

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM-4D PARA LA DISMINUCION DE
INCOMPATIBILIDADES EN LA PLANIFICACIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN DEL COLEGIO LEONCIO PRADO GUTIERREZ DE EL
PORVENIR**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DE PROYECTOS

AUTORES : BR. Macedo Pinillos, Katherine Rosalia.
BR. Milla Huaman, Edita Magdalena.

ASESOR : Ing. Paredes Estacio, Jorge Luis.

TRUJILLO – PERÚ
2016

DEDICATORIA

A MI PADRE CELESTIAL, Por cada una de las bendiciones recibidas, por haberme guiado durante todo este tiempo y permitirme cumplir cada una de mis metas.

A MI FAMILIA, Infinitas gracias por su constante apoyo, cariño, trabajo y sacrificio, que durante todo este tiempo me han sabido dar, por ser mi guía y ejemplo en este camino, que sin cada uno de ellos no hubiera podido llegar a esta parte de mi vida.

A MIS AMIGOS, Por estar siempre conmigo en los momentos que más los necesite y por permitirme ser parte de su vida.

Katherine Rosalia, Macedo Pinillos

A DIOS. por estar a mi lado en todo momento. Por enseñarme a enfrentar nuevos retos, además por brindarme su infinita bondad y amor.

A MIS PADRES. Alejandrina y Marcos por las enseñanzas, consejos que siempre me han brindado, sobre todo por su amor, sacrificio y trabajo. Que durante toda mi vida han sido mis guías, y me han enseñado a no rendirme para poder llegar a concluir mis metas. Gracias los amo.

A MIS HERMANITOS, de quienes aprende mucho, espero ser un ejemplo para ellos y que sientan muy orgullosos de mí, así como yo lo estoy de cada uno de ellos.

Edita Magdalena, Milla Huaman

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis no hubiera sido posible sin el apoyo y la participación de muchas personas. En primer lugar, queremos agradecer a nuestros padres, ya que ellos nos dieron la vida y gran parte de lo que somos se lo debemos a ellos, a nuestros hermanos y amistades por su constante compañía.

Una persona principal en esta tesis, ha sido nuestro asesor Ing. Jorge Luis Paredes Estacio a quien le agradecemos su constante apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra titulación. Y a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de nuestra formación académica nos brindaron una sólida formación profesional y humana.

Las Autoras

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	XVII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. <i>Antecedentes</i>	3
1.1.2. <i>Justificación del Problema</i>	8
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	9
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	9
1.4. HIPÓTESIS.....	10
1.4.1. <i>Definición de las variables</i>	10
1.4.2. <i>Operacionalización de las Variables</i>	10
1.5. MARCO TEÓRICO.....	11
1.5.1. <i>Modelado de la Información de la edificación (BIM-4D)</i>	11
1.5.2. <i>BIM 4D: El tiempo añadido al modelado de información de construcción</i>	22
1.5.3. <i>Detección de Interferencias e Incompatibilidades en el Diseño de Proyectos de Edificaciones</i>	40
1.5.4. <i>Influencia e Impacto de las Deficiencias de Diseño en la Etapa de Construcción</i>	54
II. MATERIAL Y MÉTODOS	63
2.1. MATERIAL DE ESTUDIO.....	63
2.1.1. <i>Población</i>	63
2.1.2. <i>Diseño de la Muestra</i>	63
2.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS	63
2.2.1. <i>Método</i>	63
2.2.2. <i>Técnica</i>	63
2.2.3. <i>Procedimiento</i>	64

III.	DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS	74
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS SOFTWARES UTILIZADOS	74
3.1.1.	<i>Autodesk Revit 2016</i>	74
3.1.2.	<i>Microsoft Office Project 2016</i>	75
3.1.3.	<i>Autodesk Navisworks Manage 2016</i>	75
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	76
3.2.1.	<i>Descripción y realización del Modelado BIM</i>	76
3.2.2.	<i>Trayendo el Modelo de Revit a Navisworks</i>	84
3.2.3.	<i>Detección de Interferencias con Autodesk Naviswork Manage</i>	87
3.2.4.	<i>Detección de Interferencias por Disciplina con Autodesk Navisworks</i>	90
3.2.5.	<i>Detección de Interferencias Inter-Disciplinarias (Navisworks)</i>	93
3.2.6.	<i>Reporte de Metrados</i>	99
3.2.7.	<i>Descripción y Realización de la Planificación</i>	103
3.2.8.	<i>Modelado 4D</i>	108
3.3.	ANÁLISIS DE FUNCIONALIDADES	119
3.3.1.	<i>Visualización</i>	119
3.3.2.	<i>Simulación 4D del proceso de construcción</i>	121
3.3.3.	<i>La introducción de cambios: Re-planificación</i>	123
3.3.4.	<i>La Utilización del Sitio</i>	126
IV.	RESULTADOS.....	127
4.1.	DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES E INTERFERENCIAS	127
4.1.1.	<i>Detección de Incompatibilidades e Interferencias Manualmente</i>	127
4.2.	METRADOS DEL PROYECTO	129
4.2.1.	<i>Metrados del Proyecto (Navisworks)</i>	129
4.2.2.	<i>Metrados del Proyecto (Excel)</i>	137
4.3.	PROGRAMACIÓN (TIMELINER).....	141
4.4.	BENEFICIOS SOBRE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	142
4.4.1.	<i>Método Tradicional</i>	142
4.4.2.	<i>Metodología BIM</i>	143

V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	144
5.1.	DETECCIÓN E INTERFERENCIAS	144
5.2.	METRADOS DEL PROYECTO CON NAVISWORKS Vs. EXCEL.....	145
5.3.	IMPLEMENTACIÓN BIM.....	155
5.4.	PLANIFICACIÓN 4D.....	157
VI.	CONCLUSIONES	161
VII.	RECOMENDACIONES	163
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	164
IX.	ANEXOS	165
9.1.	ANEXO N° 1: PROCESO DE MODELADO 3D DEL PROYECTO	165
9.2.	ANEXO N° 2: PROGRAMACIÓN DE OBRA	189
9.2.1.	<i>Cronograma de Actividades – MS. Excel</i>	<i>189</i>
9.2.2.	<i>Programación de Obra - MS. Project.....</i>	<i>197</i>
9.3.	ANEXO N° 3: DETECCIÓN DE CONFLICTOS.....	220
9.3.1.	<i>Detección de Incompatibilidades e Interferencias con el Método Tradicional</i>	<i>220</i>
9.3.2.	<i>Detección de Conflictos Naviswork.....</i>	<i>229</i>
9.4.	ANEXO N° 4: SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	265
9.5.	ANEXO N°5: PLANOS.....	280

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura I-1: Coordinación entre los modelos de diferentes disciplinas</i>	<i>14</i>
<i>Figura I-2: BIM como una plataforma de comunicación entre los diferentes participantes de un proyecto</i>	<i>14</i>
<i>Figura I-3: Diferentes propósitos del modelo BIM a través del ciclo de vida de un proyecto</i>	<i>16</i>
<i>Figura I-4: Pasos de procesos típicos para un flujo de trabajo basados en CAD 4D</i>	<i>30</i>
<i>Figura I-5: Pasos de procesos típicos para un flujo de trabajo basado en BIM 4D.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura I-6: Modelo para analizar las operaciones de grúas</i>	<i>35</i>
<i>Figura I-7: Medidas de salud y seguridad con elementos de apoyo temporal en un modelo 4D.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura I-8: Modelo 4D de utilidades para la gestión de proyectos (PM)</i>	<i>36</i>
<i>Figura I-9: (Izquierda) Losa del SS.HH. según el plano de arquitectura. (Derecha) omisión de la losa en el plano de estructuras.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura I-10: (Arriba) Vista desde el interior de un modelo 3D de instalaciones. (Abajo) La misma vista con las interferencias identificadas.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura I-11: Interferencia entre tuberías de agua contra incendio con ductos de extracción de monóxido.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura I-12: Caso de interferencia entre una tubería y la estructura</i>	<i>47</i>
<i>Figura I-13: Pases en vigas mediante perforaciones diamantinas</i>	<i>49</i>
<i>Figura I-14: Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño</i>	<i>56</i>
<i>Figura II-1: Planta de sótano.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura II-2: Planta de 1° nivel</i>	<i>71</i>
<i>Figura II-3: Planta 2° nivel</i>	<i>71</i>
<i>Figura II-4: Planta 3° nivel</i>	<i>72</i>
<i>Figura II-5: Puertas de Acceso</i>	<i>73</i>
<i>Figura III-1: Interfaz de Usuario Revit 2016.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura III-2 Modelado del Zotano: (Calzaduras +Cimientos+ Placas+ Columnas+Muros)</i>	<i>77</i>
<i>Figura III-3: Planta del Primer piso pabellon C1: (Zapatas, Zapatas corridas, Vigas de cimentaciones, Sobrecimiento, Columnas, Muros)</i>	<i>78</i>
<i>Figura III-4: Escalera del Pabellon C</i>	<i>78</i>
<i>Figura III-5: Polideportivo: (zapatas+ Zapatas de cimentación+columnas+ vigas+ arco techo)</i>	<i>79</i>
<i>Figura III-6: Pab C 1 con sus 3 niveles.....</i>	<i>79</i>

