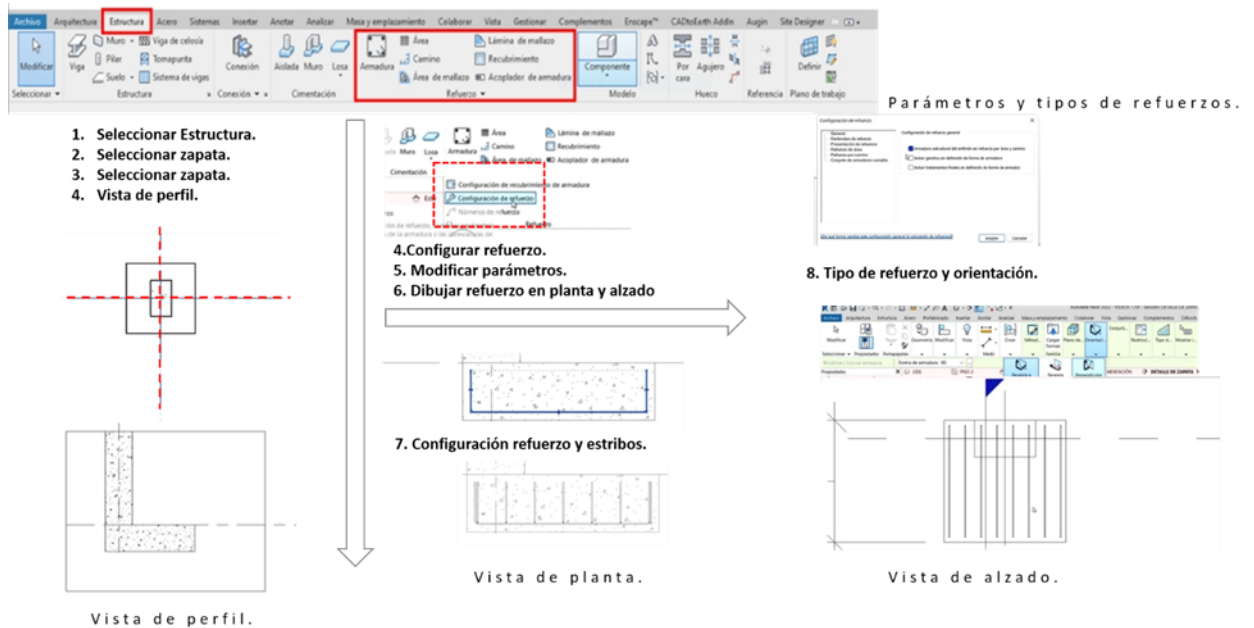


Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

### **Detalle de Refuerzo**

La cimentación cuenta con un refuerzo, esta misma armadura de refuerzo brinda solides y firmeza a la cimentación, para el modelado en el programa en la interfaz de Revit debemos escoger la opción estructura, enseguida la opción que dice armadura, para que después seleccionemos el objeto al cual reforzaremos nosotros, nos mostrara un cuadro de dialogo en el que podremos modificar distintos parámetros y daremos clic en configuración de refuerzo, acá la dibujaremos tanto en perfil como en planta modificando distintos parámetros que nos muestra la interfaz, entre los parámetros que podremos modificar esta la distancia entre refuerzos, tipo de refuerzo y grosor del mismo, una vez terminado esto se copiara a todas las zapatas existentes.

Ilustración 68  
Diseño de refuerzo estructural



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 1: Estructuras.

## Eje temático Dos : Arquitectura

### *Criterios Técnicos y Sostenibilidad Para el Modelado BIM Arquitectura*

Es necesario tener en cuenta lineamientos de diseño arquitectónicos enfocados a la sostenibilidad y el confort de las personas, dentro de estos criterios mínimos de sostenibilidad, encontramos: la asolación y su análisis, la ventilación natural y el tipo, y por último la eficiencia energética del proyecto, el buen manejo de estas características repercute directamente en la huella de carbono del edificio durante su funcionamiento (OpenBIM, 2023).

### *Vinculación de Nube de Puntos, Planimetrías y Configuración del Entorno de Trabajo*

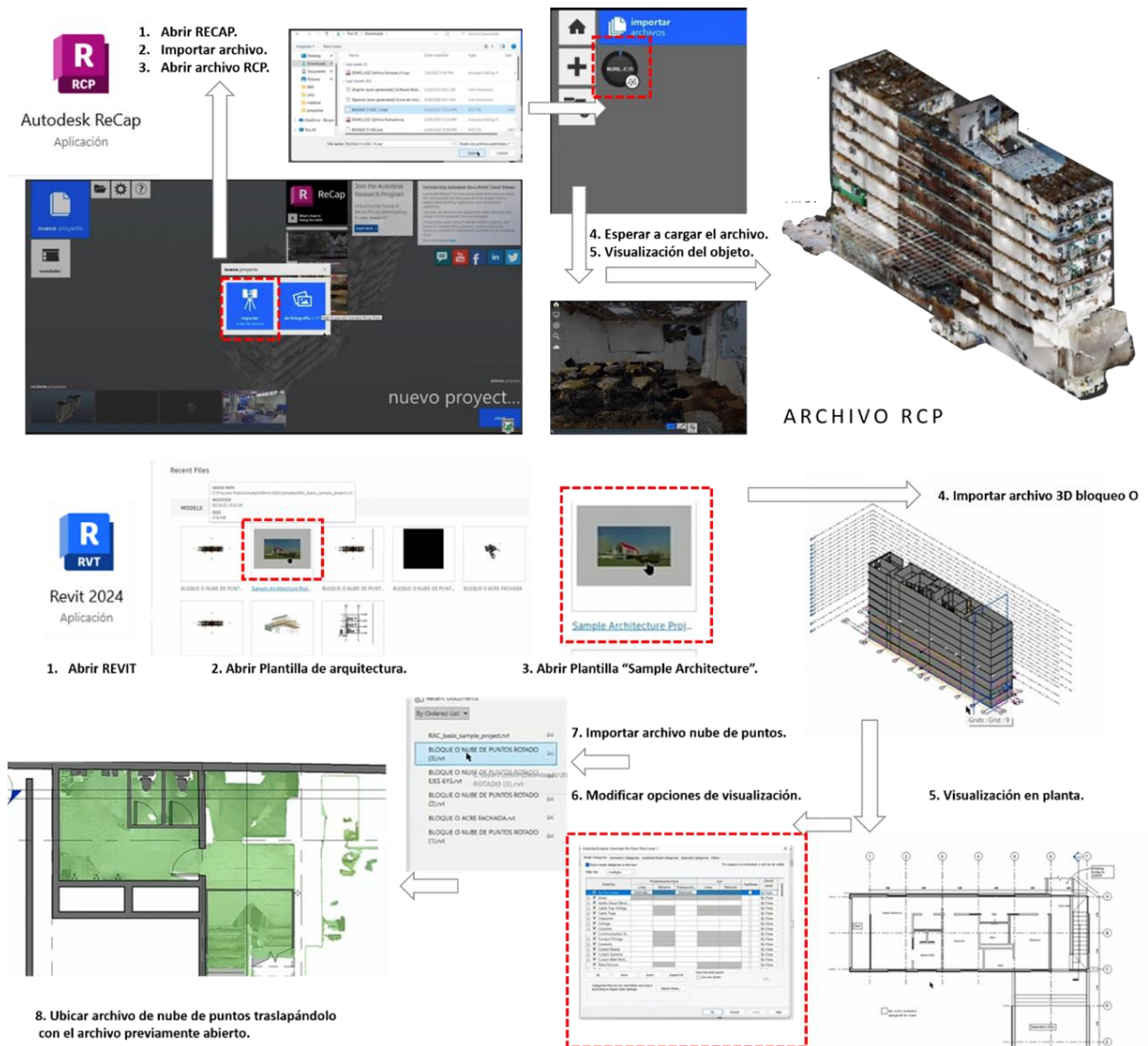
Es necesario tener los archivos bases para la realización de la vinculación, estos archivos que nos brindó el diplomado son: nube del Bloque O y archivos 2D, el proceso de vinculación es el mismo que el

que realizamos en el eje de estructura, lo primero que debemos hacer es abrir el programa RECAP, en el cual seleccionamos importar y abrimos el archivo "BLOQUE O UGC", esperamos a que cargue el archivo de puntos y visualizamos el edificio al que ajustaremos su visualización.

Al tener el archivo de la nube de puntos abierto en su interfaz debemos exportarlo a un archivo RCP legible para REVIT, ya en el programa REVIT al abrirlo escogemos una de las plantillas que por defecto están en el programa, esta plantilla es "*Sample Architecture*" o arquitectura en español, aquí daremos ala opción abrir e importar y escogeremos el archivo de puntos RCP que nos visualizara en REVIT el objeto tridimensional de puntos que traslaparemos al archivo del edificio Bloqueo O 2D.

Ilustración 69

Importar nube de puntos a Recap e importar archivo a Revit.



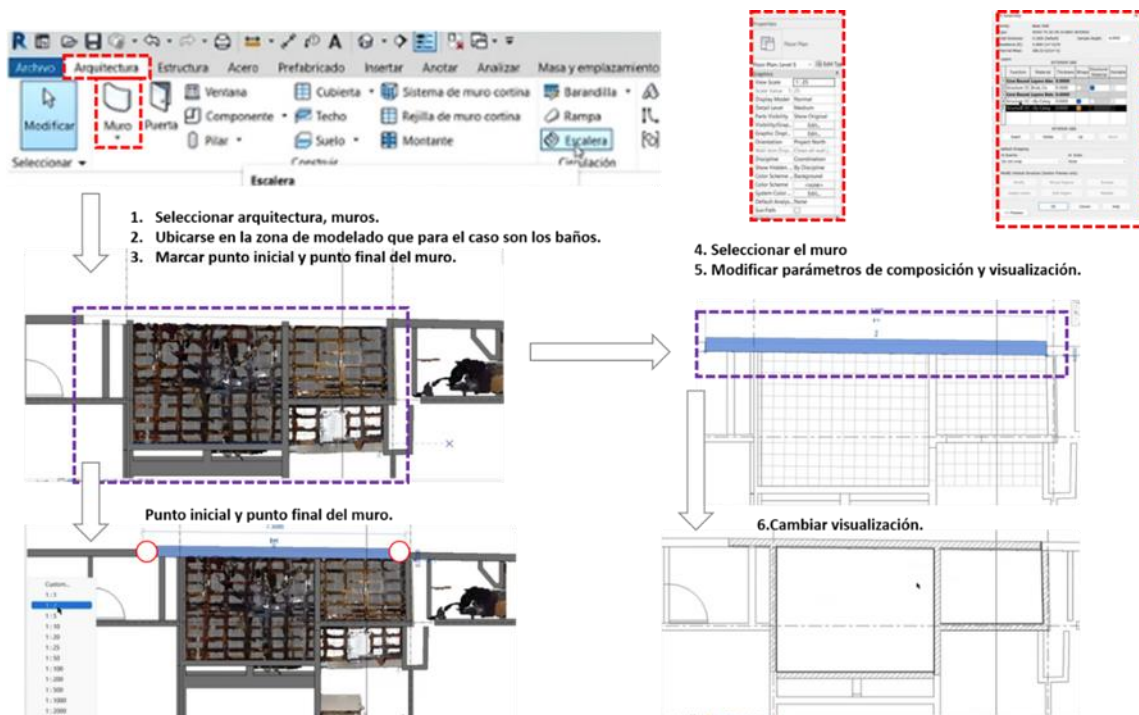
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 2: Arquitectura

### Modelado de Muros

Con el archivo RCP cargado y traslapado al archivo 2D de la edificación bloque O específicamente modelaremos los baños ya que posterior a su modelado este mismo espacio se utilizara para modelar las instalaciones sanitarias, iluminación y mecánicas, en la interfaz del programa REVIT utilizaremos en la pestaña de arquitectura la opción de muros enseguida marcaremos con un clic el punto inicial del muro y nos desplazaremos hasta el punto final y se generara nuestro muro, ya una vez

modelado lo seleccionaremos y abriremos el cuadro de dialogo de propiedades, donde modificaremos escala de visualización, la materialidad, recubrimientos, espesores entre otros y así terminaremos de modelar los muros.

*Ilustración 70*  
*Modelado de muros en Revit*



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 2: Arquitectura

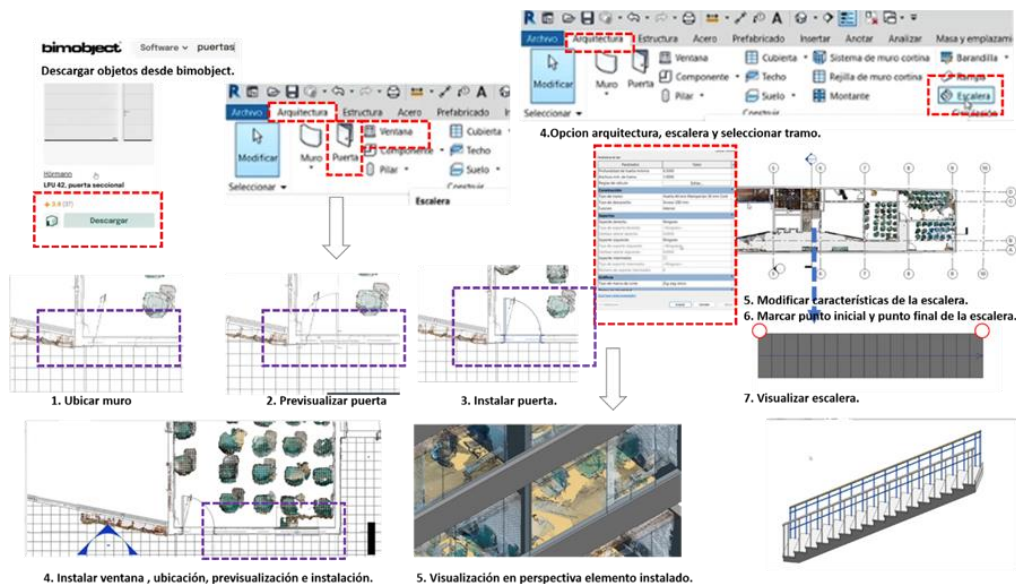
### **Modelado de Puertas, Ventanas y Escaleras**

Las puertas y las ventanas son objetos que podemos cargar de bibliotecas externas o del mismo programa con una gran variedad de diseños, si deseamos usar bibliotecas externas existen paginas especializadas como Bimobjects desde aquí podemos descargar un sinnúmero de objetos tridimensionales compatibles con la metodología BIM, archivos que descargaremos para utilizar en nuestro proyecto, en primer término en la interfaz de REVIT escogemos la pestaña de arquitectura y enseguida la opción puertas, por defecto se nos abrirá un cuadro de dialogo donde podremos modificar de sus características y modelo, así pues, enseguida nos ubicamos en planta en el lugar que deseamos

instalarla y al pasar el cursor por un muro se previsualizara en el mismo lugar la puerta al escoger su ubicación ideal con un clic la instalemos de manera definitiva en el lugar deseado, al ubicarla en planta está también se verá en el objeto tridimensional; Para el modelo de las ventanas es un procedimiento similar al de las puertas , lo único que cambia es la ruta ya que debemos escoger la pestaña de Arquitectura y la opción ventana.