<i>Figura III-7: División de una losa en zonas que representan el derrame del concreto: 'Zona A-2' (Revit 2016)</i>	81
<i>Figura III-8: Parámetro ID de Tarea de una columna rectangular: 'C02' (Revit 2016)</i>	81
<i>Figura III-9: Modelo BIM original de Instalaciones de Agua y Desagüe</i>	82
<i>Figura III-10: Modelo BIM original de Instalaciones Eléctricas</i>	82
<i>Figura III-11: Modelo BIM original de Estructuras</i>	83
<i>Figura III-12: Modelo BIM original de Arquitectura</i>	83
<i>Figura III-13: Diferentes formatos de archivo de Autodesk Navisworks (Autodesk, 2016)</i>	85
<i>Figura III-14: Modelo BIM en Navisworks Manage 2016.</i>	86
<i>Figura III-15: Integración de los modelos BIM-3D por especialidades</i>	86
<i>Figura III-16: Clash Detective Interfaz</i>	87
<i>Figura III-17: Cuadro de dialogo del Clash Detective</i>	87
<i>Figura III-18: Panel de selección de archivos para ejecutar las pruebas de Incompatibilidad.</i>	88
<i>Figura III-19: Resultados de las Incompatibilidades</i>	89
<i>Figura III-20: Exportación de los Resultados</i>	89
<i>Figura III-21: Clash Detective Arquitectura</i>	90
<i>Figura III-22: Clash Detective Estructuras</i>	91
<i>Figura III-23: Clash Detective Inst. Sanitarias</i>	92
<i>Figura III-24: Clash Detective Estructuras Vs. Arquitectura</i>	93
<i>Figura III-25: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Sanitarias</i>	94
<i>Figura III-26: Clash Detective Estructuras Vs. Inst. Sanitarias</i>	95
<i>Figura III-27: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas</i>	96
<i>Figura III-28: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas</i>	97
<i>Figura III-29: Clash Detective Inst. Eléctricas Vs. Inst. Sanitarias</i>	98
<i>Figura III-30: Quantification Interfaz</i>	99
<i>Figura III-31: Abrir un Item Catalog</i>	100
<i>Figura III-32: Inserción de Nuevo Grupo</i>	100
<i>Figura III-33: Inserción de Ítems</i>	101
<i>Figura III-34: Quantification Workbook – Take Off</i>	102
<i>Figura III-35: Exportación</i>	102
<i>Figura III-36: Sectorización</i>	103
<i>Figura III-37: Tipo de Tarea en la programación (MS Project 2016).</i>	107
<i>Figura III-38: Calendario original generado en MS Project e importado a Navisworks</i>	107
<i>Figura III-39: Selección de conjuntos: 'Columnas L1' resaltan en azul (Navisworks Manage 2016)</i>	110

<i>Figura III-40: Escaleras aislados del modelo usando el comando Hide Navisworks Manage 2016) Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura III-41: Campos ubicados en el selector de campo (Navisworks Manage 2016).</i>	<i>112</i>
<i>Figura III-42: Auto-Fijación de elementos para las tareas con el uso de normas de conjuntos de selección (Navisworks Manage 2016).</i>	<i>113</i>
<i>Figura III-43: - Auto-Fijación de elementos de tareas utilizando Reglas del Grupo de Identificación</i>	<i>114</i>
<i>Figura III-44: Flujo de trabajo para el Método 1: Creación manual de la planificación y vinculación automática.</i>	<i>115</i>
<i>Figura III-45: Flujo de trabajo para el Método 2: Los conjuntos de selección están basados en la planificación y enlace automático.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura III-46: Flujo de trabajo para Método 3: creación manual de la planificación con identificación de tarea y enlace automático.</i>	<i>117</i>
<i>Figura III-47: Propiedades del identificador de tareas y la adición de una nueva regla (Navisworks Manage 2016).</i>	<i>118</i>
<i>Figura III-48: Construcción de las columnas en el Nivel 2 del pabellón C2 (verde)</i>	<i>120</i>
<i>Figura III-49: Modelo de navegación en tiempo real con un avatar y detección de errores de diseño (Navisworks Manage 2016).</i>	<i>121</i>
<i>Figura III-50: Navisworks "TimeLiner" simulador que muestra una etapa intermedia de la construcción.</i>	<i>122</i>
<i>Figura III-51: Función "Switchback": Revit (izquierda) y Navisworks (derecha).</i>	<i>124</i>
<i>Figura III-52: Cambiar refrescado: modificación de la tipología de la ventana y la posición de la puerta (Navisworks Manage 2016).</i>	<i>125</i>
<i>Figura III-53: Pasos a seguir entre las diferentes plataformas para la re-planificación.</i>	<i>125</i>
<i>Figura III-54: Equipos para añadir en la utilización de sitio (Navisworks Manage 2016). Fuente:.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura IV-1: Simulación - TimeLiner.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura IX-1: Vista principal del trabajo.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura IX-2: Determinación de las unidades.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura IX-3: Elección de las Unidades.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura IX-4: Vista para niveles.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura IX-5: Plano de planta "SITE" para rejillas</i>	<i>167</i>
<i>Figura IX-6: Inserción de los Niveles.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura IX-7: Rejillas del proyecto.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura IX-8: Zapatas</i>	<i>168</i>
<i>Figura IX-9: Editar el tipo de Zapata</i>	<i>169</i>

<i>Figura IX-10: Zapata del Pab. "C"</i>	169
<i>Figura IX-11: Sobrecimiento del proyecto</i>	170
<i>Figura IX-12: Muros</i>	170
<i>Figura IX-13: Muro básico</i>	171
<i>Figura IX-14: Propiedades del muro</i>	171
<i>Figura IX-15: Editar montaje del muro</i>	172
<i>Figura IX-16: Explorador de materiales</i>	172
<i>Figura IX-17: Detalle de columnas</i>	173
<i>Figura IX-18: Propiedades del tipo de columna</i>	173
<i>Figura IX-19: Editar familia</i>	174
<i>Figura IX-20: Columna "L"</i>	174
<i>Figura IX-21: Columna "T"</i>	175
<i>Figura IX-22: Placas</i>	175
<i>Figura IX-23: Columnas y Placas</i>	176
<i>Figura IX-24: Suelo</i>	176
<i>Figura IX-25: Modificar contorno del suelo</i>	177
<i>Figura IX-26: Boceto de escalera</i>	177
<i>Figura IX-27: Contorno de escalera</i>	178
<i>Figura IX-28: Contrahuella de escalera</i>	178
<i>Figura IX-29: Graderías de Auditorio</i>	179
<i>Figura IX-30: Escalera 1</i>	179
<i>Figura IX-31: Escalera 2</i>	180
<i>Figura IX-32: Base estructural del Sótano</i>	180
<i>Figura IX-33: Calzadura del Sótano</i>	181
<i>Figura IX-34: Sótano</i>	181
<i>Figura IX-35: Sótano con placas, muros de contención, graderías y escaleras</i>	182
<i>Figura IX-36: Puertas</i>	182
<i>Figura IX-37: Ventanas</i>	183
<i>Figura IX-38: Pab. "D" primer piso: Columnas, muros y placas</i>	183
<i>Figura IX-39: PAB C: Primer piso de los Bloques 1,2,3</i>	184
<i>Figura IX-40: PAB A: Comedor inicial, Psicomotrocidad caseta de transformador.</i>	184
<i>Figura IX-41: PAB F: Primer piso</i>	185
<i>Figura IX-42: Modelado de los pabellones</i>	185
<i>Figura IX-43: Zonas</i>	186

<i>Figura IX-44: Intersección de Rejillas.....</i>	<i>186</i>
<i>Figura IX-45: Losa deportiva intersectadas por Rejillas</i>	<i>187</i>
<i>Figura IX-46: Fases: Pab. Existente (verde) , Pab Nueva Construccion (rojo)</i>	<i>187</i>
<i>Figura IX-47: Colegio Leoncio Prado Gutierrez</i>	<i>188</i>
<i>Figura IX-48: Cronograma de actividades del Pab. D.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura IX-49: Programación de Obra.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura IX-50: Imcompatibilidad de Arquitectura 1</i>	<i>220</i>
<i>Figura IX-51: Imcompatibilidad de Arquitectura 2</i>	<i>221</i>
<i>Figura IX-52: Imcompatibilidad de Arquitectura 3</i>	<i>222</i>
<i>Figura IX-53: Incompatibilidad de estructuras 1</i>	<i>223</i>
<i>Figura IX-54: Imcompatibilidad 2</i>	<i>224</i>
<i>Figura IX-55: Imcompatibilidad de estructuras 3</i>	<i>225</i>
<i>Figura IX-56: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 1.....</i>	<i>226</i>
<i>Figura IX-57: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 2.....</i>	<i>227</i>
<i>Figura IX-58: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 3.....</i>	<i>228</i>
<i>Figura IX-59: Aula de inicial 5 aos</i>	<i>265</i>
<i>Figura IX-60: Aula de Inicial 4 años</i>	<i>265</i>
<i>Figura IX-61: Psicomotrocidad</i>	<i>266</i>
<i>Figura IX-62: Aula de clases Primaria y Secundria</i>	<i>267</i>
<i>Figura IX-63: Juegos infantiles.....</i>	<i>267</i>
<i>Figura IX-64: Laboratorios.....</i>	<i>268</i>
<i>Figura IX-65: Sala de cómputo</i>	<i>268</i>
<i>Figura IX-66: Taller 1</i>	<i>269</i>
<i>Figura IX-67: Taller 2</i>	<i>269</i>
<i>Figura IX-68: Entrada de Biblioteca.....</i>	<i>270</i>
<i>Figura IX-69. Repositorio de libros.....</i>	<i>270</i>
<i>Figura IX-70: Entrada al Auditorio.....</i>	<i>271</i>
<i>Figura IX-71: Auditorio</i>	<i>271</i>
<i>Figura IX-72: Auditorio</i>	<i>272</i>
<i>Figura IX-73: Tutoria - OBE.....</i>	<i>272</i>
<i>Figura IX-74: Dirección</i>	<i>273</i>
<i>Figura IX-75: Secretaria.....</i>	<i>274</i>
<i>Figura IX-76: Tópico.....</i>	<i>274</i>
<i>Figura IX-77: Sala de Profesores.....</i>	<i>275</i>

<i>Figura IX-78: Cocina y comedor.....</i>	<i>276</i>
<i>Figura IX-79: Cafetería</i>	<i>277</i>
<i>Figura IX-80: Polideprotivo.....</i>	<i>277</i>
<i>Figura IX-81: Vistas exteriores del Colegio.....</i>	<i>278</i>
<i>Figura IX-82: Vistas del Colegio.....</i>	<i>279</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla I-1: Principales plataformas de diseño BIM y últimas versiones disponibles en el mercado</i>	21
<i>Tabla I-2: Herramientas BIM y últimas versiones disponibles en el mercado</i>	40
<i>Tabla III-1: Cronograma de Actividades – Sótano</i>	104
<i>Tabla III-2: Tareas y el ID de los elementos en el modelo</i>	106
<i>Tabla IV-27: Incompatibilidades e Interferencias por el método tradicional</i>	127
<i>Tabla IV-28: Interferencias e Incompatibilidades Navisworks</i>	128
<i>Tabla IV-1: Cuadro de Metrados de Muros y Tabiques de Albañilería - Navisworks 2016</i>	129
<i>Tabla IV-2: Cuadro de Metrados de Revoques y Moldaduras - Navisworks 2016</i>	130
<i>Tabla IV-3: Cuadro de Metrados de Cielorrasos - Navisworks 2016</i>	130
<i>Tabla IV-4: Cuadro de Metrados de Pisos y Pavimentos - Navisworks 2016</i>	130
<i>Tabla IV-5: Cuadro de Metrados de Carpintería de Madera - Navisworks 2016</i>	131
<i>Tabla IV-6: Cuadro de Metrados de Carpintería Metálica y Cerrajería - Navisworks 2016</i>	131
<i>Tabla IV-7: Cuadro de Metrados de Vidrios, Cristales y Similares - Navisworks 2016</i>	131
<i>Tabla IV-8: Cuadro de Metrados de Pintura - Navisworks 2016</i>	132
<i>Tabla IV-9: Cuadro de Metrados de Cubierta - Navisworks 2016</i>	132
<i>Tabla IV-10: Cuadro de Metrados de Varios - Navisworks 2016</i>	132
<i>Tabla IV-11: Cuadro de Metrados de Zapatas - Navisworks 2016</i>	133
<i>Tabla IV-12: Cuadro de Metrados de Cimiento Corrido - Navisworks 2016</i>	133
<i>Tabla IV-13: Cuadro de Metrados de Vigas de Cimentación - Navisworks 2016</i>	133
<i>Tabla IV-14: Cuadro de Metrados de Sobrecimiento Reforzado - Navisworks 2016</i>	133
<i>Tabla IV-15: Cuadro de Metrados de Columnas - Navisworks 2016</i>	134
<i>Tabla IV-16: Cuadro de Metrados de Placas - Navisworks 2016</i>	134
<i>Tabla IV-17: Cuadro de Metrados de Muros de Contención - Navisworks 2016</i>	134
<i>Tabla IV-18: Cuadro de Metrados de Vigas - Navisworks 2016</i>	135
<i>Tabla IV-19: Cuadro de Metrados de Losa Aligerada - Navisworks 2016</i>	135
<i>Tabla IV-20: Cuadro de Metrados de Losa Maciza - Navisworks 2016</i>	135
<i>Tabla IV-21: Cuadro de Metrados de Escaleras - Navisworks 2016</i>	136
<i>Tabla IV-22: Cuadro de Metrados de Graderías - Navisworks 2016</i>	136
<i>Tabla IV-23: Cuadro de Metrados de Rampas - Navisworks 2016</i>	136
<i>Tabla IV-24: Cuadro de Metrados de Estrado - Navisworks 2016</i>	136
<i>Tabla IV-25: Metrado Arquitectura Excel</i>	137
<i>Tabla IV-26: Metrado Estructuras Excel</i>	139

<i>Tabla IV-29: Costos de Implementación Metodología BIM</i>	142
<i>Tabla IV-30: Costos de Implementación - Metodología BIM</i>	143
<i>Tabla V-27: Clasificación de Incompatibilidades Bim y Tradicional</i>	144
<i>Tabla V-1: Cuadro Comparativo Metrados de Muros y Tabiquería Navisworks Vs. Excel</i>	145
<i>Tabla V-2: Cuadro Comparativo Metrados de Revoques Enlucidos y Moldaduras Navisworks Vs. Excel</i>	145
<i>Tabla V-3: Cuadro Comparativo Metrados de Cielorraso Navisworks Vs. Excel</i>	146
<i>Tabla V-4: Cuadro Comparativo Metrados de Pisos y Pavimentos Navisworks Vs. Excel</i>	146
<i>Tabla V-5: Cuadro Comparativo Metrado de Carpintería de Madera Navisworks Vs. Excel</i>	146
<i>Tabla V-6 Cuadro Comparativo Metrados de Carpintería Metalica Navisworks Vs. Excel</i>	147
<i>Tabla V-7: Cuadro Comparativo Metrados Vidrios y Cristales Navisworks Vs. Excel</i>	147
<i>Tabla V-8: Cuadro Comparativo Metrados de Pintura Navisworks Vs. Excel</i>	147
<i>Tabla V-9: Cuadro Comparativo Metrados de Cobertura Navisworks Vs. Excel</i>	148
<i>Tabla V-10: Cuadro Comparativo Metrados de Varios Navisworks Vs. Excel</i>	148
<i>Tabla V-11: Cuadro Comparativo Metrados de Zapatas Navisworks Vs. Excel</i>	148
<i>Tabla V-12: Cuadro Comparativo Metrados de Cimientos Corridos Navisworks Vs. Excel</i>	149
<i>Tabla V-13: Cuadro Comparativo Metrados de Vigas de Cimentación Navisworks Vs. Excel</i>	149
<i>Tabla V-14: Cuadro Comparativo Metrados de Sobrecimiento Navisworks Vs. Excel</i>	149
<i>Tabla V-15: Cuadro Comparativo Metrados de Columnas Navisworks Vs. Excel</i>	150
<i>Tabla V-16: Cuadro Comparativo Navisworks Vs. Excel</i>	150
<i>Tabla V-17: Cuadro Comparativo Metrados de Muros de Contención Navisworks Vs. Excel</i>	151
<i>Tabla V-18: Cuadro Comparativo Metrados de Vigas Navisworks Vs. Excel</i>	151
<i>Tabla V-19: Cuadro Comparativo Metrados de Losa Aligerada Navisworks Vs. Excel</i>	151
<i>Tabla V-20: Cuadro Comparativo Metrados de Losa Maciza Navisworks Vs. Excel</i>	152
<i>Tabla V-21: Cuadro Comparativo Metrados de Escaleras Navisworks Vs. Excel</i>	152
<i>Tabla V-22: Cuadro Comparativo Metrados de Graderías Navisworks Vs. Excel</i>	152
<i>Tabla V-23: Cuadro Comparativo Metrados de Rampas Navisworks Vs. Excel</i>	153
<i>Tabla V-24: Cuadro Comparativo Metrados de Estrado Navisworks Vs. Excel</i>	153
<i>Tabla V-26: Promedio de las diferenciales de los metrados (Excel Vs. Navisworks)</i>	154
<i>Tabla V-28: Costos de Implementación BIM y Tradicional</i>	155
<i>Tabla V-29: Funciones de Gestión de Proyectos</i>	159
<i>Tabla V-30: Capacidades BIM 4D</i>	160
<i>Tabla IX-1: Detección de Conflictos en Arquitectura</i>	229
<i>Tabla IX-2: Detección de conflictos en Estructuras</i>	232

<i>Tabla IX-3: Detección de conflictos en Instalaciones Sanitarias</i>	<i>237</i>
<i>Tabla IX-4: Detección de conflictos en Arquitectura Vs. Estructuras.....</i>	<i>241</i>
<i>Tabla IX-5: Detección de Conflictos de Arquitetura Vs. Instalaciones Sanitarias</i>	<i>245</i>
<i>Tabla IX-6: Detección de Conflictos en Arquitura Vs. Instalaciones Eléctricas</i>	<i>250</i>
<i>Tabla IX-7: Detección de Conflictos en Estructuras Vs. Instalaciones Sanitarias.....</i>	<i>254</i>
<i>Tabla IX-8: Detección de Conflictos en Estructuras Vs. Instalaciones Eléctricas</i>	<i>259</i>
<i>Tabla IX-9: Detección de Conflictos en Instalaciones Sanitarias Vs. Instalaciones Eléctricas.....</i>	<i>263</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico I-1: Clasificación de Incompatibilidades.....</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico IV-1: Incompatibilidades e Interferencias por el método tradicional</i>	<i>127</i>
<i>Gráfico IV-2: Interferencias e Incompatibilidades Autodesk Naviswork</i>	<i>128</i>
<i>Gráfico IV-3: Costos de Implementación Método tradicional</i>	<i>142</i>
<i>Gráfico IV-4: Costos de Implementación Metodología BIM</i>	<i>143</i>
<i>Gráfico V-1: Clasificación de Incompatibilidades Método Tradicional y Metodología BIM</i>	<i>144</i>
<i>Gráfico V-2: Costos de Implementación BIM Vs. Tradicional</i>	<i>156</i>

RESUMEN

Esta tesis fue realizada con el fin de crear un modelo de gestión que nos permita organizar y administrar el proceso de manera correcta, tal que se pueda elaborar el modelamiento, la planificación, el seguimiento y control de las actividades y de los recursos (mano de obra, materiales, maquinaria y equipos) de manera eficiente, que intervienen en el desarrollo de la planificación del Colegio Leoncio Prado de El Porvenir.

Para ello se propuso la integración de la tecnología 4D (3D + Tiempo) En La Metodología BIM, que se denomina comúnmente BIM 4D, Para Una mejor gestión del tiempo. Tras analizar sus requerimientos teóricos, se examinan las diferentes posibilidades de herramientas BIM 4D así como el flujo de trabajo requerido, haciendo hincapié tanto en las oportunidades como en las limitaciones.

En el primer capítulo se desarrolla la introducción, es decir, los antecedentes, el problema, objetivos y el marco teórico la definición e importancia de la metodología BIM. En el segundo capítulo se describe el material de estudio a emplearse y los métodos y técnicas. . En el tercer capítulo se desarrollará la descripción de los Software utilizados para el modelado y planificación del Colegio Leoncio Prado Gutiérrez

En el cuarto capítulo se describe los resultados obtenidos de la detección de incompatibilidades (*Clash Detection*), Los metrados obtenidos en Autodesk Navisworks y la programación con el TimerLine. En el quinto capítulo tenemos la discusión de resultados de detección de incompatibilidades e interferencias entre el método tradicional Vs. y Naviswork, los metrados del proyecto en Revit Vs. Excel, Timerline y Planificacion 4D.