Para el punto fijo tendremos que seleccionar la pestaña de estructura y la opción escalera para enseguida escoger la selección de tramo, de esta manera se nos abre un cuadro de dialogo para poder preestablecer ancho, dimensiones de huella y contrahuella, determinar si queremos descansos, los materiales y estructura de la misma, entre otros, ya al modificar estos aspectos pasamos nuestro cursor al lugar donde marcaremos el punto inicial del recorrido de nuestra escalera con un clic, conforme desplazamos este cursor se marcara de manera automática el recorrido y ya una vez trazada debemos darle doble clic para finalizar el recorrido.

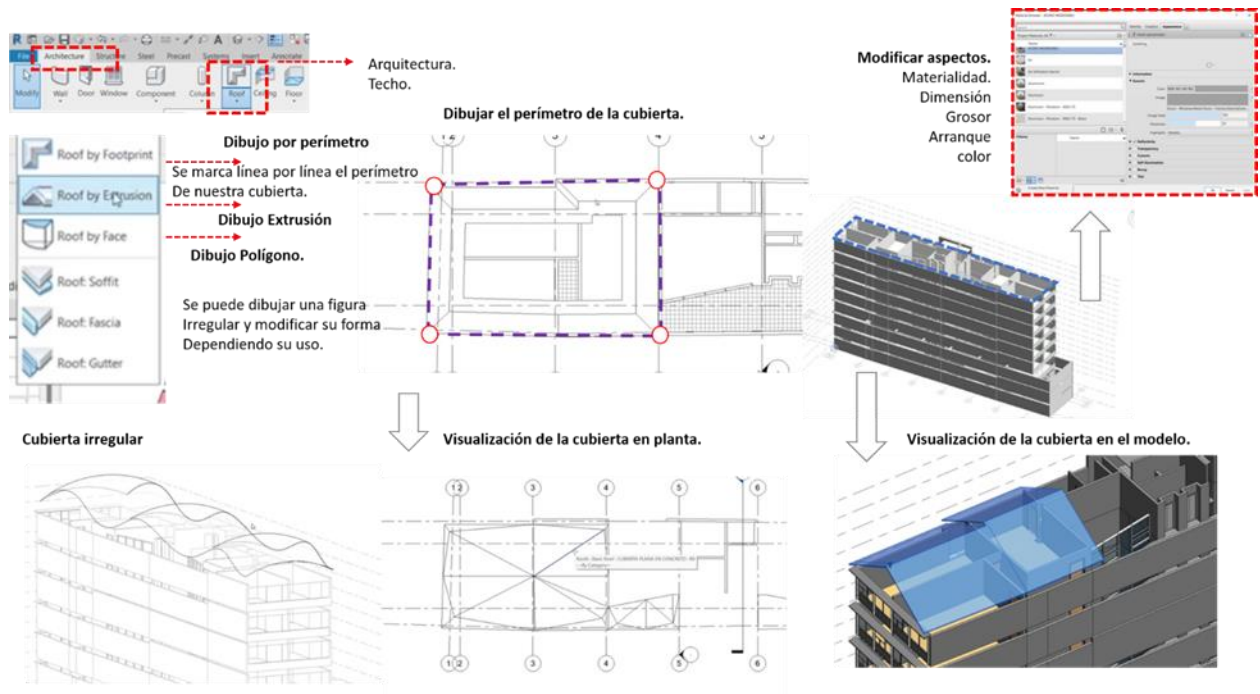
Ilustración 71  
Modelado puertas, ventanas y escaleras en Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 2: Arquitectura

**Modelado Cubiertas Acorde al Alcance LOD y LOI**

Existen varios tipos de cubiertas que observaremos en este ejercicio para el edificio del bloqueo O, cada uno con su conceptualización correspondiente, existen varios tipos de cubierta tanto por su forma como con su material, entre los materiales más comunes en el uso en las cubiertas encontramos el metal, las cubiertas con aislamiento, cubierta UPVC, cubierta de ACESCO y cubierta de fibrocemento, respecto al tipo de cubiertas existe una gran variedad las más conocidas son: cubierta plana, cubierta inclinada, cubierta a dos aguas, cubierta a cuatro aguas, cubierta abovedada; Para el diseño en el programa de modelado debemos en nuestro entorno de REVIT seleccionar la pestaña de arquitectura y la opción *roof* o cubierta aquí se desplegara nuestra lista de los distintos tipos de cubiertas, aquí en la primera opción debemos dibujar el perímetro que tendrá nuestra cubierta para que de manera automática se genere, aquí modificaremos pendiente, numero de aguas, material, capas, colores entre otros, la segunda opción cargara de manera automática la forma que escojamos en las selecciones de la opción una vez instalada la cuadraremos de la mejor manera, la ultima opción que nos ofrece el programa es de diseño libre , es decir, podremos dibujar cualquier tipo de perímetro no obligatoriamente ortogonal para que una vez trasado el programa genere la cubierta mas cercana al diseño que nosotros dibujemos.

*Ilustración 72**Proceso de modelado de cubiertas*

Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 2: Arquitectura

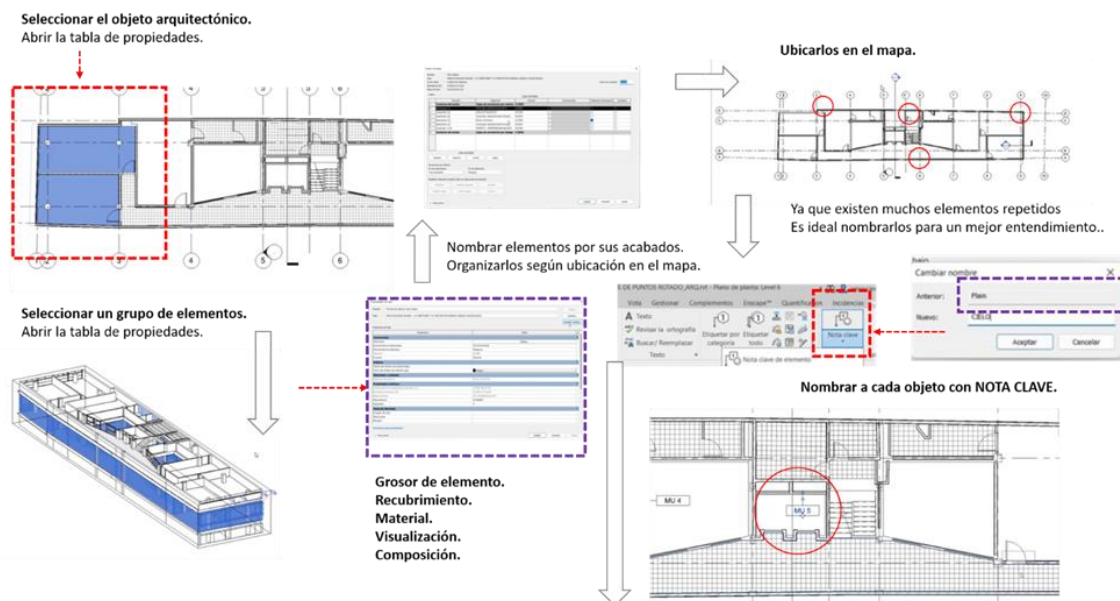
**Modelado de Acabados Arquitectónicos**

REVIT permite crear y modificar la información relacionada con los acabados arquitectónicos, para los elementos ubicados en los pisos, muros y techos podremos modificarlo simplemente seleccionándolo y oprimiendo en el teclado Ctrl + t o en su defecto abriendo propiedades del elemento en cuestión, para el caso estudio nos suministraron una lista de los elementos arquitectónicos identificados en el plano debidamente con su descripción del tipo de acabado necesario para ese elemento, esta identificación se puede ver tanto en el plano como con la información adicional o la leyenda del plano en cuestión, a continuación encontramos esa lista suministrada en el diplomado:

- cr1: cielo raso modular de 61 cm x 61 cm.
- cr2: cielo raso en drywall superficie lisa pro en 1/2".
- cr3: cielo raso en listón de madera de 1x4" sobre estructura metálica.

- mu1: muro en bloque macizo 7 cm + estucado + pintura vinílica.
- mu2: muro interior 20 cm ara + estucado + pintura vinílica.
- mu3: muro interior 25 cm ara + estucado + pintura vinílica 2 caras.
- mu4: muro interior 25 cm ara + estucado + pintura vinílica en 1 cara.
- mu5: muro interior en drywall 2x4 + estucado + pintura vinílica en 1 cara.
- pi1: piso en porcelanato de 60x60 cm color mate.
- pi2: piso en porcelanato de 60x60 cm color madera.
- pi3: piso en porcelanato de 60x60 cm color negro.
- pi4: piso en porcelanato brillante de 60x60 cm.
- pi5: piso en cerámica tipo 1.
- pi6: piso en mármol.
- pi7: piso en vinilo.

Ilustración 73  
Modelado de acabados en Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 2: Arquitectura



### ***Vinculación de la Nube de Puntos, Planimetría y Configuración del Entorno de Trabajo***

Para el caso estudio del bloqueo O ya contábamos con los archivos para realizar la vinculación, contábamos con los archivos 2D de cada disciplina y el archivo de nube de puntos RCP así que, una vez abierto REVIT debemos importar dos archivos uno el archivo de las planimetrías 2D de las disciplinas MEP que vayamos a trabajar y enseguida el archivo RCP que será el mismo para todos una vez en REVIT trabajaremos sobre estos dos archivos, nosotros contamos con tres archivos planimétricos 2D que nos servirán de plantilla para trabajar sobre estos mismos, estos archivos son:

- BLOQUE O PROYECTO SANITARIO.
- BLOQUE O PROYECTO ENERGETICO.
- BLOQUE O PROYECTO MEP.

### ***Modelado de Redes de Fontanería o Suministro***

Para el trabajo desarrollado se modelaron las redes hidráulicas de los baños del edificio del bloqueo O, este diseño y modelado específicamente se rigió bajo los parámetros de la NTC 1500 la cual trata de instalaciones hidrosanitarias y plantea lineamientos de diseño y ubicación, en este capítulo propiamente las actividades a diseñar se describen a continuación:

#### *Ilustración 75*

*Componentes redes de modelado redes de fontanería y suministro*



Tomado de: Elaboración propia.

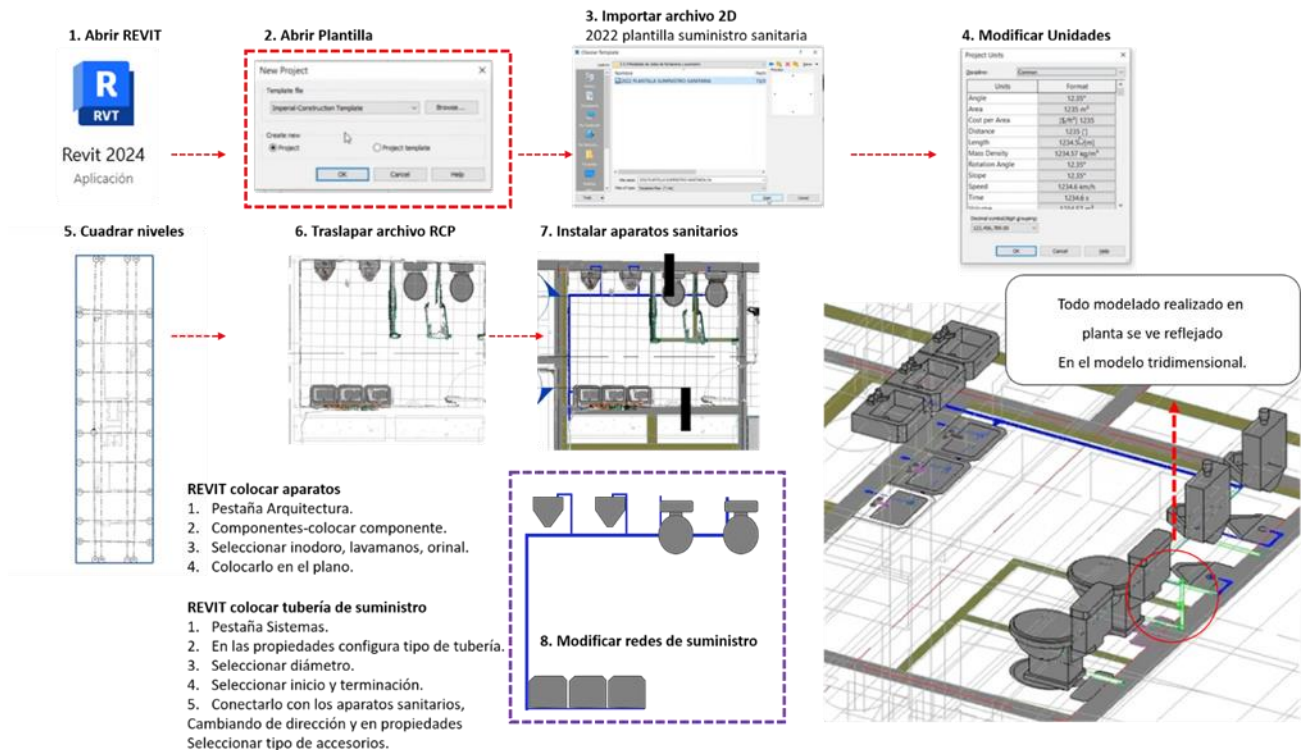
Lo primero que debemos hacer es ingresar en el programa REVIT, debemos escoger una de las plantillas y darle inicio, lo segundo es importar el archivo 2D de instalaciones hidrosanitarias, en la

pantalla podremos observar ese trazado que como configuración inicial cambiaremos las unidades a metros para así ver un plano hidrosanitario en planta, ubicaremos este trazado para que coincida en nuestro archivo RCP de la nube de puntos y nos ubicaremos específicamente en la zona de los baños sitio al que nosotros vamos a modelar, lo primero que instalaremos son los lavamanos, orinales y sanitarios el proceso del modelado es:

1. Inicio de modelado.
2. Elección de Plantilla.
3. Configuración de unidades.
4. Vincular proyectos en formatos Rcp, Dwg y Rvt.
5. Copiar y traslapar.
6. Configurar niveles del proyecto.
7. Instalación de aparatos sanitarios.
8. Modelar tuberías y accesorios.
9. Fin del modelado.