En el sexto y último capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de este proyecto.

ABSTRACT

This thesis was conducted in order to create a management model that allows us to organize and manage the process correctly, so that it can develop modeling, planning, monitoring and control of activities and resources (labor labor, materials, machinery and equipment) efficiently, involved in development planning Leoncio Prado College of El Porvenir.

This necessitates the integration of 4D technology (3D + time) on the methodology BIM, commonly called BIM 4D, for better time management was proposed. After analyzing its theoretical requirements, the different possibilities of BIM 4D tools and the flow of work required are discussed, emphasizing both opportunities and constraints.

In the first chapter the introduction, that is, the background, problem, objectives and theoretical framework the definition and importance of BIM methodology is developed. In the second chapter the study material to be used and the methods and techniques described.

In the third chapter the description of the software used for modeling and planning Leoncio Prado Gutiérrez College will develop.

In the fourth chapter the results of the detection of incompatibilities (CLASH DETECTION) is described, Los metrados obtained NAVISWORK and programming with Timerline. In the fifth chapter we have the discussion of results and interference detection incompatibilities between traditional and Naviswork Vs. method, Revit project metrados Vs. Excel, Timerline, planning 4D.

In the sixth and final chapter, conclusions and recommendations from this project are presented.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza con el fin de elaborar el proceso constructivo de la obra antes de su ejecución tomando en cuenta el tiempo y a la vez mostrando las incompatibilidades que se encuentra en los planos. Esto se realizará utilizando las herramientas de los softwares BIM 4D. Para entender esto, lo primero es entender, ¿Qué es BIM?

Building Information Modeling se define como el proceso de generación y gestión de datos en un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida. Su forma de trabajo es construir modelos en plataformas tridimensionales en distintos softwares de modelamiento dinámico del proyecto que aumentan la productividad en el diseño y construcción.

En el ámbito de la construcción en el mercado nacional, la plataforma BIM está cobrando fuerza, frente a esto, empresas que se aventuran a innovar con dicha tecnología, se van topando con nuevos desafíos para su efectiva implementación. Este modelamiento de la información para la edificación consiste en realizar, mediante un proceso de generación y administración de una base de datos centralizada de elementos paramétricos, una modelación completa de la obra que comprende: geometría de la construcción en 3D, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de cada elemento de la construcción, y una serie de información, que en definitiva, facilitan y optimizan el ciclo de vida de la obra, desde la etapa preliminar del diseño hasta cuando se explota el proyecto. Toda esta información que se maneja y administra con BIM debe ser coordinada, así también la información de diseño digital, y la documentación que se utiliza desde la concepción, construcción y operación de un proyecto.

El uso de BIM en un proyecto de construcción permite un fácil acceso a la información del proyecto, con lo cual se reduce considerablemente el número de requerimientos de información y el tiempo de resolución de estos.

Las interacciones con otros programas computacionales permiten ir más allá que sólo tener el proyecto modelado con toda la información detallada, se logra también una programación 4D (3D + tiempo, inclusión del tiempo como una variable más que interactúa con el modelo BIM), esta programación es más rápida y fácil de realizar que las actuales formas de programar y registrar avances. También, se cuenta con una serie de ventajas para una mejor visualización, con lo cual, para los distintos involucrados en la construcción del proyecto, se les facilita la comprensión de los problemas que se deben analizar. En definitiva, mientras más se vaya adaptando BIM a la industria de la construcción más ventajas se lograrán con respecto a la forma actual de llevar a cabo un proyecto.

En palabras más simples, cuando se trabaja un proyecto con BIM la interacción entre las partes involucradas se realiza de forma más rápida y directa gracias al modelo central. Arquitectos, ingenieros, especialidades y constructores interactúan de manera más óptima. La industria de la construcción y negocios inmobiliarios, es muy competitiva actualmente y los proyectos de inversión inmobiliaria tienen una alta demanda, asimismo los proyectos de construcción son cada vez más complejos, no siendo suficiente planos 2D, donde se denota ambigüedad en los planos contractuales.

1.1. Antecedentes y Justificación del Problema

1.1.1. Antecedentes.

ANTECEDENTE 1: 'METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGÍA BIM, 2013; Autor: Paul Vladimir Alcantara Rojas.

- Las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería son problemas que responden a un aspecto cultural debido al uso de procesos de administración, contratación y gerencia de proyectos que impiden una adecuada interacción de las etapas de diseño y construcción.
- A pesar de tener poca o ninguna participación en la elaboración del diseño, es la contratista la que habitualmente asume el riesgo del proyecto si estos problemas llegasen afectar en los plazos o costos del proyecto.
- Las Solicitudes de Información (RFI) son documentos de calidad de carácter legal que deben ser elaborados y controlados de forma transparente, ya que sirven como sustento ante cualquier asunto relacionado a los documentos de diseño e ingeniería no contemplados en la propuesta contractual.
- El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además, permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de

construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando.

- El siguiente paso para una construcción sin pérdidas es la industrialización de procesos, con mayor tendencia a las instalaciones prefabricadas a las cuales no podremos llegar si antes no se ha coordinado la ingeniería. Los planos de fabricación o de taller deben salir de un modelo previamente coordinado, un modelo de instalaciones que genere confianza de que no va a sufrir cambios o modificaciones en campo.
- BIM provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto. Esto puede proveer las bases para mejorar el planeamiento y programación de subcontratistas y ayudar a para asegurar la llegada justo a tiempo (*just-in-time*) de personas, equipamiento, y materiales

ANTECEDENTE 2: 'MEJORAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LOS PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA EMPRESA MARCAN, 2013; Autores: Karen Ulloa Roman, Jose Salinas Saavedra.

- El uso de BIM en las organizaciones, es una novedosa propuesta de gestión del diseño y construcción, que nos permitirá tomar decisiones en etapas tempranas, eliminar desperdicios y obtener mejoras en la productividad como las que se han obtenido en otros países.
- BIM propone un cambio radical en la gestión de los proyectos a través del desarrollo de una representación digital con información de producto (un modelo único), que deberá ser enriquecido por todos los involucrados en sesiones colaborativas.
- Para lograr Implementar BIM se requiere que en las organizaciones se den 3 condiciones básicas; la primera es que se establezcan políticas que permitan introducir esta nueva tecnología y que va de la mano con

capacitaciones de un equipo de trabajo (internos y externos a la organización), liderado por personas comprometidas; así mismo se requiere de la adecuación de los procesos en los que va a intervenir y por último contar con las herramientas adecuadas (software, hardware y equipos de visualización)

- Para obtener mejores resultados en el modelo se debe involucrar desde etapas tempranas a los propietarios, proyectistas, proveedores estratégicos, contratistas y constructor.
- Los primeros resultados de la implementación de BIM se dan con la mejora de las comunicaciones entre todos los involucrados.
- Una primera etapa de la implementación de BIM comprende el paso de los planos en 2D al modelado, que es un proceso gradual que viene a ser la etapa PRE- BIM, donde la información es obtenida de los proyectistas en planos en 2D que deben ser procesados “necesariamente” por la organización (ya que nuestro mercado no está preparado para ello), y de donde se obtiene información desarticulada que va a servir para objetivos puntuales (definidos por la organización), como es la visualización, identificación de incompatibilidades e interferencias, obtención de metrados, etc.
- De la experiencia obtenida se puede establecer que se requiere de 0.058 hh / m² de área techada para el modelado de las especialidades de estructuras y arquitectura.
- Se ha determinado que se requieren de 0.046 hh / m² de área techada para el modelado de las especialidades de instalaciones MEP. El éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados, por ello es necesario que exista un responsable (BIM manager), quien tendrá como función principal Organizar el equipo de modeladores BIM recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores,

agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo y establecer los plazos para el cumplimiento.

- Cada organización debe establecer lineamientos básicos para la utilización de BIM desde etapas iniciales, por ello es necesario que se elabore un manual de procedimientos para ser compartido por el equipo (BIM manager, modelador BIM y usuario BIM), el mismo que se irá mejorando conforme crece la implementación.
- Previo al inicio del modelado, el equipo de modeladores debe elaborar una plantilla central de inicio, con información básica y de uso frecuente para evitar que se realicen re trabajos durante el proceso del modelado.
- La implementación de BIM en las organizaciones debe ser gradual en la que la parte interesada (los constructores) toman la iniciativa y sensibilizan a los demás involucrados (proyectistas, proveedores, sub contratista).
- La información que se ingresa al modelo debe ser multidisciplinaria y progresiva, debe de darse desde el diseño y en las sesiones de ingeniería concurrente (ICE), con los involucrados con poder de decisión para evitar re trabajos en las sesiones siguientes.
- Para la realización de las sesiones (ICE) se debe de implementar un ambiente con un equipamiento mínimo que debe ser de por lo menos 02 proyectores para la adecuada visualización del modelo.
- Para el paso de la etapa PRE-BIM a fase 1 BIM donde se requiera la importación del modelo desde los proyectistas, se debe establecer los lineamientos para referenciar los planos hacia un solo punto de partida (en planta y elevación) a fin de que se puedan encontrar las incompatibilidades.

ANTECEDENTE 3: Assessment of 4D BIM applications for project management functions- 2012-2013; Autor: Alberto Urbina Velasco.

El presente trabajo de tesis nos da las ideas más importantes han de ser retirados del mercado por la última vez. La cura para la recuperación de la industria de la construcción parece basarse en muchos diversos y conceptos innovadores que surgen continuamente. De hecho, los cambios son importantes necesario para mejorar el rendimiento de la construcción ya que, a pesar de su carácter antiguo, hoy en día está por detrás de muchas otras industrias.