## Ilustración 76

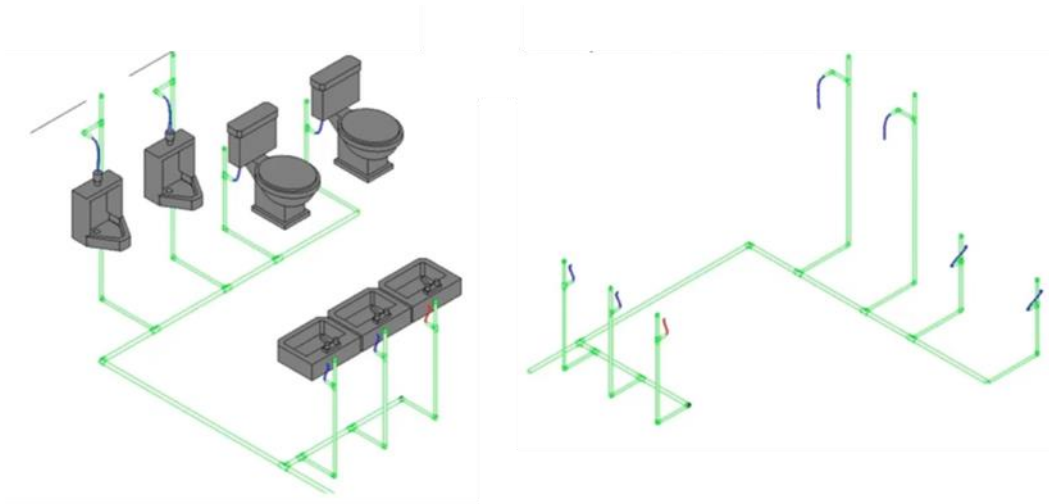
Modelado de redes de fontanería y suministro en Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

En REVIT para instalar los aparatos sanitarios debemos seleccionar la pestaña de Arquitectura enseguida la opción componentes y colocar un componente, en la barra de propiedades escogemos o el lavamanos, el inodoro o el orinal, también podremos cargar otros modelos de aparatos importándolos en una librería externa de datos, cuando se haya escogido el objeto colocamos en el plano su ubicación dándole clic; Una vez instalados los aparatos para la tubería de suministro iremos a la opción sistemas y enseguida la opción de tuberías, aquí configuramos el diámetro y el material de las mismas tuberías junto con los accesorios que serán cargados de manera automática mientras trazamos la tubería, debemos marcar el inicio y final de la tubería donde exista un cambio de dirección lo estableceremos en el programa, una vez trazado en planta iremos a un alzado para realizar el trazado vertical.

*Ilustración 77*  
*Redes de fontanería y suministro isometría.*



**Aparatos sanitarios Bloque O.**

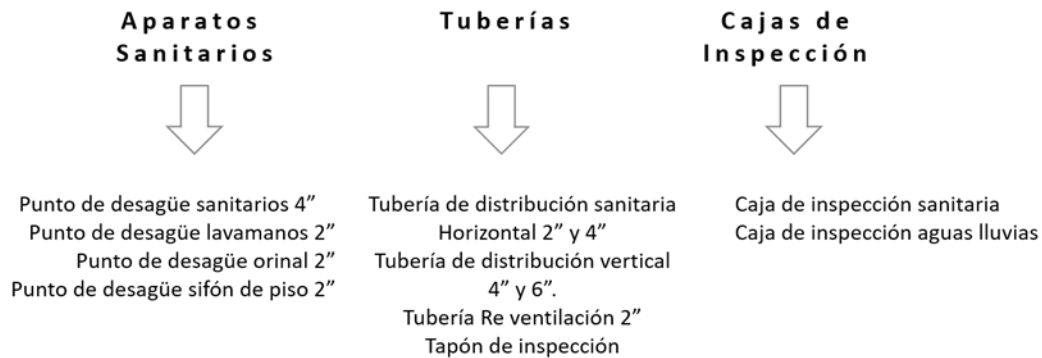
**Redes de Suministro bloque O baños.**

Tomado de: La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

### ***Modelado de Redes Sanitarias, de Saneamiento y Aguas Lluvias***

Estas redes son las encargadas de conducir las aguas residuales y de aguas lluvias a los desagües que se encuentren en la edificación, los elementos principales que la componen son la caja de inspección y tuberías de 4" de orden vertical y horizontal con sus respectivos accesorios, para este apartado encontramos ya instalados los aparatos sanitarios lo que modelaremos son las tuberías y las cajas de inspección.

*Ilustración 78*  
*Componentes redes sanitarias y de saneamiento.*



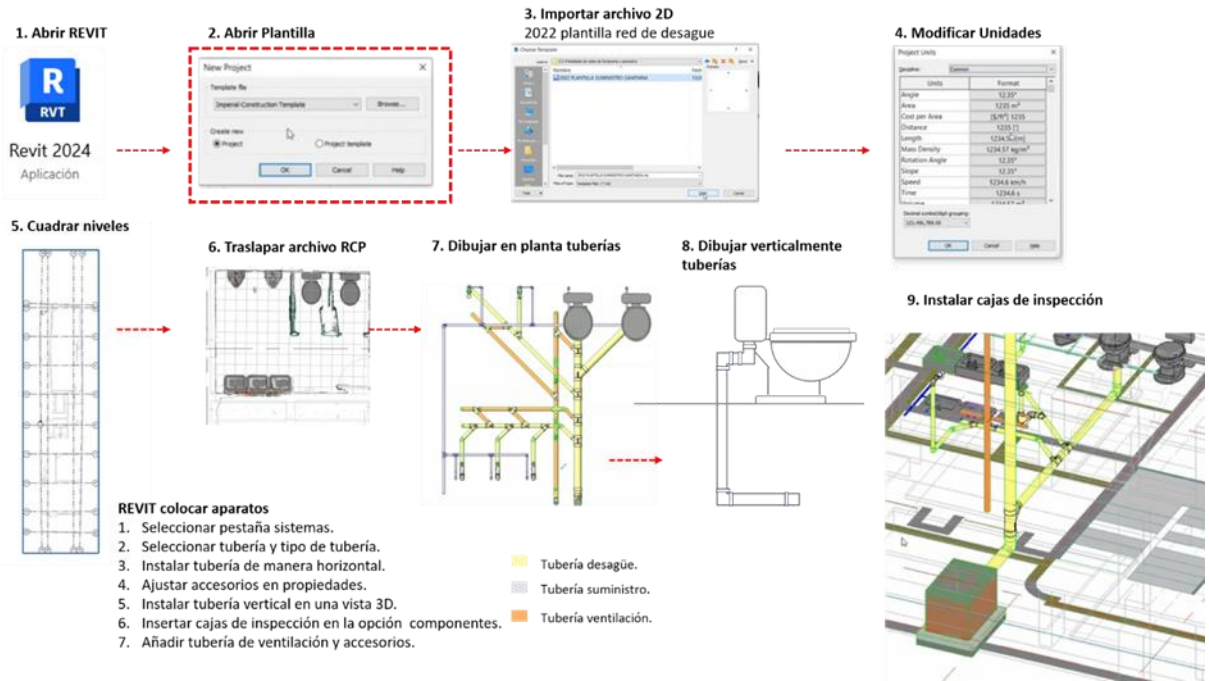
Tomado de: Elaboración propia.

Lo primero que debemos hacer es importar el archivo 2D desde AutoCAD donde se encuentra el modelado de las redes de desagüe de los baños del bloque O, una vez importado debemos traslapar el archivo sobre el modelo tridimensional que hemos venido desarrollando, una vez ubicados procedemos a iniciar el diseño con el siguiente protocolo de trabajo y componentes que debemos de instalar:

1. Inicio de modelado.
2. Elección de Plantilla.
3. Configuración de unidades.
4. Vincular proyectos en formatos Rcp, Dwg y Rvt.
5. Copiar y traslapar.
6. Configurar niveles del proyecto.
7. Modelar tubería de desagüe agua lluvias y accesorios.
8. Fin del modelado.

## Ilustración 79

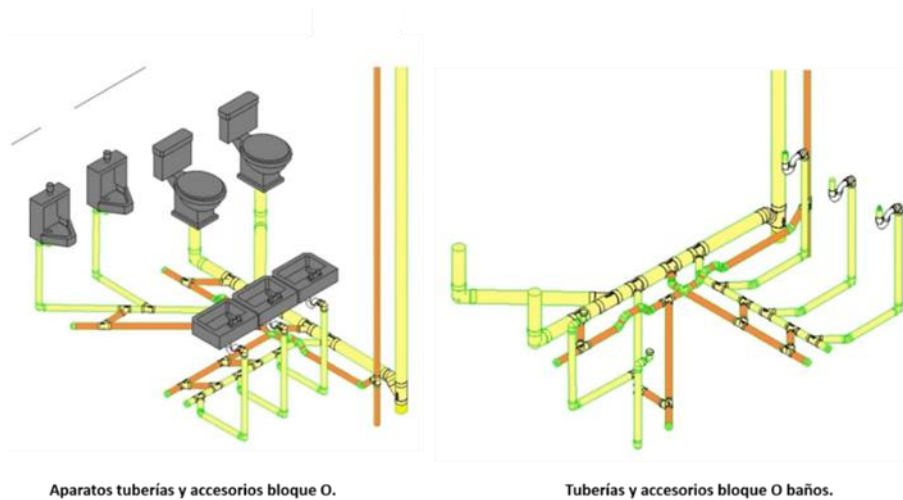
Modelado redes sanitarias, fontanería y aguas lluvias en Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

En REVIT debemos ir a la pestaña de sistemas y en la opción *manage* ajustar las unidades de medida del diseño, posteriormente seleccionamos tubería y elegimos el tipo de tubería a utilizar que para este caso es tubería sanitaria, de ventilación y aguas lluvias sea el caso, empezamos trazando la tubería en planta marcando el punto inicial con un clic y con el mouse marcando su recorrido el programa conforme tracemos la tubería instalara los accesorios de manera automática y al terminar pasamos a una vista tridimensional y ajustamos la tubería vertical con sus accesorios, ya trazada las tuberías en componentes escogemos las cajas de inspección y las instalamos en planta para posteriormente cuadrar su ubicación.

*Ilustración 80*  
Redes sanitarias, saneamiento y aguas lluvias isometría.

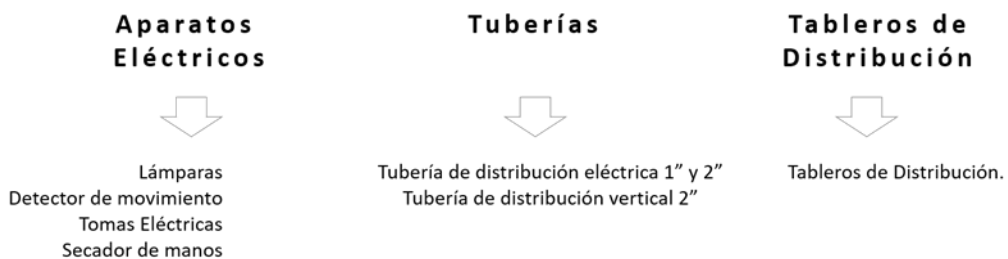


Tomado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

**Modelado de Redes Eléctricas, Iluminación y Potencia**

El modelado de las redes eléctricas para el edificio del bloque O, contara con tableros de distribución, tuberías eléctricas, circuitos de iluminación, tomacorrientes e interruptores, puntos de luz, tomas con protección de agua, secador de manos y el trazado de los circuitos eléctricos, a continuación, podemos ver el listado de aparatos y conexiones necesarias para el desarrollo del ejercicio.

*Ilustración 81*  
Componentes instalaciones eléctricas.



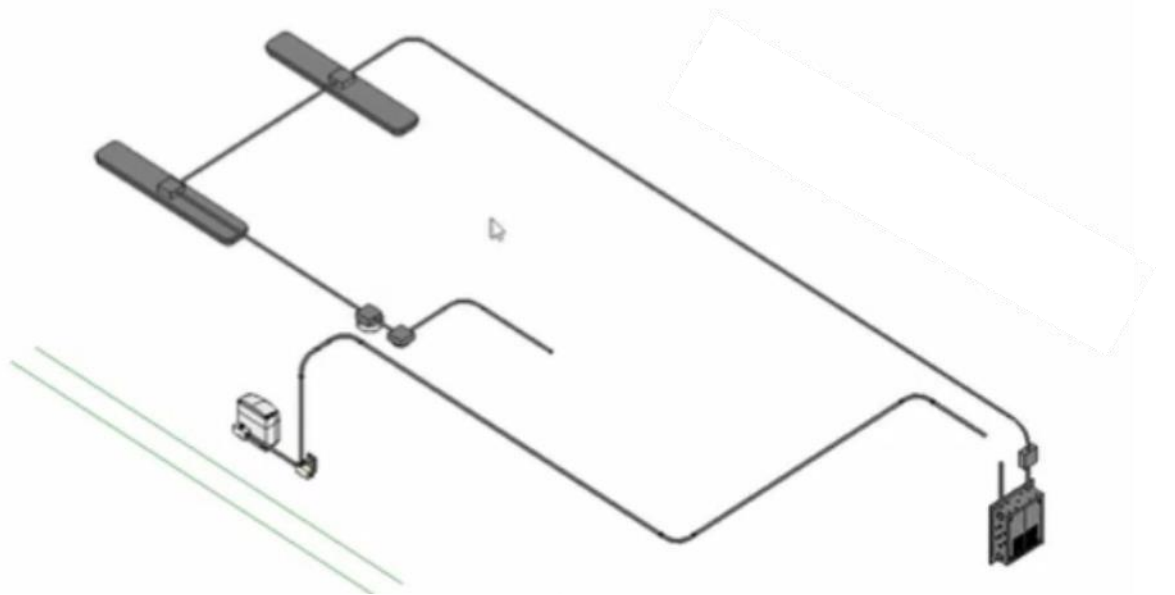
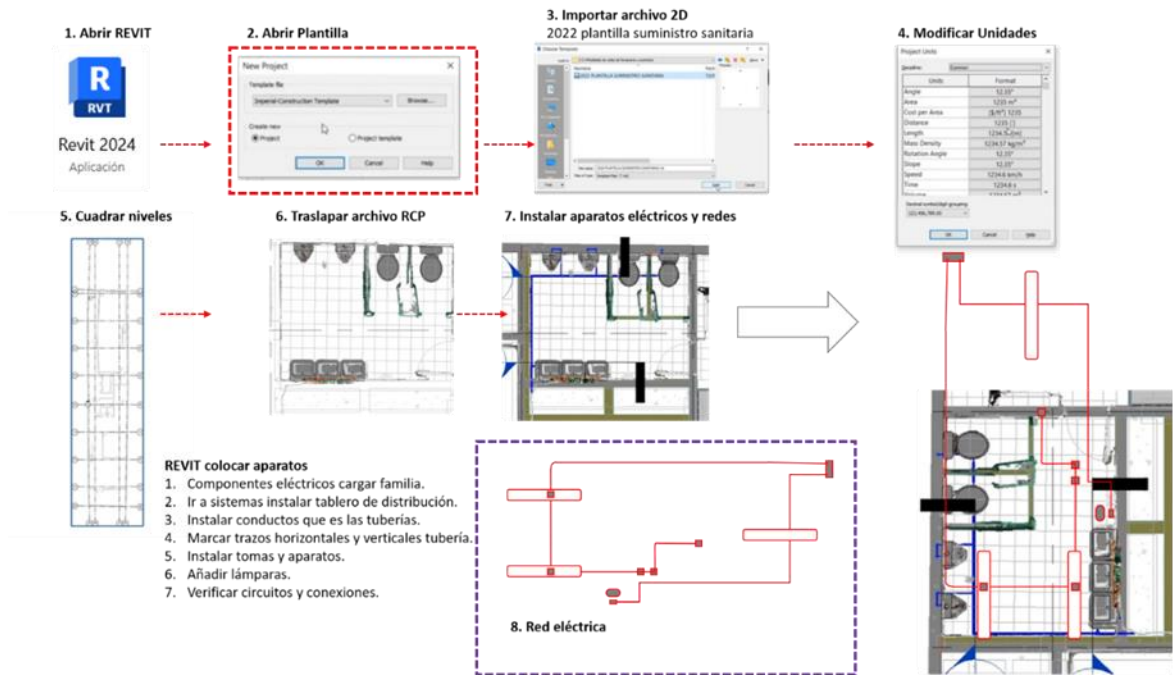
Tomado de: Elaboración propia.

Para este modelado en REVIT debemos escoger la opción sistemas enseguida cargar las familias de objetos que insertaremos aquí, lo primero que haremos es instalar los tableros de distribución,

tomacorrientes, tableros, secador y demás componentes que utilizaremos después, inicialmente iniciaremos el trazado en la opción equipamientos eléctricos donde instalaremos el tablero de distribución en la zona deseada con un clic, enseguida en sistemas elegimos los conductos para marcar la tubería de conducción eléctrica marcando su recorrido punto a punto en planta posterior a eso marcaremos el recorrido de manera vertical y lo observaremos en una vista tridimensional, el programa de manera automática establece los accesorios necesarios una vez marquemos los recorridos y por último en la opción sistema eléctrico y componentes eléctricos donde escogemos cada aparato y lo instalamos en su lugar en planta, al final de trazar el sistema eléctrico damos a la opción verificar sistemas donde si hay algún error en el sistema el programa no lo mostrara.

1. Inicio de modelado.
2. Elección de Plantilla.
3. Configuración de unidades.
4. Vincular proyectos en formatos Rcp, Dwg y Rvt.
5. Copiar y traslapar.
6. Configurar niveles del proyecto.
7. Aparatos eléctricos y de distribución.
8. Instalar tuberías y accesorios.
9. Fin del modelado.

Ilustración 82  
Modelado redes eléctricas, de iluminación y de potencia en Revit .

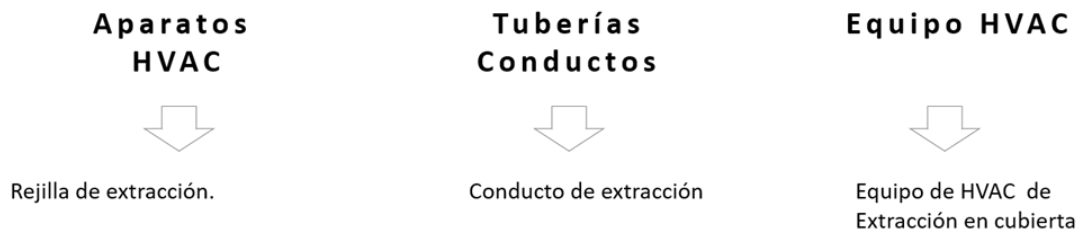


Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

### **Modelado de Redes Mecánicas HVAC**

Este tipo de instalaciones en el bloque O hacen referencia a los sistemas de extracción, ductos y rejillas de ventilación que se ubican en el baño, sistemas que normalmente utilizan energía eléctrica por lo cual su uso y diseño aumentarían el impacto ambiental de la edificación es aquí donde el diseño que pretenda minimizar de la energía necesaria para el funcionamiento repercutirá directamente en su impacto, para el ejercicio encontramos que los componentes de este apartado son:

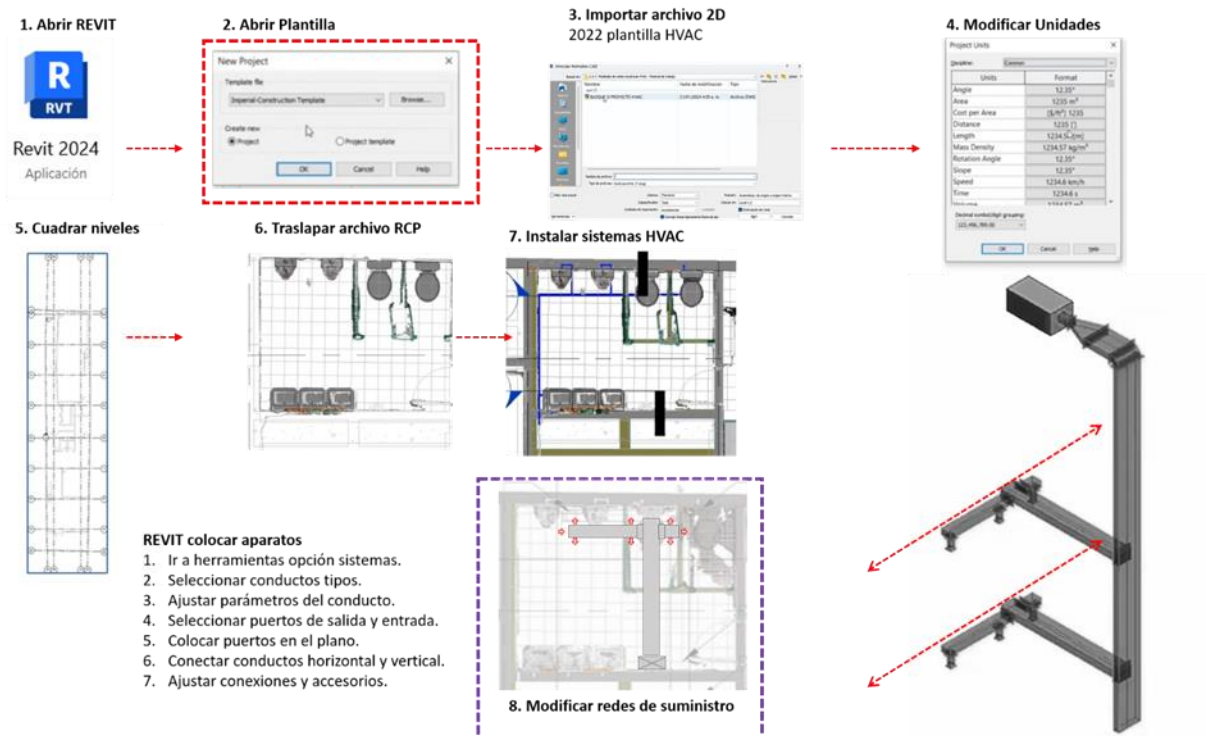
*Ilustración 83*  
*Componentes de las redes mecánicas.*



Tomado de: Elaboración propia.

En la interfaz de REVIT debemos ir a la pestaña sistemas, dentro de las opciones de esta pestaña escogemos la herramienta MEP, debemos escoger el tipo de conducto y la forma según sea el caso como rectangular, redondo u ovalado, antes de trazar este recorrido instalamos los puestos de entrada y de salida, cada uno de estos puertos los instalamos en el plano que son los puntos de extracción, después procedemos a marcar los ductos de manera horizontal en su inicio y su final para así utilizar las vistas tridimensionales para definir sus conexiones y recorridos verticales enrutando estos ductos y conectándolos, para la instalación de accesorios usamos la opción Auto-Route que nos brinda una herramienta automática de instalación de los accesorios necesarios en su recorrido.

Ilustración 84  
Modelado redes mecánicas en Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 3: Modelado de edificación, Eje temático 3: Instalaciones MEP.

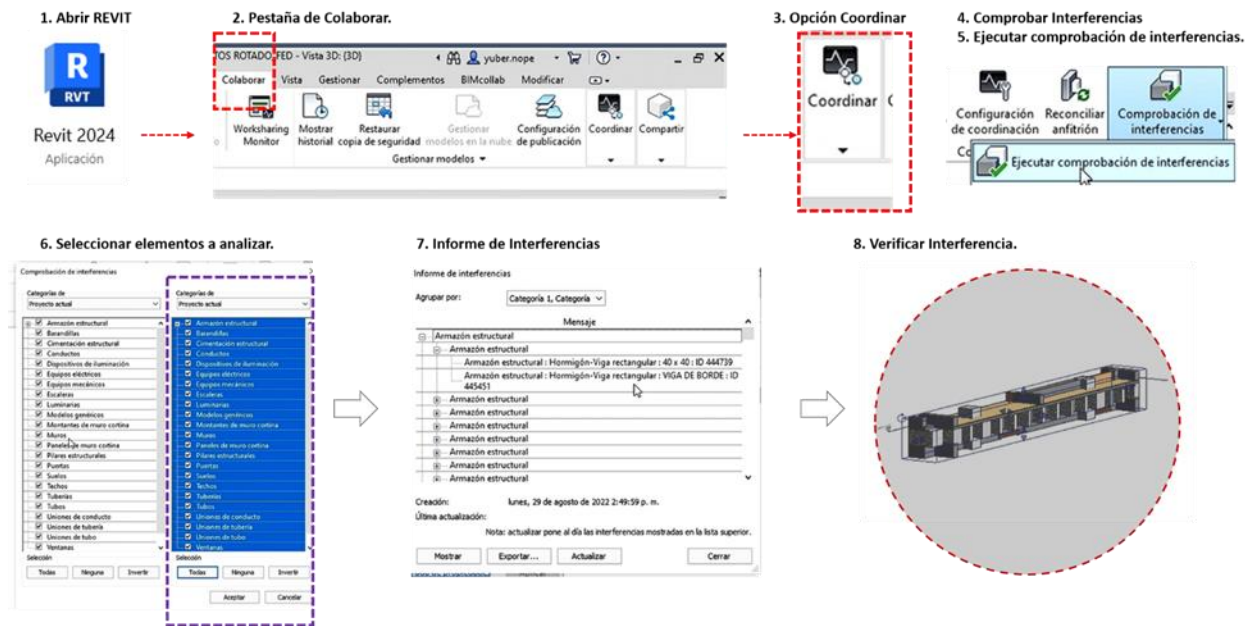
## **Modulo Cuatro: Coordinación de Especialidades, Documentación y Tiempos**

### **Eje temático Uno : Análisis de Interferencias e Inconsistencias**

La falta de coordinación entre especialidades pueden repercutir directamente en el proyecto, esto se puede ver reflejado en la interferencia de diseños entre las tuberías de desagüe o suministro y los ductos de ventilación por ejemplo, este simple problema puede repercutir en reprocesos y sobrecostos en el proyecto (Herrera, 2020), es por eso que se debe coordinar cualquier error o interferencia del proyecto para este problema en particular existen programas y pluggins especializados en este tipo de detecciones; Es el caso de Clash Detective este software hace parte de Navisworks, especializado en la detección de conflictos en los modelos tridimensionales en cualquiera de sus disciplinas, esta revisión se puede realizar de manera progresiva en cada diseño o en el final del proyecto, estos informes que genera este programa se exportan en archivos en Excel y Html, los tipos de conflictos que reconoce el programa son: la interferencia como un choque entre dos elementos con tolerancias mínimas de 5 centímetros y declara las inconsistencias como falta de consistencia i coherencia con la información que se este entregando.

### ***Análisis de Interferencias e Inconsistencias BIM***

En REVIT existe también una herramienta para analizar las interferencias que existan en el proyecto para esto debemos ir a la pestaña colaborar, la opción coordinar y por ultimo comprobación de interferencias así de manera automática se despliega una lista seleccionable donde escogemos los parámetros que se tendrán presentes en la búsqueda para enseguida darle aceptar y este generara una lista de las inconsistencias encontradas que nos ubicaran una a una específicamente dándole clic sobre ella.

*Ilustración 85**Análisis de interferencias en Revit.*

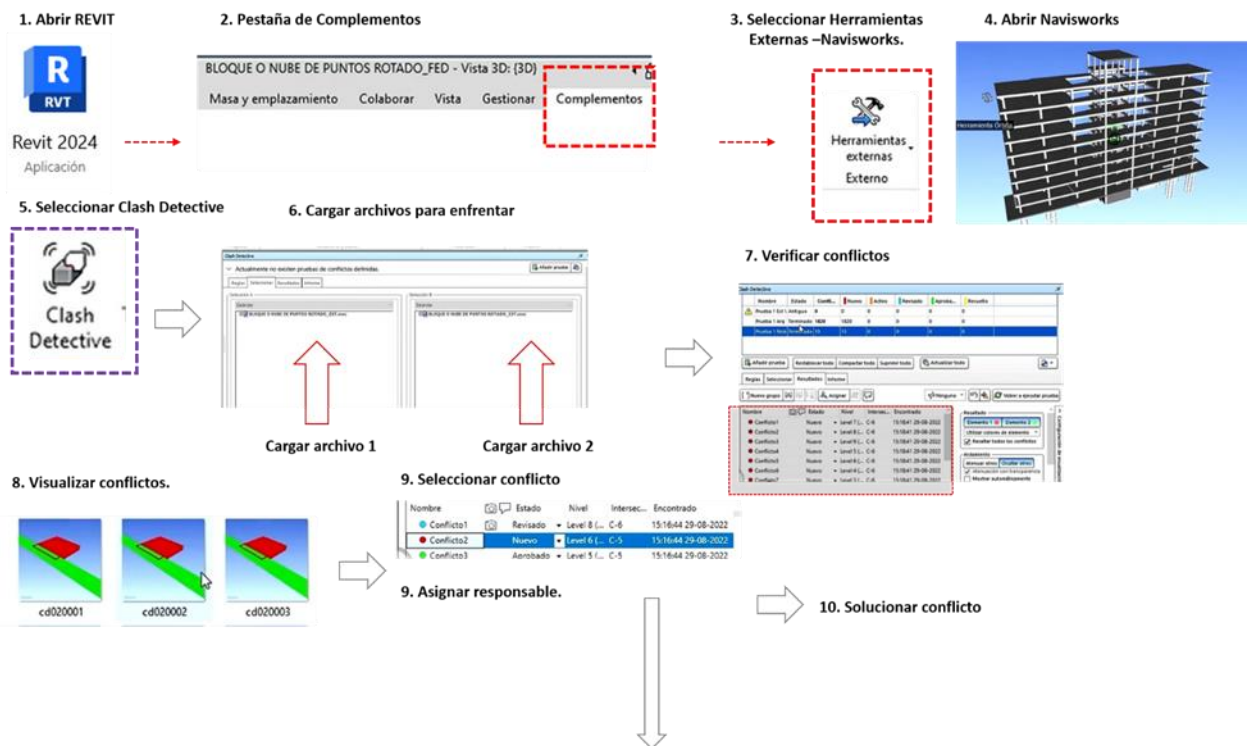
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 1: Análisis de interferencias e inconsistencias.