La metodología que presenta este trabajo, pretende cambiar por completo la gestión de la información en la construcción y que se conoce ampliamente como BIM, implica la adopción de las TIC, con sus consiguientes cambios en muchos procesos, ya que se sabe que la fecha. Como resultado, se experimenta una resistencia severa a cambios para la construcción aunque parece imponerse en algunas partes del mundo. Ello se cree que el BIM se puede optimizar aún más si se acompaña de métodos de contratación basada en IPD y algunos de los conceptos Lean Construcción, ya que todos ellos esperamos a la mejora del sector de la construcción y el fomento de un ambiente de colaboración que tiene sido una y otra vez se ha mencionado a lo largo de todo el estudio.

Centrándose en una sucursal en BIM, el estudio fue redirigido hacia 4D BIM para una mejor gestión de tiempo, y se encontró que era válida para las funciones de gestión de proyectos como forma de mitigar los riesgos del proyecto por medio de una de las aplicaciones comerciales disponibles:

Navisworks Manage 2013. Esta herramienta requiere de la utilización de otras 2 plataformas para hacer 4D modelar posible: Revit 2013 y MS Project 2010. Se analizó Este flujo de trabajo y se concluyó que no es capaz de satisfacer muchas de las funcionalidades teóricos esperados de eso.

En términos de modelado 4D, la calidad del modelo BIM importado es crítico para el éxito del proceso. Además, como el mapeo técnicas se basan más o menos en la actividad nombre o código, la normalización desempeña un papel

esencial para acelerar el proceso. El uso de una denominación adecuada o criterio de codificación y su estandarización para próximos proyectos podrían ser una cosa muy importante a tener en cuenta. Uno de los factores más importantes es la flexibilidad ofrecida por la aplicación para adaptarse a los cambios probables o necesidades del proyecto. Esto es vital para su posible uso como herramienta de gestión en etapas avanzadas del proyecto.

Por fin, la construcción, ya que el mundo está cambiando y evolucionando continuamente. Los avances tecnológicos son una vez más ofreciendo apoyo a este proceso de adaptación, pero la historia tiene muestra que no tiene que ver con la tecnología de absorción. Esta vez la combinación parece ser consistente, pero al final, los seres humanos son los jueces finales que determinará si estos enfoques innovadores, así como prometedores se adoptaron o descartados.

1.1.2. Justificación del Problema.

Con la aplicación de herramientas BIM-4D en planificación de la construcción virtual del Colegio Leoncio Prado Gutiérrez, se puede realizar un análisis de incompatibilidades entre las áreas de estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas; podremos detectar y corregir anticipadamente las deficiencias previas a la construcción de la obra y tendrán un mayor impacto en la calidad, costo y el plazo de entrega durante la ejecución de la misma.

Para ello se utilizarán los softwares Revit y Naviswork, para realizar un cómputo de los metrados del proyecto, con la posibilidad de recalcularlos y analizar el impacto económico de los cambios frente a cambios suscitados en último momento durante la ejecución que se demuestran en el trabajo rehecho. Así mismo, se visualizará la construcción virtual de nuestro proyecto antes de la ejecución, desde la etapa preliminar del diseño hasta cuando se explota el proyecto.

Finalmente, al utilizar estas tecnologías nos proporcionarán mejores resultados y así poder reducir la duración de los proyectos, que se estima por experiencias similares, en un 10% sin aumentar los recursos.

1.2. Formulación del Problema.

¿De qué manera al aplicar herramientas BIM-4D influyen para la disminución de Incompatibilidades en la Planificación de la Construcción del Colegio Leoncio Prado Gutierrez de El Porvenir?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Aplicar las herramientas BIM-4D para la disminución de incompatibilidades en la planificación de la construcción del Colegio Leoncio Prado Gutierrez de El Porvenir.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Modelar el Proyecto original (2D), a 3D utilizando Autodesk Revit.
- Determinar las incompatibilidades en los planos de Arquitectura y Estructura Ins. Eléctricas y Ins. Sanitarias.
- Obtener el reporte de metrados utilizando Navisworks.
- Elaborar la programación (Planificación 4D) utilizando el Autodesk Naviswork.
- Estimar las ventajas del uso del modelamiento BIM 4D frente al enfoque tradicional en función de la determinación de incompatibilidades en el proyecto.

1.4. Hipótesis.

Al utilizar las herramientas BIM-4D en la planificación de la construcción del Colegio Leoncio Prado Gutiérrez, se logrará encontrar las incompatibilidades de los planos, que nos dará una mejor visión de su planificación constructiva virtual, eliminando considerablemente el trabajo rehecho como a la vez optimizando el manejo de los recursos con eficiencia y eficacia durante el avance progresivo.

1.4.1. Definición de las variables

Variable Independiente: Aplicación de herramientas BIM-4D.

Variable Dependiente: Disminución de incompatibilidades en la planificación de la construcción del Colegio Leoncio Prado Gutiérrez de El Porvenir.

1.4.2. Operacionalización de las Variables

Operacionalizar una variable significa traducir la variable en indicadores. A continuación, se presentan los indicadores para las variables de estudio:

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION
VI: “Aplicación de herramientas BIM-4D”	Dimensión Operativa	M2	Nominal
VD: Disminución de incompatibilidades en la planificación de la construcción del Colegio Leoncio Prado Gutiérrez de El Porvenir.	Determinación de incompatibilidades	Tiempo	Nominal
	Visión del Proyecto	Tiempo	Nominal
	Video del Proceso Const.	Tiempo	Nominal

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Modelado de la Información de la edificación (BIM-4D)

1.5.1.1. Definiciones BIM

Se han podido encontrar diferentes definiciones acerca de BIM, por lo que existen varias maneras de interpretar lo que es BIM¹:

- Eastman (2011) describe BIM como una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones. Estos modelos son caracterizados por:
Componentes de la edificación: que son representados mediante representaciones digitales (objetos) que tienen gráficos computables y datos que los identifican en los softwares, así mismo tienen reglas paramétricas que les permiten ser manipulados de una manera inteligente.
- El National Building Information Modelling, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición (NBIMS, 2007,).
- El proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, construcción y/o operaciones para proyectos (McGraw-Hill Construction, 2009).

¹ Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd edn, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

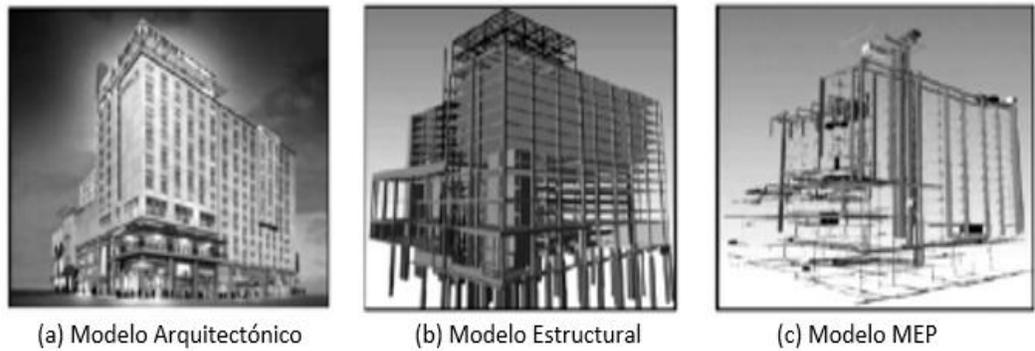
- Hardin (2009) describe a BIM como un proceso y software; y lo explica de la siguiente manera “Muchos creen que una vez que han comprado una licencia para un software BIM pueden sentar una persona en frente de la computadora y están haciendo BIM. Y lo que no se dan cuenta que BIM no sólo significa usar un software de modelado tridimensional sino también la implementación de una nueva forma de pensar”.
- El proceso que se enfoca en el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular el planeamiento, diseño, construcción y operación de una instalación (Azhar, 2008)

Como se ha señalado por McGraw-Hill Construction (2012), BIM puede significar diferentes cosas para diferentes profesionales. El término no es sólo definido de diferentes maneras de acuerdo a determinadas profesiones, pero también hay confusión en tres niveles diferentes. Algunos podrían decir BIM es una aplicación de software, otros, un proceso para el diseño y documentación de información de edificios, y otros más podrían decir que es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto. Con el fin de resumir el concepto BIM de una manera clara, estos son algunas de la mayoría de las características importantes de esta metodología (Eastman 2011):

- **Diseño paramétrico:** Esta tipología de diseño establece relaciones entre los elementos del modelo y entre los elementos de todo el edificio por medio de objetos paramétricos. Este enfoque sobre la construcción del modelo ayuda a resolver problemas tempranos en el diseño. También incluye la automatización de ciertas funciones. Por último, el diseño paramétrico es no sólo interesante para lograr un proceso de diseño más rápido, sino que también facilita tener información recopilada.

- **Gráficos 3D:** Es sin duda una de las mejores características de BIM. Permite detectar errores en el proyecto antes de lo previsto. Además, el dueño, sin necesidad de ser un experto en construcción sería capaz de comprender más fácilmente el producto en 3D que en 2D.
- **Información a nivel de elemento:** Aparte de la geometría 3D, cada objeto o elemento en un modelo BIM contiene información valiosa. Tener toda esta información almacenada permite tener un mayor control sobre cada elemento del modelo de obtención, así como rápidamente cantidades de cualquiera de ellos ya sea individualmente o agrupados. Por otra parte, la conservación de estos atributos es muy útil para el futuro fases del proyecto.
- **Coordinación:** Este término puede adoptar diferentes significados dentro de un entorno BIM. Por un lado, se puede hacer referencia a diseñar la coordinación entre la información del proyecto y la documentación. Como se genera el modelo mientras que se gestionan cambios en ella en conjunto, todo se refleja en todos los puntos de vista a lo largo del proceso de diseño. No es ya necesario introducir todos estos cambios de forma manual en los diferentes puntos de vista, siendo el flujo de trabajo de esta manera en menos tiempo y sin posibilidades a estar propenso a errores. Tener un único repositorio de información o bases de datos (Gu & London, 2010) en forma virtual, permite tener información actualizada y la versión última del proyecto en cualquier momento. Por otro lado, la coordinación puede referirse a las posibilidades de coordinación avanzada entre los diferentes participantes y disciplinas, como se muestra en la '*Figura I-1*'.