Otra de las opciones que podemos utilizar desde REVIT es Naviswork que desde el programa debemos escoger la pestaña complementos y enseguida herramientas externas encontrando aquí Naviswork, de manera automática visualizaremos el objeto tridimensional desde NAVISWORK y en una de sus opciones podemos ver la opción Clash Detective que al seleccionarla nos arrojará una ventana en donde en la parte de sección podemos agregar archivos para que Clash Detective los analice, al cargar estos archivos el programa nos arrojará la lista de conflictos encontrados, uno a uno podremos seleccionarlos y en el recuadro los veremos graficados en su ubicación exacta, es de aclarar que para esta comprobación de conflictos será necesario enfrentar dos especialidades; Una vez generados estos conflictos uno a uno podremos asignarlos al profesional encargado para así solucionarlos, el protocolo de trabajo son:

1. Abrir REVIT, pestaña de complementos.
2. Seleccionar herramientas externas y Navisworks.
3. Abrir Navisworks.

4. Seleccionar Clash Detective.
5. Añadir modelos para comprobar interferencias.
6. Generar informe.
7. Visualizar conflictos encontrados.
8. Asignar responsable para revision.
9. Solucionar conflicto.

Ilustración 86  
Navisworks análisis de interferencias con Clash detective



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 1: Análisis de interferencias e inconsistencias.

### Eje temático Dos : Creación de Informes de Coordinación

#### Informes

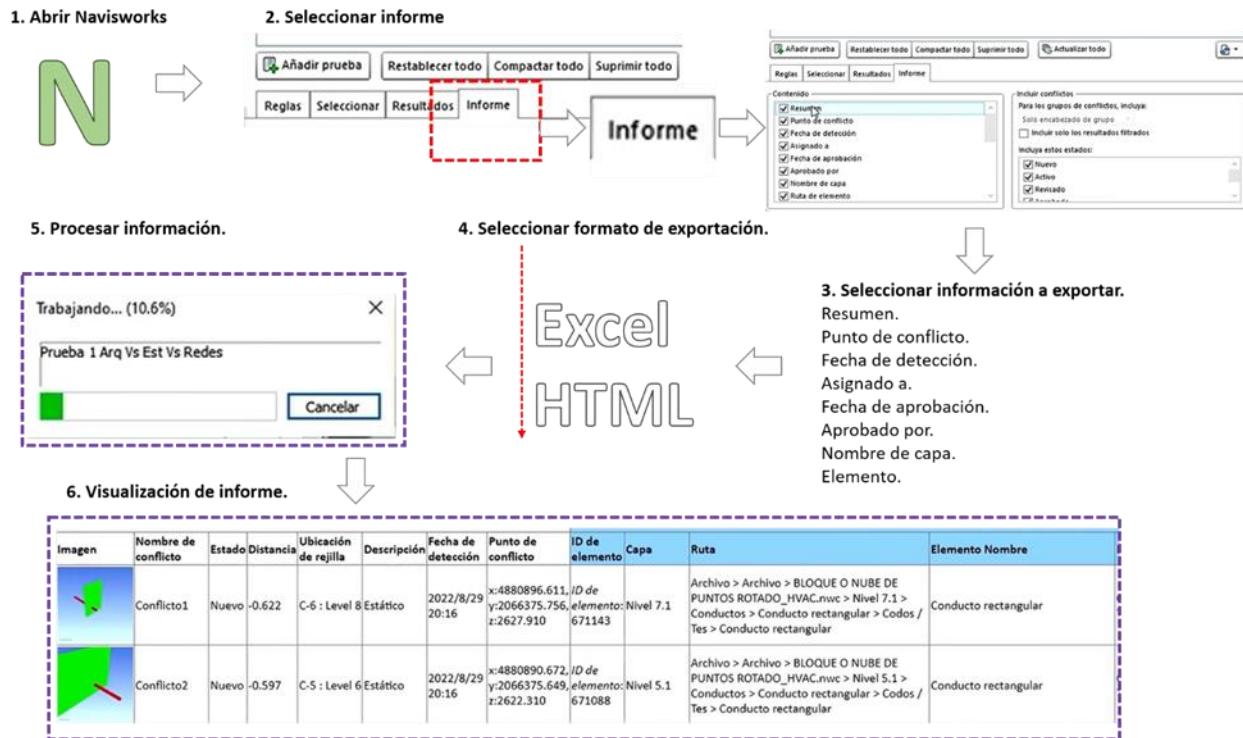
Estos informes de coordinación son emitidos por el software Navisworks y tienen el objetivo de identificar y solucionar cualquier interferencia en el proyecto antes de su ejecución, en el apartado

anterior revisamos como desde la opción Clash detective de la aplicación se puede verificar estas interferencias, una vez reconocidas de pueden exportar informes para analizarlos o documentarlos sea este el caso, antes de exportarlos debemos seleccionar el tipo de visualización de estos mismos, es decir, ubicación, naturaleza, identificación, asignación etc.... que características tendrán los informes que vayamos a generar, estos documentos se pueden presentar de manera individual o grupal, los archivos exportados se trabajaran en formatos de Excel y Html.

Los puntos de vista de los conflictos son las vistas tridimensionales que nos ubican en estos errores por lo cual cuando se exporten estos archivos se deben tener en cuenta las imágenes que nos presentaran los informes, cada conflicto tendrá un numero único de identificación tanto en Navisworks como en REVIT, antes de exportar estos archivos en Clash Detective podemos seleccionar que información se va a visualizar en los informes que entre otra información veremos:

- Resumen.
- Punto de conflicto.
- Fecha de detección.
- Asignaciones.
- Fecha de aprobación.
- Aprobado por.
- Nombre de capa.
- Nombre del elemento.

Ilustración 87  
Informe de interferencias desde Navisworks.



Tomado de: Elaboración propia.

### Eje temático Tres : Abstracción y Gestión de Cantidades

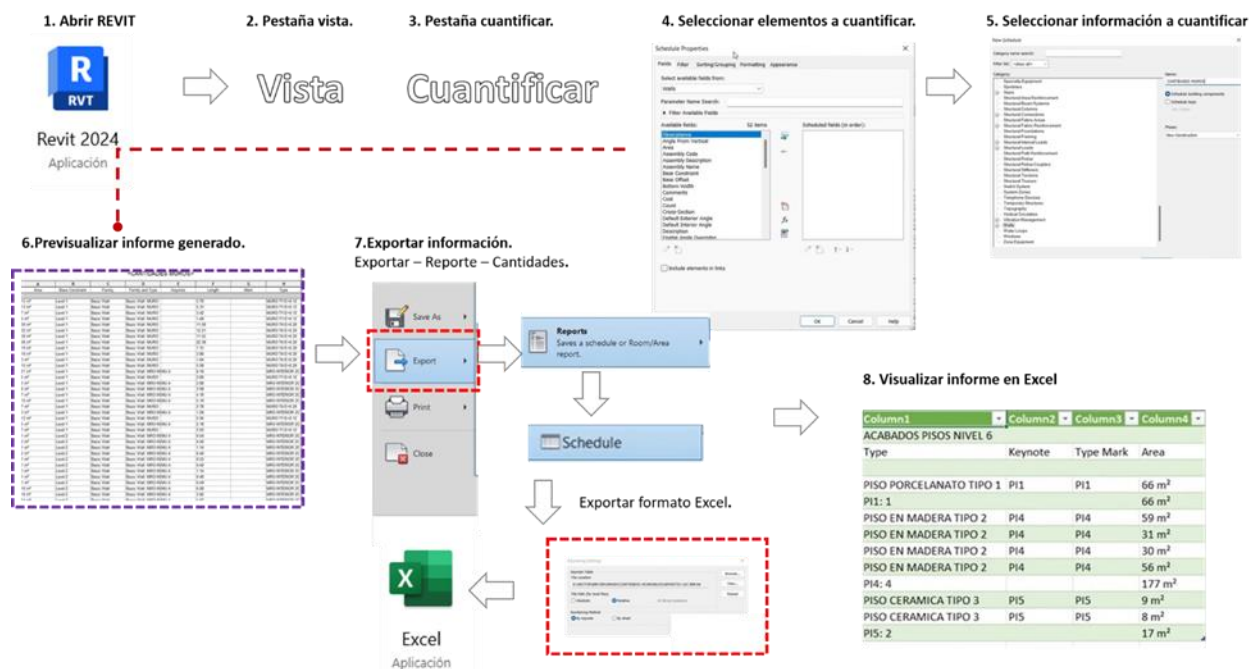
#### Abstracción y Gestión de Cantidades

Una de las ventajas de REVIT es que el programa permite generar un modelo federado que permite extraer información medible como cantidades, dimensiones, materiales, colores etc... para realizar este proceso necesitamos ir a la interfaz del programa y seleccionar la opción vista después la opción de cuadro de cantidades que al escogerlo se nos desplegara una ventana donde podremos escoger las diferentes categorías de los elementos que queremos cuantificar, y dentro de esta misma opción medimos los parámetros de medida como longitud, área, volumen y costo una vez configurado REVIT nos generara el cuadro de cantidades en una vista tipo tabla donde se podrá procesar esta información generada.

Una vez generados los reportes correspondientes podremos exportar esta información para eso debemos ir a la opción archivo enseguida a la opción exportar , exportar reporte y por ultimo cantidades, posterior a eso se generara un archivo HTML o un archivo Excel donde verificaremos esa información generada que después se utilizara para la construcción del presupuesto de nuestro proyecto de ahí radica su importancia, es importante que cada elemento este minuciosamente construido e identificado para que no sea inconsistente al momento de utilizar estos datos.

### Ilustración 88

Cuadro de cantidades en Revit.



Tomado de: Elaboración propia.

## Eje temático Cuatro : Creación de Planimetrías y Documentación

### Configuración de Planimetrías y Documentación

Esta documentación y planimetría en BIM se utiliza en todo el proceso de desarrollo del proyecto debido a que está presente en casi cada etapa del PEB (plan de ejecución), esta documentación presentada en el PEB debe incluir entre otras cosas: Roles, procesos, comunicación,

objetivos y usos BIM, estrategias y planificación y oportunidades, en este plan debe ir acompañado por documentación soporte y en gran medida de esto se presenta la planimetría para este fin.

### ***Manuales de Procedimiento***

Ya que el proceso BIM está dividido en diferentes procesos estos mismos se organizan de manera detallada, sistemática y completa, cada proceso debe ir respaldado con información ilustrativa y documental que sirva de apoyo en la realización de cada proceso.

### ***Niveles de Información BIM y Nomenclatura de archivos***

Estos niveles son los que se presentan en el proyecto de acuerdo a su fase de desarrollo, estos fueron presentados de manera predeterminada estableciendo 4 niveles en total, que van desde el modelo general bidimensional hasta los modelos tridimensionales separados por categorías hasta el modelo de desarrollo cercano al As built; Para la organización en la estructura de trabajo se predefinieron nomenclaturas para la organización de los archivos creados, de esta forma cada avance y tipo de documento es archivado de manera organizada en la figura 88 observamos la nomenclatura utilizada en el proyecto presentado para documentos no gráficos y documentos gráficos y sus respectivos niveles.

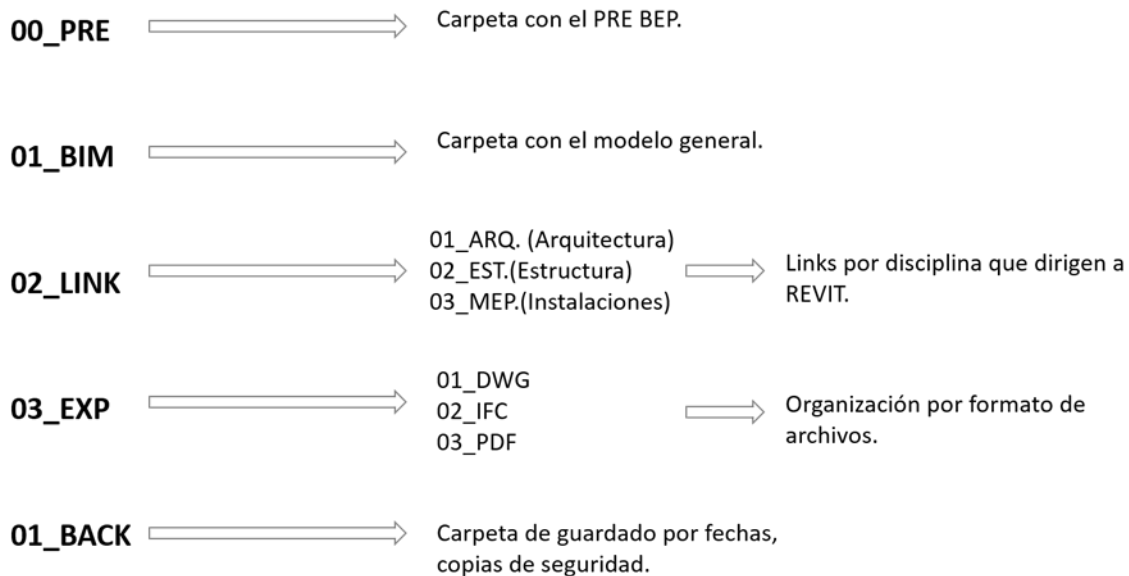
Ilustración 89  
Nomenclatura de los documentos



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 4: Creación de planimetrías y documentación.

Para organizar nuestros ficheros en el proyecto y en nuestro computador normalmente creamos una carpeta general del proyecto donde encontraremos sub-archivos del proyecto, estas sub-carpetas se organizan en tres carpetas principales con los archivos federados, cada carpeta contendrá los links de los archivos mencionados generados en el programa REVIT, las carpetas principales del proyecto son:

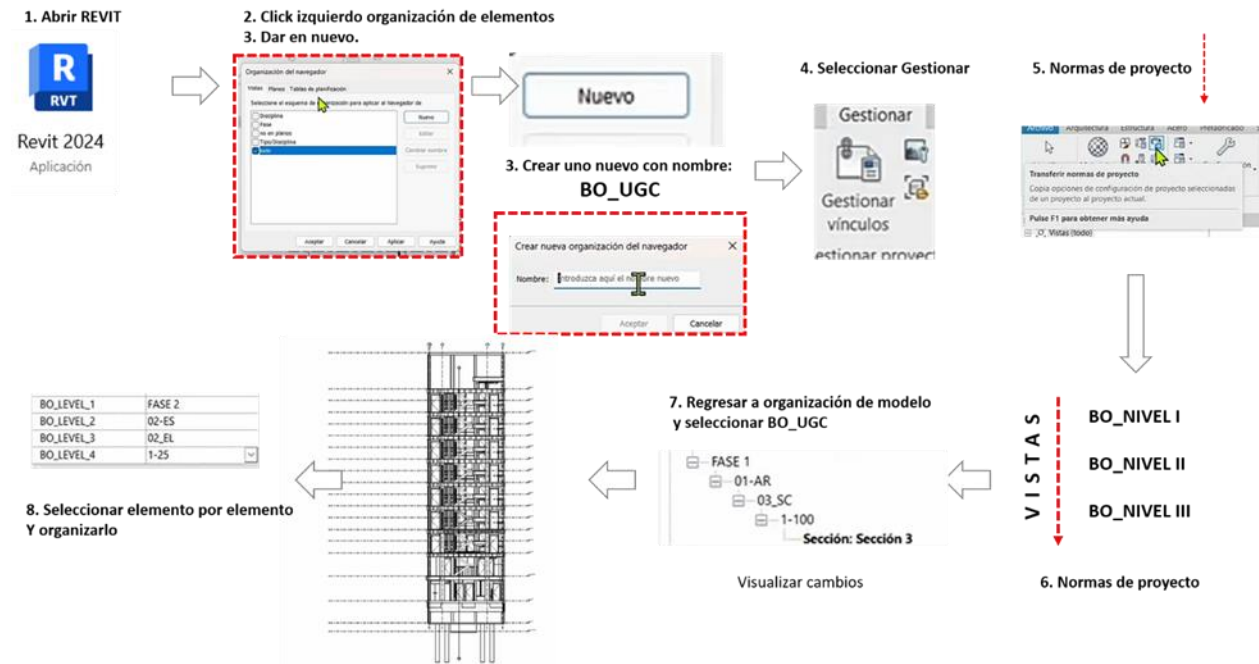
Ilustración 90  
Organización de las carpetas en la nube.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 4: Creacion de planimetrías y documentacion.

En los ficheros de REVIT también se organizan las carpetas que nos ubican a los archivos nombrados allí, nosotros podemos organizar este navegador dando clic izquierdo en la ventana donde se desplegara una lista de opciones donde escogeremos la opción organización del navegador, se desplegara una ventana con 3 pestañas: vistas, planos y tablas de navegación con distintas sub categorías al interior de estas, creamos un nuevo formato de organización nombrándolo con el nombre BO\_UGC enseguida filtraremos las vistas y los planos que necesitemos incluir en este formato, una vez configurados vamos a la viñeta de gestionar y a la opción parámetros de proyecto donde añadiremos un nuevo parámetro de organización creando el nivel de información del texto y en categoría datos de identificación así agregamos en total 3 niveles de proyecto como se muestra a continuación:

**Ilustración 91**  
Organización de elementos Revit.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 4: Creacion de planimetrías y documentación.

**Formatos de los Archivos de las Diferentes Disciplinas**

Los formatos establecidos para el proyecto del Bloqueo O nos indican que para el modelo tridimensional se debe utilizar el software REVIT versión 2021, para las interferencias y la coordinación debemos seleccionar el software Navisworks versión 2021, para la programación debemos utilizar el programa Project versión 2016 y para las mediciones y presupuestos utilizaremos el programa Arquímedes.

**Planimetría**

Desde REVIT podemos generar los planos y exportarlos pero para que esto suceda debemos abrir el proyecto en el programa, en la viñeta de planos daremos clic izquierdo y seleccionaremos nuevo plano y daremos al botón cargar, escogeremos la carpeta ENGLISH enseguida *titlebooks* y despues la opción *Us* al final seleccionamos el formato A2 metric.rfa, de manera predeterminada se cargara un

rotulo predefinido para nuestros planos el cual debemos modificar en su cuadro de propiedades, primero estableceremos tipo de plano, fase, escala, datos de creación, nombres institución etc... una vez modificado iremos al plano o a la vista que agregaremos a nuestro rotulo, para eso damos doble clic en el plano escogido, determinamos su escala y enseguida copiamos el archivo y nos dirigimos a la pestaña donde se encuentra nuestro rotulo creado y lo pegamos para cuadrarlo de la mejor manera; Finalmente para exportarlo damos a la opción configuración de impresión seleccionamos el tipo de papel y damos a guardar como, aquí ubicaremos su carpeta de guardado y nombre de guardado seleccionaremos el formato PDF y tendremos listo nuestro plano.

## **Eje temático Cinco : Simulación de Actividades Constructivas**

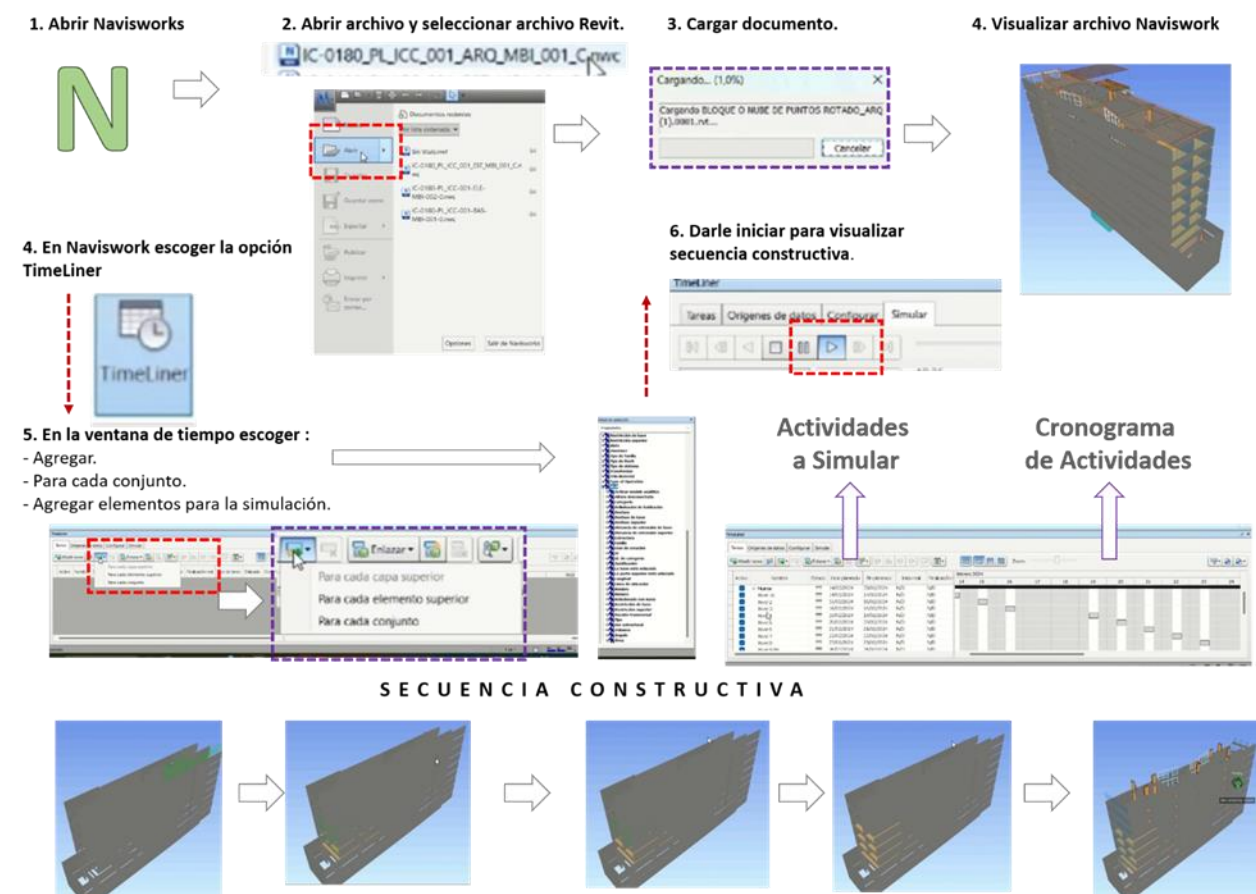
### ***Simulación de Actividades Constructivas***

Una de las dimensiones que se encuentran en la metodología BIM es la dimensión 4D más conocida como *3D Plus planning*, esta dimensión incorpora la variable de tiempo que se complementa con el diseño tridimensional existente, aquí cada elemento del proyecto se muestra en función de su fase y tiempo de instalación, una de las ventajas de esta dimensión es que podemos observar la secuencia constructiva para así realizar una mejor coordinación y planificación, al mismo tiempo que identificamos conflictos y retrasos, existen varios softwares de apoyo que nos ayudaran a aplicar esta dimensión uno de estos softwares es Navisworks que utilizaremos en este apartado para el bloque O.

Para realizar esta simulación lo que debemos hacer primero es abrir el software Navisworks enseguida daremos en la pestaña abrir y escogeremos el archivo Rvt de nuestro proyecto, una vez cargado visualizaremos el modelo tridimensional de la edificación, en la paleta de herramientas escogeremos la opción *time liner* que nos desplegara una ventana de tiempo, ahora lo que nos falta es en el árbol de selección es escoger los elementos que harán parte de la simulación, ya en la ventana del

*time liner* escogeremos la opción agregar elemento y escogeremos las actividades que se medirán en tiempo donde agregaremos o quitaremos los elementos de la simulación, esta opción nos permite previsualizar en forma de barras de *Gant* las secuencias que vayamos escogiendo, podremos modificar las fechas de cronogramas según la actividad incluyendo la fecha inicio y fin de nuestro proyecto, ya al haber modificado todo a nuestro gusto le daremos a la opción *play* y el programa de manera automática empezara a mostrarnos gráficamente y sucesivamente en forma de video el desarrollo de estas actividades conforme se ejecute el cronograma de actividades que nosotros elegimos en Navisworks.

Ilustración 92  
Cronograma de las actividades en Navisworks



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 4: Coordinación de especialidades, documentación y tiempos, Eje temático 5: Simulación de actividades constructivas.

## Modulo Cinco: Realidad Virtual e Inmersiva

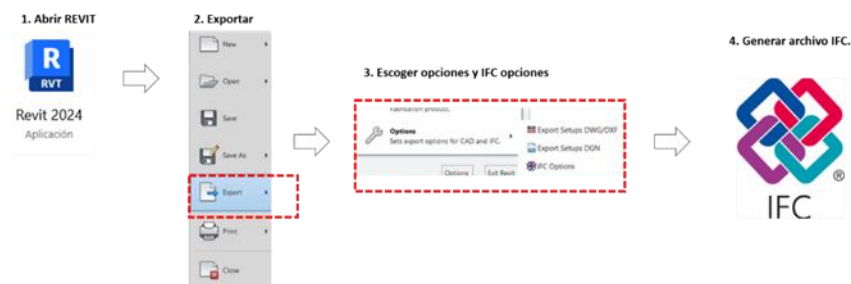
### Eje temático Uno : Realidad Virtual e Inmersiva

#### *Exportación a IFC entre Otros*

Este es un formato digital que nos permite la visualización del modelo tridimensional generado en otros softwares compatibles con la lectura de este tipo de archivos, aparte de que estos archivos representan el modelo de forma federada con información medible e interoperable con la metodología BIM, para nuestro proyecto del bloqueo O ya realizamos la edificación y estructuramos del mismo, en este apartado se desarrolló la presentación del proyecto gráficamente es por eso que lo común es renderizar el proyecto y para esto también nos servirá el formato IFC pues en softwares especializados en renderización como *Augin*, *Endnscape* y *twinmotion* es compatible la lectura de esta clase de formatos, este módulo se centrara en la creación de intercambio de información grafica de estos elementos.

Para generar este formato IFC debemos estar en la interfaz principal de REVIT enseguida daremos a la pestaña archivo y a la selección exportar, aquí escogeremos la pestaña opciones y por último opciones IFC para que se exporte el archivo en ese formato en la carpeta escogida.

*Ilustración 93*  
*Exportar archivos IFC desde Revit.*



Tomado de: Elaboración propia.