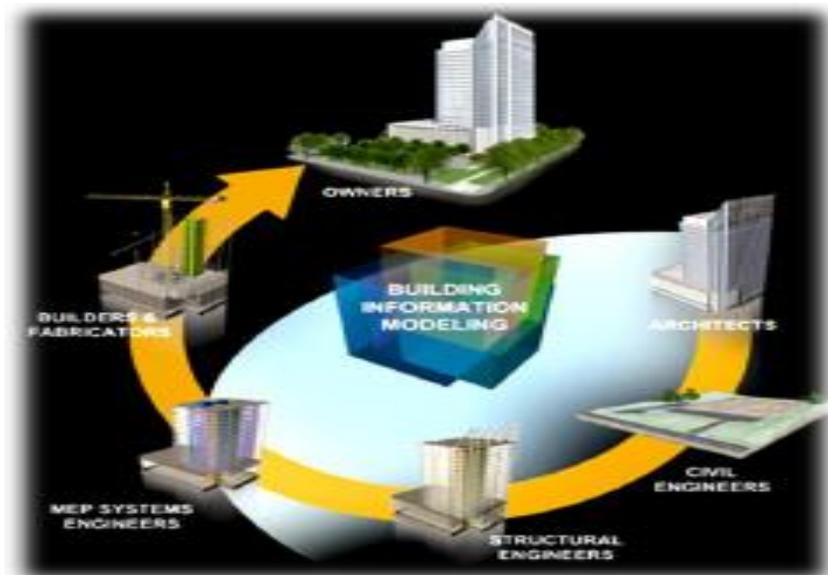
Figura I-1: Coordinación entre los modelos de diferentes disciplinas



Fuente: (Azhar, 2011)

- **Plataforma de comunicación:** Proporcionar la información necesaria para cada participante es uno de los desafíos a fin de que puedan utilizar el modelo para sus propios fines simultáneamente y las herramientas disponibles resulte posible, siempre y cuando están bien empleados. Al mismo tiempo, de esta manera mejora la comunicación, también aumenta la transparencia entre todos los participantes, como se muestra en la 'Figura I-2'.

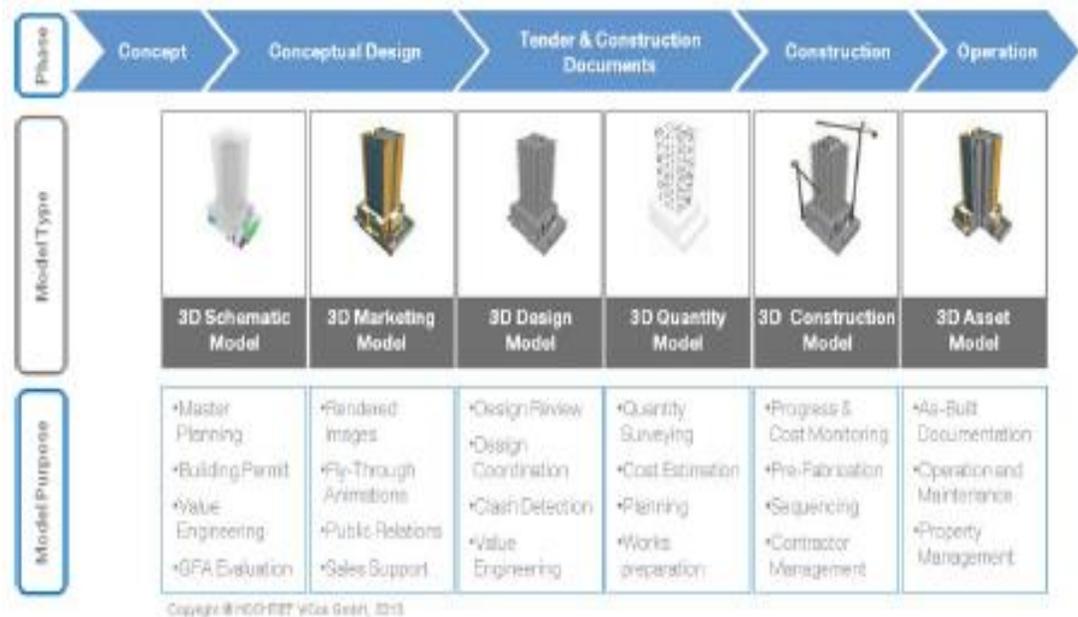
Figura I-2: BIM como una plataforma de comunicación entre los diferentes participantes de un proyecto



Fuente.: (Consortech Solutions Inc., 2011)

- **Visualización:** Uno de los cambios más importantes es el de la representación a visualización. Después de que el modelo se ha construido, se puede visualizar la parte deseada del edificio. De hecho, como la información generada es común y coordinada, el objetivo ya no es para representar cada elemento o grupo de elementos, sino visualizar en cualquier momento lo que es necesario y que ya está ahí. Además, es posible ocultar con el filtro ciertas partes del edificio, así como para cambiar la configuración de visualización para ciertos propósitos con el fin de mejorar la salida del modelo BIM. Por lo tanto, visualizar mecanismos tales como colores, transparencias y similares son herramientas muy apropiadas para la visualización.
- **Ciclo de vida completo del edificio:** BIM está concebido para estar presente en todo el ciclo de vida completo de un edificio, desde la concepción hasta el mantenimiento o incluso hasta la demolición '*Figura I-3*'. De esta forma los registros de todas las modificaciones en el edificio estarían disponibles. (inspecciones, remodelaciones, demoliciones, etc.). El modelo BIM adquiere diferentes propósitos, satisfaciendo las necesidades de todos los participantes y la fase de construcción es la más relevante para este estudio.

Figura I-3: Diferentes propósitos del modelo BIM a través del ciclo de vida de un proyecto



Fuente: (Bim Journal, 2013)

Para el propósito de esta tesis, se considera que la definición BIM implica tanto el uso del software como el proceso que se debe implementar en la organización para cambiar la forma de pensar y aprovechar al máximo los beneficios de este concepto.

En conclusión, BIM es una representación digital de un producto que se da mediante un proceso colaborativo entre los diferentes integrantes y que sirve para la toma de decisiones en todo el ciclo de vida del proyecto para eliminar el desperdicio e incrementar la eficiencia.

1.5.1.2. Diferentes niveles de BIM

Cuando se trata de hablar acerca de los niveles de implementación de BIM, varias definiciones y clasificaciones de diferente naturaleza están disponibles. En primer lugar, el grado de madurez se caracteriza por la definición de 4

niveles diferentes con el fin de aclarar el grado de colaboración, los datos de gestión, medio de intercambio y las herramientas de trabajo y los procesos utilizados en cada uno de ellos.

- **Nivel 0:** El nivel de madurez más bajo estaría basado en CAD 2D básico, sin requisitos específicos de colaboración y sin contar con una base de papel (físico o) la documentación electrónica para el intercambio de datos.
- **Nivel 1:** 2D o incluso diseño basado en CAD 3D, se comienza a utilizar las normas para una producción más efectiva de la información y de la colaboración e intercambio de datos. La gráfica de datos aún sigue careciendo de inteligencia y no hay integración entre los dibujos y otras funciones como la programación y estimación de costos.
- **Nivel 2:** La adopción de BIM entra en este nivel, donde un ambiente 3D es también requerido. La información se adjunta a los objetos gráficos que pueden ser utilizados para otros fines. Gestión de bibliotecas, estructuración de datos y otros requisitos se establecen para facilitar el intercambio de datos. En este nivel la integración se podría lograr por medio de las diferentes plataformas y aplicaciones, pero no de una forma totalmente.
- **Nivel 3:** Es el más alto nivel de madurez. BIM incluye la gestión del ciclo de vida completo de datos interoperables integrados y un servidor de modelo basado en la web para la colaboración. Por lo tanto, los miembros del equipo pueden participar independientemente desde su ubicación y los softwares utilizados se implementarían, integrándose en una base de datos o un modelo único.

1.5.1.3. Estado actual de la aplicación BIM

La implementación de BIM no es de igual manera en todo el mundo. Hay países en los que este concepto se ha introducido hace unos años y muchos otros que están empezando a llegar a bordo. Por otra parte, "el nivel de conciencia, el conocimiento e interés varía dentro de los países, de disciplina a disciplina y de cliente a cliente² (Gu & Londres, 2010).

Otro hecho es que no todas las empresas están implementando BIM al mismo nivel de madurez.

Hay algunos países como los EE.UU., Canadá, Australia, Singapur, Reino Unido y países europeos (Finlandia, Dinamarca, Noruega y Suecia) con notables niveles de implementación BIM. Buena prueba de ello son las diversas directrices para estandarización que están disponibles en línea, así como la publicación de informes con el objetivo de reflejar la situación real en estos países.

Según el Informe SmartMarket 2012, la adopción de BIM general de la industria de la construcción en América del Norte (EE.UU. y Canadá) se ha incrementado de un 28% en el 2007 hasta un 71% en el 2012. Otro hecho interesante reflejado en este informe es que el 91% de las grandes empresas han adoptado BIM³.

El caso del Reino Unido es especialmente interesante en Europa, debido al hecho de que para el año 2016 será obligatoria para todos los proyectos públicos que se completará la implementación de BIM al menos en 'Nivel 2' (Oficina del Gabinete, 2011). Esta es una clara señal de las medidas adoptadas por los gobiernos y la importancia de la introducción de nuevas políticas para la adopción de BIM por los países.

² Gu, N. & London, K. 2010, "Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry", *Automation in Construction*, vol. 19, no. 8, pp. 988-999.

³ McGraw Hill Construction 2012, SmartMarket Report The Business Value of BIM in North America. Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012.). McGraw Hill Construction.

La adopción del BIM en Latinoamérica aún no es una realidad concreta. Sin embargo, ya existen iniciativas para la difusión y adopción de éstas tecnologías, siendo los realizados en Chile uno de los casos más resaltantes.