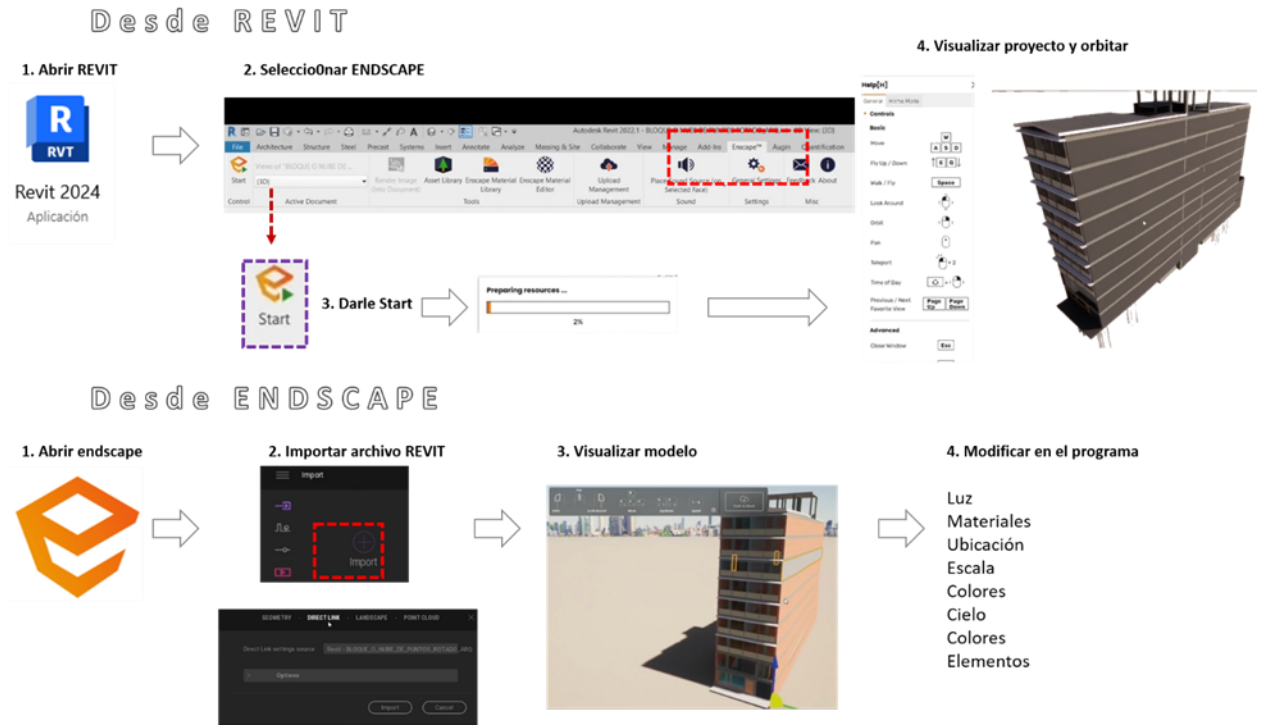
### ***Renderización en Tiempo Real***

La renderización es una parte muy importante del proyecto no solo porque nos permite previsualizar como se vería el edificio si no también podemos observar problemas de diseño y volumétricos del mismo; En la actualidad existen un sinfín de programas desarrollados para tal fin operables desde distintos softwares de modelado como REVIT, uno de estos programas es ENSCAPE un software especializado en renderización en tiempo real compatible con el software de modelado en el que podemos descargar un plugin que nos permitirá ver en tiempo real desde REVIT el renderizado del proyecto, para esto debemos ir a la pestaña en REVIT ENDSCAPE y darle a la opción iniciar así de manera automática nos dirigirá a un visualizador del software de renderizado, ya desde aquí el programa nos suministrara herramientas de visualización, selección y orbita en el que podremos ver en este motor de render, ya que esto se realiza en tiempo real cualquier modificación como por ejemplo de material del edificio se verá reflejado directamente en nuestra visualización.

Otra de las formas de cargar el proyecto es directamente desde ENDSCAPE al abrir el programa daremos importar y seleccionaremos nuestro archivo en Revit BLOQUE\_O\_NUBE\_DE\_PUNTOS\_ROTADO\_ARQ así visualizaremos directamente desde el programa el modelo, la diferencia en abrirlo directamente desde el programa y no desde Revit es que en el programa no solo podremos visualizarlo si no en vez modificarlo directamente, podremos cambiar desde los materiales, luces, puntos de vista, escala, clima, fondo entre otros.

Ilustración 94

Proceso de renderizado desde Endscape.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 5: Realidad virtual e inmersiva, Eje temático 1: Realidad virtual e inmersiva.

**Fotomontaje y Retoque Fotográfico 3D**

La renderización nos brinda un producto final que puede ser o bien elementos fotográficos o videos, de igual manera estos elementos debemos modificarlos para aprovechar al máximo su potencial, estos parámetros aumentaran el realismo y expresión del material final, si bien es cierto que se puede utilizar un programa de edición como adobe Photoshop también desde el mismo programa de renderizado podemos realizar estas modificaciones como es el caso del bloque O con los programas ENDSCAPE y Twinmotion, para esto iniciamos con el modelo cargado a ENDSCAPE y desde la paleta de herramientas podremos modificar muchos aspectos, entre ellos:

- Calidad de renderizado; alta, media y baja.
- Estilo de visualización
- Tipo de proyección: ortogonal y perspectiva.

- Exposición
- Rango de vista
- Angulo de visión
- Sombras
- Color

ENDSCAPE nos brinda una herramienta muy útil que nos permite agregar al proyecto desde una librería de objetos que tiene todo para realizar el mejor fotomontaje posible, muebles, personas, vegetación entre otros podremos agregarlo a nuestra escena, cualquier elemento agregado se verá reflejado en REVIT y desde este mismo podremos agregar distintos puntos de vista para ir creando nuestras escenas del proyecto.

*Ilustración 95*  
*Modificación de parámetros de render desde Endscape*



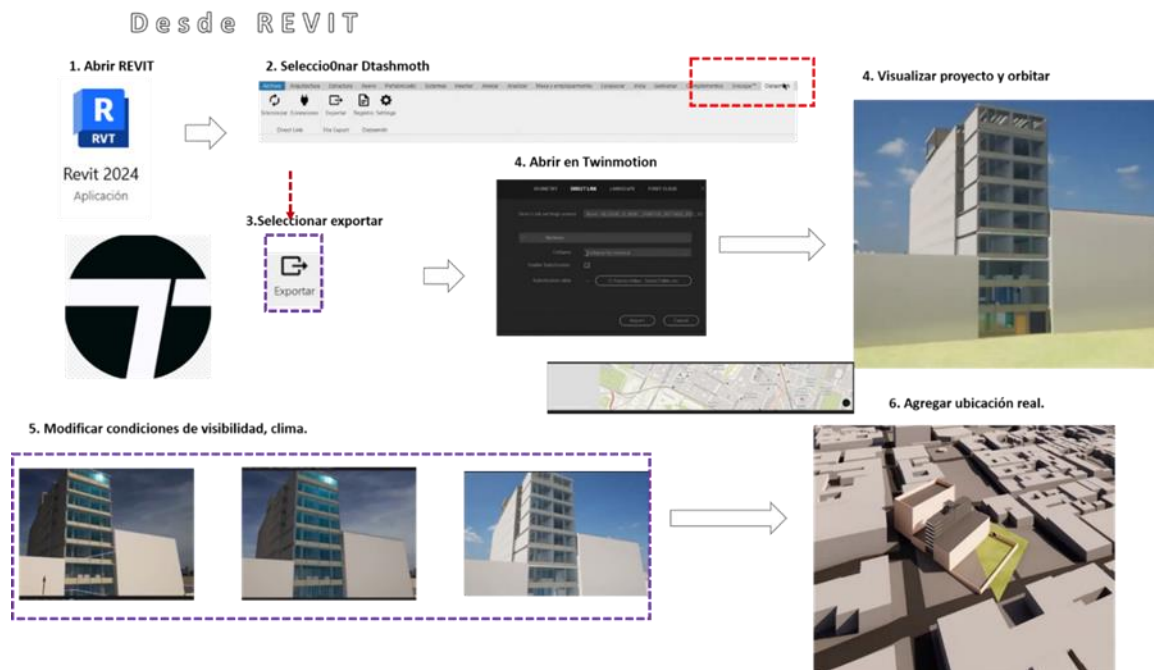
Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 5: Realidad virtual e inmersiva, Eje temático 1: Realidad virtual e inmersiva.

### **Fondos Climáticos, Manejos de Luces Fondos y Sombras**

Agregar elementos y modificar parámetros como los mencionados aumentan la calidad del renderizado, es por eso que *twinmotion* es una buena opción de renderizado ya que nos permite agregar cielos HDR crear fondos y manejar tanto el clima como el sol y hora del día lo que le brinda realismo respondiendo a las condiciones reales del sitio donde será ejecutado el proyecto en la vida real, este programa posee un motor de render potente y también es compatible; Desde REVIT en un plugin previamente descargado elegiremos la opción *Datashmoth* y la opción exportar así se generara un archivo compatible para abrir en el programa de renderizado, desde el programa directamente daremos a la opción importar y visualizaremos el objeto tridimensional desde acá agregaremos el cielo y las luces necesarias para darle calidad a nuestro renderizado.

#### *Ilustración 96*

*Proceso de renderizado desde Revit a Twinmotion.*



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 5: Realidad virtual e inmersiva, Eje temático 1: Realidad virtual e inmersiva.

### ***Realidad Virtual e Inmersiva***

Actualmente existen herramientas que nos ayudan a conocer virtualmente nuestra edificación para generar una inmersión en el edificio, en este apartado trataremos del programa Augin, este es un programa de lectura de archivos IFC que nos permite ver el objeto en una escala real mediante los dispositivos móviles, este programa es compatible con REVIT por lo cual debemos haber exportado el archivo IFC(OpenBIM, 2023), para iniciar el programa; Desde la *playstore* debemos descargar el programa y una vez descargado iniciarlo en nuestro dispositivo móvil, aquí debemos registrar un nuevo usuario con nuestros datos para posterior a eso iniciar sesión, una vez en la interfaz del programa debemos cargar el archivo IFC importado desde REVIT.

Cuando cargamos el archivo en esta aplicación se visualizara en nuestro móvil la edificación e incluso podremos orbitarla con las herramientas preestablecidas con las que viene, dentro de los medios de visualización existen varias opciones una es manejar un dron que podremos conducir para visualizar el objeto, otra es en tercera persona donde manejaremos una persona que recorrerá el edificio manejándolo desde el teclado subiendo por el mismo desde las escaleras de la edificación; Por ultimo existe una opción que podemos usar desde nuestra cámara de nuestro dispositivo móvil que al abrirla en Augin proyectara en el sitio que apuntemos el edificio de manera tridimensional proyección que podremos escalarlo, visualizarlo en todas sus caras, realizar cortes de sección, rotarlas y entre otras funcionalidades.

Ilustración 97  
 Aplicación Augin para visualización del objeto 3D.



Adaptado de: Universidad La Gran Colombia. 2023. Diplomado Open BIM [Imágenes], Modulo 5: Realidad virtual e inmersiva, Eje temático 1: Realidad virtual e inmersiva.

## Conclusiones

Los estudios realizados por varios autores coinciden en que la aplicación de enfoques como BIM y *Last Planner* en proyectos de construcción puede mejorar la eficiencia y calidad del proceso constructivo, reduciendo los costos y tiempos de entrega, y mejorar la colaboración entre los diferentes actores del proyecto, así como mejorando el resultado final. Autores como Valderrama, Jurado, Infante y Vega destacan la relevancia en la que los involucrados en el proyecto deben tener una mayor capacitación y formación en el uso de estas herramientas para lograr una mayor adopción en el sector.

En el estudio realizado por Pons (2014) añade que el BIM puede mejorar la calidad de los resultados finales y reducir los errores y costos asociados a problemas comunes que se presentan en los proyectos constructivos. Por su parte, Gutierrez (2018) destaca que la adopción de tecnologías digitales avanzadas en el sector de la construcción aún enfrenta desafíos como la falta de estandarización y la resistencia al cambio por parte de algunos actores del sector, y destaca la importancia de una mayor inversión en investigación y desarrollo. Por otro lado, Varona (2016) señala que la combinación del BIM y el método *Last Planner* puede mejorar significativamente la gestión de proyectos de construcción, el autor destaca que el uso de estas dos herramientas puede ayudar a reducir los errores y retrasos en la planificación y ejecución de proyectos, además de mejorar la colaboración y coordinación entre los diferentes actores del proyecto, así mismo Muñoz (2022) menciona la importancia de la integración del BIM y el método *Last Planner* en proyectos de construcción; el autor destaca que el uso de estas herramientas puede mejorar la eficiencia del proceso constructivo, reducir costos y tiempos de entrega, mejorar la calidad del resultado final, destacando la importancia de una mayor capacitación y formación en el uso de estas herramientas para lograr una mayor adopción en el sector.

Finalmente, Infante (2023) destaca la importancia de la integración de las herramientas BIM con otros sistemas de gestión de proyectos similares a *Last Planner* para lograr una mayor integración no solo en el momento de preparación sino en la ejecución del proyecto. Además, hace hincapié en que la

aplicación de orientaciones similares es cada vez más común en grandes proyectos constructivos, por lo cual la vanguardia de estas innovaciones hace necesaria la capacitación para así obtener las habilidades necesarias que permitan estar acorde con el sector constructivo actual.

El diplomado desarrollado para el diseño y planificación del bloque O de la universidad se estructuró en varios módulos que nos dan noción de un trabajo organizado. La introducción a sus conceptos y a su amplia gama de usos y dimensiones nos indica que BIM no necesariamente debe aplicarse en su totalidad, sino que sirve para elegir de manera específica los usos y condiciones según sea el proyecto. Encontramos que BIM inicia desde el proponente y la publicación de su TDR (Términos de referencia), que en una licitación abierta alude a las condiciones de adjudicación del proyecto, condiciones que debemos adaptar a nuestra propuesta. Esta propuesta debe presentarse en un pre-BEP (Plan de Ejecución Preliminar), que establece de manera general los objetivos, lineamientos, roles, recursos, entregas de información y cronogramas del proyecto. Una vez presentado y aprobado por nuestro proponente, este pre-BEP se consolida de forma más estructurada con las diferentes condiciones y documentos detallados en este documento. Vimos y enmarcamos que, al ser una estructura de trabajo tan compleja, existen estándares internacionales como la norma ISO 19650 y la norma nacional con la resolución 0441, que pretenden estandarizar el uso de la metodología BIM, estableciendo pautas para la presentación del BEP (Plan de Ejecución del Proyecto) y sus desarrollos posteriores. Este BEP es fundamental porque es la hoja de ruta de nuestro proyecto, enmarcando no solo cómo se realizará el trabajo, sino qué usos y dimensiones utilizaremos, condicionando en gran parte el proyecto. Otro documento importante es el EIR (Requisitos de Información del Empleador), que establece los requisitos y estándares de información a presentar al proponente. La diferencia entre el TDR y el EIR radica en que el TDR se presenta inicialmente en el proyecto, mientras que el EIR es un documento presentado en cada etapa del proyecto.

La información debe ser interoperable para todos los integrantes del proyecto, por lo que se utiliza un CDE (Entorno Común de Datos), que conecta a todos los integrantes y archivos del proyecto mediante una nube global y un objeto tridimensional construido en conjunto. Así, se establecen protocolos de trabajo y de subida de información a través de asignaciones de tareas y estados. Esta información asignada se revisará y se subirá o devolverá según sea el caso. En gran parte, el proyecto gira alrededor de un objeto tridimensional, por lo que se elige un formato IFC legible en diferentes programas, lo que permite esta interoperabilidad. Dado que este es un objeto construido en conjunto, existe el BCF (Formato de Colaboración de BIM) para revisar interferencias o errores del modelo, lo cual ayuda a prevenir errores antes de su ejecución.

Para este proyecto, se realizó un modelo BIM desde un elemento ya construido; por ende, fue necesario levantar la información terrestre del edificio. Aquí se utilizó la tecnología Lidar, basada en un láser que, mediante revoluciones y reflejos, genera un modelado tridimensional a través de un barrido terrestre del edificio, creando una nube de puntos. Este archivo resultante se trabaja en formato RCP, legible con otros programas. También se utilizó un barrido aéreo con dron, construyendo el objeto a través de fotocontrol. Una vez tomados estos datos, los exportamos a software especializado como Infraworks, que permite realizar la lectura y exportar el archivo en formato RCP.

Dado que este edificio es la base de nuestro trabajo, este archivo de puntos lo exportamos a Revit y, con información bidimensional de apoyo obtenida en AutoCAD, procedimos al modelado según el LOD y LOI del proyecto. Comenzamos construyendo la estructura de la edificación, configurando la interfaz de Revit adecuadamente. En este apartado configuramos vigas, columnas, fundaciones y el entrepiso de la edificación. Luego iniciamos el apartado de arquitectura, considerando criterios de sostenibilidad que afectan directamente el diseño. Aquí diseñamos muros, cubiertas, ventanas y puertas, y finalmente construimos las instalaciones MEP, incluyendo las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y mecánicas. Tras construir y modelar el proyecto, realizamos la extracción del modelo

federado, verificando primero las interferencias con una tolerancia de 5 cm mediante la opción Clash Detective, que detectaba cada interferencia. Una vez identificado el problema, se asignaba una persona para solucionarlo mediante informes de colaboración. Corregido cualquier problema en el modelo, extraemos sus cantidades con Navisworks, que permite junto a Revit la creación de tablas de planificación y el presupuesto del proyecto. Posteriormente generamos la planimetría, extraída desde Revit, con la nomenclatura y la información requerida en cada fase del proyecto, organizadas en carpetas estructuradas.

Al final, utilizamos la opción de simulación constructiva de Navisworks, que introduce la cuarta dimensión y ayuda a construir la programación del proyecto mediante un cronograma de actividades. Para la presentación gráfica del proyecto, empleamos programas de renderizado y fotomontaje como Enscape y Twinmotion, que permiten realizar renderizados para visualizar cómo luciría el proyecto en la realidad. Aquí se ajustaron aspectos de visualización como escala, luces, sombras, entre otros, para mejorar la presentación. Para una inmersión virtual, utilizamos la app Augin, que permitió navegar en tercera persona en el proyecto e incluso proyectarlo a través de nuestra cámara para visualizar el proyecto de manera real en cortes y caras al lugar que apuntáramos nuestra cámara.

### Lista de Referencia o Bibliografía

Aburto, A. (2016). *DESARROLLAR UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE OBRAS DE CONSTRUCCION DE EDIFICIOS* (Trabajo de grado, Universidad de Chile, Chile).

<http://repositorio.uchile.cl/hdl.handle.net/2250/141763>

ACCA SOFTWARE. (2020). *Archivo IFC*.ACCA SOFTWARE S.p.A.

AECO, Competence center (04 de julio del 2023) *webinar Gratuito BIM en el Tren Maya:*

*Optimización de la Construcción con Tecnología de Vanguardia.*

Alcaldía de Cajica ( 2022).!Programa construya en lo propio | <https://cajica.gov.co/programa-construya-en-lo-propio/> .

Ballard, Glenn (2008). The Lean Project Delivery System: an update. Lean Construction Institute Journal.

<https://www.rfaeco.com/bim-tren-maya-optimizacion-construccion-tecnologia-vanguardia/>

Bizkaia. (2022). *Manual BIM en DIDD e Interbiak*.Bizkaia foro aldundia diputación foral.

BLUEBEAM (04 de julio del 2023) *ARPRO: Menos papel y grandes ahorros de costes.*

<https://www.bluebeam.com/es/customers/arpro/>.

Bonilla Morales, Ana (2017). *ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL*

*LAST PLANNER SYSTEM (LPS) EN PROYECTOS QUE ADOPTAN LA HERRAMIENTA POR PRIMERA*

*VEZ* (Trabajo de grado, Universidad del Valle, Colombia). <http://hdl.handle.net/10893/14511>

Building SMART, Spain (2021). *INTRODUCCIÓN A LA SERIE EN ISO 19650 Revisión Mayo 2021*. Editorial buildingSMART Spanish Chapter.

Camacol. (2020) Bim Kits – Modelado BIM. <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion>.

Compadre del Rio, C. (2018). *Guía para la redacción de un BEP para el desarrollo de un proyecto en BIM.*

*Aplicación para un proyecto de instalaciones de un edificio inteligente.* (Trabajo de grado

Pregrado, Universidad Carlos III de Madrid, España). <https://hdl.handle.net/10016/29455>

Díaz López, G. & Ortiz Gómez, A. (2022). *BIM como herramienta de gerencia para proyectos de construcción en la ciudad de Bogotá* (Tesis de grado, Universidad EAN).

<http://hdl.handle.net/10882/12019>

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura Universidad Nacional de Rosario. (2019). *Curso de Posgrado: Georreferenciación*.

Financiera e Desarrollo Nacional (FDN, 2021). Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legales, de riesgos, técnico y financiero.

ENTREGABLE 1 - PLAN DE TRABAJO, CRONOGRAMA Y ENFOQUE METODOLÓGICO Documento No. L2MB-ET01-L00-IFU-A-0001\_V0 (Vol. 1 / 5).

<https://www.metrodebogota.gov.co/?q=noticias/metro-bogot%C3%A1-present%C3%B3-los-dise%C3%B1os-bajo-la-tecnolog%C3%ADa-bim-building-information-modeling>.

García Seseña, M. (2022). *BIM, metodología colaborativa para estudios de arquitectura. Estudio para la implantación y el desarrollo de los procesos colaborativos en los estudios de Arquitectura en España* (Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Madrid, España)

<https://oa.upm.es/70634/>

Gea, M. (2015). Open BIM : Los archivos IFC en la gestión de la obra de la Ciudad de la Justicia de Córdoba ( España ). Spanish journal of BIM, 15–02, 20-34. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5501134>

Gómez Muñoz, A. (2008). *Conceptos para la Correcta Utilización de los Datos Cartográficos: Replica del IV Taller de Modelización de Nichos Ecológicos*. Centro de Información Cartografica y Territorial Extremadura.

Gutiérrez Marín, M. (2018). *Propuesta de un modelo de gestión de innovación aplicable en Pymes del sector de la construcción en Medellín, Colombia* (Tesis de grado, Universidad EAFIT, Colombia).

<http://hdl.handle.net/10784/12644>.

Infante Salas, K. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE BIM 4D Y 5D INTEGRADO A LAST*

*PLANNER SYSTEM EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN* (Trabajo de grado, Universidad Católica, Perú). <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24217>.

Inmaculada, G. (2013). *Programación de obra y herramientas informáticas en la construcción* (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia). <http://hdl.handle.net/10251/61294>

Jurado, C.(17 de junio de 2017). *Integración de la Metodología BIM-VDC con Lean Construction para proyectos de Edificaciones, y como potencializa el planeamiento, programación, control y mejora de productividad usando la herramienta Last Planner System*. SUMA - Integración BIM / VDC con Lean Construction, Perú. <https://www.youtube.com/watch?v=AJudu9ZaA1k&t=2s>

Koskela, Lauri. (1997). TR072: Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford Digital Repository. Available at: <http://purl.stanford.edu/kh328xt3298>

López de la Sierra, A. (2014). *Planificación de Vuelos Fotogramétricos Para UAV sobre Cliente QGIS*. (Trabajo de master, Universidad de Oviedo ). <https://hdl.handle.net/10651/28481>

Manosalva Muñoz, D. (2020). *El método BIM: Efectividad y beneficios en los proyectos de edificación* (Tesis de grado, Universidad Técnica Federico Santa María, Santa Marta) <https://hdl.handle.net/11673/49372>

Marco Nacional de Cualificaciones, (2017) CATÁLOGO DE CUALIFICACIONES SECTOR CONSTRUCCIÓN, Producto 2 – Contextualización del sector.

Martínez Martínez Carrasco, J. (2020). *Estudio y Caracterización de Materiales Estructurales para Drones* (Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Cartagena). <https://hdl.handle.net/10317/8904>

Ministerio de vivienda ciudad y territorio MINVIVIENDA. (2020). *Resolución 0441 de 01 sep. 2020*. Colombia.

- Muñoz, V & Diaz, P. (2022). *SISTEMA DE GESTIÓN BIM-LEAN: EFECTOS DE SU APLICACIÓN EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL* (Trabajo de grado, Universidad de Cartagena, Colombia). <http://dx.doi.org/10.57799/11227/8125>
- Muñoz, G. (2020). *Interoperabilidad en el entorno BIM: Mejoramiento de los procesos de diseño y comunicación a partir de la implementación del concepto OpenBIM*. (Trabajo de maestría, universidad Nacional, Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79163>
- Ordin O, Matute Rubio L. Ortega Cornejo M. & Spengler R. (2020) El nuevo Puente Pumarejo, el puente más ancho del mundo en su tipología. *Revista de Ingeniería*, N 195, (2020),4-7. <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/issue/view/144>
- Ortiz, J. (2020). *Plan de ejecución y modelado Bim para la gestión del proyecto de edificación Tribeca en Medellín Colombia*. (Trabajo de maestría, universidad Politecnica de Valencia, España). <https://hdl.handle.net/10251/176856>
- Planbim Chile. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos, intercambio de información entre solicitantes y proveedores*. Editorial CORFO, Versión 1.1.
- Pérez Cervantes, J. (2004). *Planeación y control de obra del Instituto de Religión Tampico: propuesta de análisis y evaluación de planeación estratégica y riesgo* (Tesis de grado, Universidad de las Américas Puebla, México). <http://repositorio.udlap.mx/xmlui/handle/123456789/8121>
- Pizarro Arévalo, A. & Soto, R. (2022). *Building Information Modeling (BIM) y su desarrollo en la Industria de la construcción* (Trabajo de grado Maestría, Universidad de Piura, Perú). <https://hdl.handle.net/11042/5635>.
- Pons, J. & Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa METODOLOGÍA DE LAST PLANNER SYSTEM*. Editorial Consejo General de la Arquitectura Técnica de España Paseo de la Castellana, 155 - 28046 Madrid.

- Pons Achell, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Editorial Fundación laboral de la construcción, Madrid, España.
- Saenz Arteaga, Arturo (2012). *El éxito de la gestión de proyectos, un nuevo enfoque entre lo tradicional y lo dinámico*. (Tesis doctoral. Universidad Ramon LLull, Barcelona, España).  
[https://discovery.url.edu/permalink/34CSUC\\_URL/1im36ta/alma991009655636106719](https://discovery.url.edu/permalink/34CSUC_URL/1im36ta/alma991009655636106719)
- Sánchez Bojacá, M. & Maryury C. (2021). *BIM en el sector construcción y su nivel de madurez en empresa constructora de Bogotá* (Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica).  
<https://hdl.handle.net/2238/10483>
- Sánchez Henao, J. (1997). *Manual de Programación y control de programas de obra* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2982>
- Sánchez Morales, R. (2018). *Aplicación de la metodología BIM (Modelación de la Información en la Construcción) a un proyecto de interés social* (Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia).  
<https://hdl.handle.net/10983/27259>
- Santos Clavero, D. (2014). *Fotogrametría usando plataforma aérea UAV (Unmanned Aerial Vehicle)*. Centro de Información Cartográfica y Territorial Extremadura . (Trabajo de grado, Universitat Politècnica de Catalunya). <https://hdl.handle.net/2099.1/24892>
- SENNOVA, F. (2020). *Del BIM al Led*. Editorial SENA, SA.
- SECOP. (2023). Contrato de obra pública para la construcción de viviendas en sitio propio conforme al programa de construcción en sitio propio del municipio de Cajicá. Sistema electrónico para la contratación pública. Recuperado de: <https://www.secop.gov.co>
- Smart 110 (2018). *Planta (PNG)*. HG Constructora. <https://www.hgconstructora.com/proyecto/smart-110/>

- Spengler, R. (2020). Revista digital de CEDEX. *El nuevo Puente Pumarejo, el puente más ancho del mundo en su tipología* V(195), 4-33. <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/issue/view/144>
- Spear J., Steven (2008). *Chasing the Rabbit: How Market Leaders Outdistance the Competition and How Great Companies Can Catch Up and Win*. McGraw-Hill.
- Shang, Z. & Shen, Z. (2014). Critical Success Factors (CSFs) of BIM Implementation for Collaboration based on System Analysis. *Computing in Civil and Building Engineering*, 3, 1441-1448.  
Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413616.179>
- Trimble. (2021). *GUÍA DEL USUARIO DEL SOFTWARE TRIMBLE ACCESS CONTROLANDO*. Trimble Acces versión 2021. 20.
- UNION EUROPEA. (2018). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*. EUBIM task group.
- UNION EUROPEA. (2018). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*. EUBIM task group.
- Universidad La Gran Colombia. (2023). *BIM A+I Nuevas tecnologías digitales para el desarrollo y gestión de proyectos openBIM*. <https://www.ugc.edu.co/bogota/diplomados/nuevas-tecnologias-digitales-para-el-desarrollo-y-gestion-de-proyectos-open-bim>.
- Valderrama, F. (2014). *Métodos de PLANIFICACIÓN Y CONTROL de obras Del diagrama de barras al BIM*. Editorial Reverté, SA.
- Varona , L. (2006). *Mejoramiento de la planificación y control en la construcción, mediante el sistema - el último planificador* (Trabajo de grado Maestría, Universidad de los Andes, Colombia).  
<http://hdl.handle.net/1992/9235>.
- Vega Trujillo, T. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM Y*

*BUILDING INFORMATION MODELING EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.*

(Trabajo de grado, Universidad EAFIT, Colombia). <http://hdl.handle.net/10784/13327>

Womack, James; Jones, Daniel y Roos, Daniel (1991) La máquina que cambió el mundo.

McGraw-Hill.

Womack J. & Jones D. (2000). *LEAN THINKING como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Editorial Ingenieros Lean.

Zambrano, J. (2021). *PROGRAMACIÓN, PRESUPUESTOS Y CONTROL DE OBRA*. Editorial Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Primera edición.

Zapata, P. (2017). La Propuesta de BIM y la Colaboración. BIM Forum Chile, 2, 1-4. Recuperado de [http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-Propuesta-BIM-y-Colaboración\\_2017.pdf](http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-Propuesta-BIM-y-Colaboración_2017.pdf)