En Chile, la Cámara Chilena de la Construcción (el símil de Capeco en el Perú) desde el año 2007 viene asumiendo el liderazgo para romper la barrera del desconocimiento, promoviendo la difusión del uso del BIM por medio de charlas dictadas gratuitamente. Tres años después, el mismo gobierno aprobó con financiamiento una política de “Implementación y promoción de la tecnología BIM en Chile”, a cargo de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) y de siete importantes constructoras de ese país⁴.

En el Perú, el uso del BIM está poco difundido y no se cuenta con estadísticas o casos reales de implementación. Si bien se sabe que algunas empresas de vanguardia lo están utilizando, tales como GyM, Odebrecht y ahora Cosapi, éstas sólo se enfocan en algunas de sus áreas de aplicación de manera aislada, dependiendo de sus necesidades y de las utilidades que desean aprovechar. De otro lado, muchas empresas desconocen de sus potenciales ventajas. Esto se debe a que el BIM como panorama general no es en sí aprovechar los beneficios de utilizar un software, sino un cambio en la manera de pensar y gestionar los proyectos, al igual que Lean.

De todas formas, queda claro que el uso del BIM, aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto.

⁴ ROJAS, P. V. (2013). “METODOLOGIA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCION VIRTUAL USANDO TECNOLOGIAS BIM”. Lima, Peru.

1.5.1.4. Interoperabilidad

La interoperabilidad es una de las ramas principales y retos de BIM ya que es una aplicación versátil, debido a que es capaz de cubrir todas las funciones que la metodología de trabajo BIM incluye. Como resultado, la información necesita fluir a través de diferentes aplicaciones teniendo diversos tipos de formato como una salida. De esta manera, el término se refiere a la interoperabilidad a la 'capacidad de intercambiar datos entre diferentes aplicaciones' (Eastman 2011).

De acuerdo con la nivelación jerárquica puede referirse a ya sea la interoperabilidad entre 'plataforma a plataforma', 'plataforma a herramienta' o 'herramienta a herramienta'. La primera de ellas resulta ser la más difícil entre los tres de ellos.

Por otro lado, hay muchos proveedores de software diferentes que ofrecen plataformas BIM. En consecuencia, no todas las empresas o los profesionales deciden utilizar el mismo software en sus oficinas, mientras que necesitan para mantener, compartir e intercambiar información como una forma de colaboración. Para resumirlo de una manera sencilla, la cosa es que cada BIM plataforma establece sus propias reglas de diseño para permitir la edición del modelo que se ha generado, y también produce un formato propietario como una salida. Estas diferencias en sus reglas causan problemas cuando los modelos generados en una plataforma deben ser editados en otra diferente. De esta manera, el uso de formatos propietarios en lugar de formatos abiertos es un freno adicional para la interoperabilidad y las marcas 'nivel 3' BIM a ser una especie de utopía.

BuildingSMART, una organización internacional sin fines de lucro que aspira a hacer BIM abierta posible, durante las dos últimas décadas ha sido especialmente notable. Como resultado de su esfuerzo, el modelo de datos abierto más popular ampliamente conocida con el nombre Industry Foundation

Classes (IFC) fue creado para el intercambio de datos entre diferentes aplicaciones.

Por último, “la plataforma a la herramienta” interoperabilidad es el caso de prestar atención a la parte práctica, puesto que la salida de una de las plataformas comerciales se utiliza en una herramienta comercial para un propósito específico. Por lo tanto, se requiere sincronización y asignación de campos en todo el proceso (Eastman et al., 2011).

1.5.1.5. Plataformas de diseño BIM

La metodología de trabajo BIM requiere de la adopción de plataformas de software de diseño.

Algunas de estas aplicaciones disponibles hasta la fecha se enumeran en la siguiente tabla.

Tabla I-1: Principales plataformas de diseño BIM y últimas versiones disponibles en el mercado

COMPAÑÍA	PLATAFORMA BIM	LOGO
Autodesk	Revit	
Graphisoft	ArchiCAD	
Bentley	Bentley Architecture	
Nemetschek	Allplan Achitecture	
Gehry Technologies	Digital Project	
Tekla	Tekla Structures	

Fuente: (Eastman et. Al., 2011)

1.5.2. BIM 4D: El tiempo añadido al modelado de información de construcción

Uno de los desarrollos más recientes e interesantes en el mundo BIM ha sido la introducción de una nueva dimensión. Mientras CAD 3D y BIM recorre de forma exhaustiva las dimensiones del espacio, **BIM-4D integra el tiempo en el proceso.**

1.5.2.1.El Tiempo: La 4^{ta} Dimensión

La adición del atributo tiempo para un 3D (x, y, z) da como resultado un 4D (x, y, z, t). Esta característica extra le ofrece al modelo más dinamismo en términos de lo que representa el comportamiento de los elementos de construcción a lo largo del tiempo. La presencia del tiempo facilita que sea más probable la entrega a tiempo de los proyectos.

Al principio BIM y la tecnología 4D eran conceptos separados y han ido teniendo diferentes progresos desde su concepción. Sin embargo, se cree que su combinación en la misma metodología de trabajo podría ayudar a mejorar ciertos procesos y parece especialmente para los contratistas (Eastman et al., 2011).

1.5.2.2.Tecnología 4D en la Construcción

Al momento de representar un edificio, herramientas de diseño tradicionales suelen presentar su final y estado completo sin presentas atención a su variación en el tiempo (McKinney y Fisher, 1998)⁵. Como resultado, una de las principales limitaciones de los modelos 3D es su incapacidad para mostrar el estado preciso del progreso de la construcción (Wang et al., 2004)⁶. Sin embargo, los planificadores requieren de una visión más dinámica de la

⁵ McKinney, K. & Fischer, M. 1998, "Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools", Automation in Constuction, vol. 7, no. 6 pp. 433-447.

⁶ Wang, H. J., Zhang, J. P., Chau, K.W. & Anson, M. 2004,"4D dymnic managme for construction planning and resource utilization", Automation in Construction, vol. 13, no 5 SPEC. ISS., pp. 575-589.

secuencia con el fin de ser capaces de visualizar etapas intermedias. Asimismo, para la planificación emplean herramientas tradicionales tales como: barras, gráficos y diagramas que no facilitan la visualización del proceso. No muestran características espaciales y requieren de un alto nivel de abstracción para crear representaciones mentales (Koo y Fisher, 2000; Chau et al., 2003 y 2004)⁷. Incluso aunque la experiencia es un punto fuerte para la planificación hay una necesidad de reducir riesgos dejando menos espacio para la improvisación y en consecuencia a las posibles inadecuadas. La tecnología 4D salió a la luz con el fin de abordar todas las deficiencias antes mencionados, lo que lleva modelos estáticos hacia un contexto más dinámico por la introducción de la variable tiempo: 3D + tiempo.

Modelos 4D tienen varios usos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y ofrecen oportunidades dentro de las diferentes fases del proyecto. Se puede distinguir 4 etapas diferentes acerca de la posible utilización de modelos 4D para mejorar a los proyectos de construcción (GSA, 2009):

- **Etapa de Pre-diseño:** en un diseño muy temprano o fases de redacción, la tecnología 4D es útil para el análisis de las posibles alternativas de construcción. Permite comparar varias soluciones con la interacción entre el programa básico de construcción básico y partes generales del edificio, como los niveles y espacios.

- **El desarrollo del diseño:** conforme el diseño avanza se van incluyendo detalles, esta tecnología es valiosa para llevar a cabo el análisis de constructabilidad. Mientras que la planificación de proyectos alcanza importancia, modelos 4D son verdaderamente utilidades para comprobar si el calendario previsto y la secuencia de la construcción tienen sentido.

⁷ Koo, B. & Fischer, M 2000. "Feasibility study of 4D CAD in comercial construction", Construction Engineering and Management, vol. 126, no. 4, pp. 251-260.

Además, son de buen uso para comparar y seleccionar los métodos y procesos de construcción.

- **Fase de licitación:** modelos 4D pueden ser utilizados por los contratistas para comunicar las diferentes fases de construcción al cliente, así como la manera en que el edificio se va a construir. En parte podría servir para convencer al cliente sobre la capacidad del contratista para llevar a cabo el proyecto. Simultáneamente, también pueden ser útiles para optimizar el proceso de licitación de las solicitudes propuestas. Por lo tanto, la tecnología 4D no solo trabaja como herramienta de ventas sino también para ganar precisión en las estimaciones por medio de una mejor comprensión de la secuencia de construcción.

- **Fase de construcción:** durante la etapa de construcción uno de los retos para los contratistas es coordinar las operaciones con el fin de evitar tiempo y conflictos espaciales. Esta es otra capacidad de los modelos 4D junto con la ayuda que provee para la administración visual de sitios. Otra utilidad de esta etapa sería comparaciones para funciones de supervisión del proyecto. Esta es también la fase en la que se puede planificar reuniones, ya que el tiempo para las reuniones pueden ser reducidas hasta un 30% con el uso de las tecnologías 4D (Dawood y Sikka, 2009)⁸. Por lo tanto, el uso de 4D se puede extender a trabajar como una herramienta para mejorar en el campo la productividad a través de una mayor coordinación y comunicación entre especialidades y participantes del proyecto. Se debe dar especial atención a estas funcionalidades ya que esta es la fase más relevante para la presente investigación.

⁸ Dawood, N. & Sikka, S. 2009, "Development of 4D based performance indicators in construction Industry", *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 16, no. 5, pp. 438-458.

Independientemente de la fase de proyecto, no hay duda de que estos modelos 4D mejoran la comprensión, especialmente en los proyectos de alta complejidad.

Lógicamente, los requisitos del modelo significativamente varían dependiendo de su propósito. Si el modelo es para ser utilizado como una simple herramienta de visualización, por ejemplo, para mostrar una secuencia de la construcción para el cliente de una manera animada de la información y programación, los criterios utilizados para tal animación no serían tan vitales. Sin embargo, si se va a utilizar con fines de gestión de contratistas y gerentes de proyecto, el modelo sería mucho más exigente con el fin de satisfacer las necesidades de flexibilidad de los planificadores. Esta es la clave factor de donde BIM tiene algo nuevo que ofrecer, las oportunidades de estas herramientas para la gestión en etapas avanzadas, ya que es cuando falta más aplicabilidad y se puede extender a todo su potencial.

1.5.2.3. Evolución de las Tecnologías de 4D: Desde CAD 4D a BIM 4D

Desde la concepción de la tecnología 4D y hasta estos días, muchos estudios han intentado mejorar la calidad y visualización del proceso de construcción, así como disminuir el esfuerzo requerido por el usuario. Por lo tanto, esta tecnología ha ido experimentando una evolución en la últimas dos décadas, dejando un montón de diferentes generaciones de herramientas en forma de aplicaciones comerciales y prototipos. Así pues, se realizará una revisión cronológica de la literatura en la tecnología 4D.

El término CAD 4D surgió como un medio para representar el tiempo y el espacio, una simulación de los procesos. CIFE (Centro Integrado Fondo Ingeniería) de la Universidad de Stanford ya estaba lidiando con CAD 4D en la década de 1990 (Universidad de Stanford, 2013)⁹. Ellos se centraron en el poder

⁹ Sanford University 2013, CIFE – Center for Integrated Facility Engineering.
Disponible: <http://cife.stanford.edu/>

de las herramientas 4D para la planificación del tiempo, lo permite la consideración de alternativas de construcción y programación como resultado de sus investigaciones, una herramienta llamada ‘CIFE 4D-CAD’ fue creada. Esta herramienta fue creada para el horario-visualización, así como para la toma de decisiones en una sola plataforma. Al principio, el método de vincular componentes de CAD para tareas era casi manual y McKinney (1996) para hacer frente a estas deficiencias, declaro dos cosas: (1) introducir una mayor automatización para la creación del modelo 4D y (2) adaptar esta herramienta para un uso colaborativo¹⁰.

Un número de herramientas CAD 4D disponibles en aquellos tiempos junto con varios requisitos fueron presentados por MacKinney y Fischer (1998). También se mencionó que era probable que incluya información extra, aparte de tiempo y el espacio, el análisis de costos. Además demostraron como estas herramientas pueden ser utilizadas o solo durante la fase de diseño, sino también como una extensión para la fase de construcción, por medio de un ejemplo que muestra como ayudo en la re-planificación y toma de decisiones para la construcción de un techo.

En el 2000, algunos de los beneficios de CAD 4D se demostraron como los modelos 4D son una herramienta útil para la visualización, la integración y el análisis (Koo y Fischer, 2000). Por la aplicación de esta tecnología a un caso real, el modelo permitió a un grupo de investigadores enfrentarse a problemas comunes, que los sistemas de programación tradicionales no conducían a un apropiado nivel de detalle y a una secuencia de programación ilógica. Sin embargo, todavía se detectaron algunas debilidades en los modelos 4D, por ejemplo, que no transmiten toda la información necesaria de la planificación. No eran capaces de mostrar elementos temporales ni sus necesidades de espacio, presentaban limitaciones en la disponibilidad de recursos.

¹⁰ McKinney, K., Kim, J., Fischer, M. & Howard C. 1996, “Interactive 4D-CAD”, Computing in Civil Engineering (New York), pp. 383-389.

Akinci (2002) presentó un sistema llamado '*4D WordPanner Space Generator*', también conocido como 4D 'SpaceGen', para la generación automatizada de espacios de trabajo en un intento de hacer simulaciones CAD 4D más esclarecedoras. Fue creado con el fin de permitir al usuario visualizar en el modelo no solo los elementos, sino también el espacio necesario para llevar a cabo las actividades. Por esos medios se puede detectar automáticamente los conflictos de tiempo-espacio. Con el fin de llevar a cabo simulaciones CAD 4D o inclusive la modificación automática de horarios.

Chau et al., (2003) elaboró una herramienta 4D para 'Planificación Grafica de la Edificación y la Utilización del Sitio' la plataforma también era conocida con el acrónimo '*4D-GCPSU*'. En vista de la naturaleza aun basada en componentes de modelos CAD 4D, incorporó dirección de obra adicionando técnicas tales como la asignación de recursos, así como un intercambio de información bidireccional, es decir, que había una posibilidad de cambiar de una aplicación a otra a fin de introducir cambios ya sea desde el modelo 3D o en el horario. A pesar de todo, algunas de las debilidades manifestadas fueron el lento procesamiento de archivos de gran tamaño y la rigidez para la actualización del modelo.

En el 2004, un nuevo mejorado modelo 4D llamado '4D Site Management Model +' (4DSMM+) fue propuesto en la plataforma del sistema de 'Management for Construction Planning and Resource Utilization' (4D-MCPRU) (Wang et al., 2004). Esto permitió una planificación dinámica de recursos, así como la utilización del sitio entre otras nuevas funciones. Esto significa que aparte de agregar información de la programación también fue posible incluir información de recursos, visiblemente estructurada en una estructura de desglose de trabajo y llevando a cabo planes de recursos por medio de plantillas predefinidas para los tipos de elementos. De esta manera el modelo 4D se extendió hacia otros campos de gestión de la construcción. Como se indica, una mayor flexibilidad para la re-planificación es una de las

características fundamentales del sistema, una importante función para la gestión del sitio.

En la misma línea de herramientas de gestión del sitio para administradores de la construcción, Chau et al. (2004) presentó un nuevo prototipo de la introducción de las anotaciones de los recursos necesarios (mano de obra, materiales y equipo) para cada una de las actividades de la programación. Se validó como una herramienta útil para la re-planificación a corto plazo en un caso real de un almacén en Hong KONG.

Debido al hecho de que las tecnologías 4D no habían experimentado una amplia adopción por practicantes de construcción, Mahalingam et al. (2010) hizo un esfuerzo para aumentar la comprensión del concepto para una mejor aceptación a través de una aplicación práctica y varias encuestas realizadas en el sector de la construcción de la India. Analizaron la aplicabilidad de CAD 4D para diferentes tipos de proyectos y etapas, los beneficios de esta tecnología que ellos todos pueden obtener, de una manera u otra. A pesar de los grandes beneficios que se pueden lograr con 4D para fines de comunicación contratista-cliente, la falta de la integración de esta tecnología con las herramientas de gestión de proyectos existentes era abordada como una importante tendencia en el futuro en caso de que su aplicación pretenda ser más extendida a proyectar las funciones de gestión.

Con la irrupción progresiva del BIM, la tecnología 4D comenzó a ser integrada en el proceso BIM debido a sus ventajas, que serán mencionadas más adelante que esta tecnología incorpora. De hecho, se requiere una comprensión completa de BIM para implementar BIM 4D y el tiempo necesario para preparar y vincular el modelo para las simulaciones.

1.5.2.4. Las Diferencias entre CAD 4D y BIM 4D

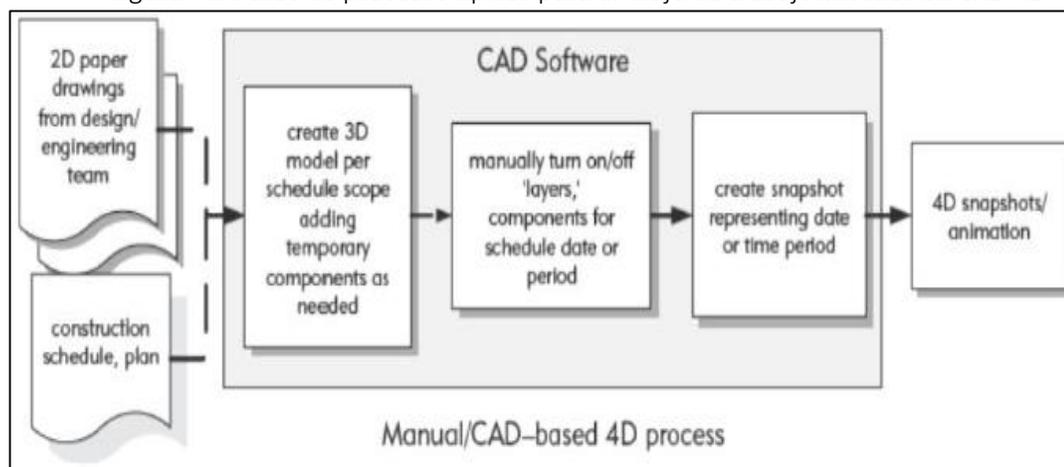
Después de revisar la literatura existente sobre tecnologías 4D, es vital entender las diferencias que este cambio de metodología conlleva y como contribuye en la construcción. Los principales factores distintivos de CAD 4D y BIM 4D son los siguientes:

- **Información:** esta es la diferencia más importante entre todas las que figuran. Los elementos de un modelo BIM, a diferencia de los objetos CAD en 3D, contienen información valiosa y parámetros. Esto se traduce en un control estricto sobre cada elemento tanto de los modelos 3D y 4D. La información ya está unida a ellos desde el principio, y no tiene que ser añadida manualmente. Además, los parámetros pueden ser incluidos en el modelo BIM con miras a facilitar la generación del modelo 4D. Sin embargo, en gran medida, este hecho se basa en la calidad del modelo BIM importado.
- **Capas vs. Elementos:** modelos CAD en 3D están compuestos principalmente de capas gráficas que representan la geometría del objeto. Como resultado, en un modelo CAD 4D las capas están vinculadas a las tareas, mientras que en el modelo BIM 4D las tareas se asignan directamente a los elementos del modelo. Respecto a esto la segunda metodología supone una gran ventaja sobre el primero.
- **Generación de modelos 3D:** Para un modelo 4D la entrada es un modelo 3D, en un flujo de trabajo basado en el modelo BIM 3D se genera automáticamente, y por tanto una de las entradas se logra sin consumo significativo de tiempo. Por el contrario, en un típico flujo de trabajo basado en CAD, el modelo 3D tendría que ser creado a partir de 2D, con pérdidas de tiempo como consecuencia de su producción. Como resultado

de todas estas diferencias del flujo de trabajo también varía significativamente de CAD a BIM como se ilustra. 'Figura I-4' y 'Figura I-5' respectivamente.

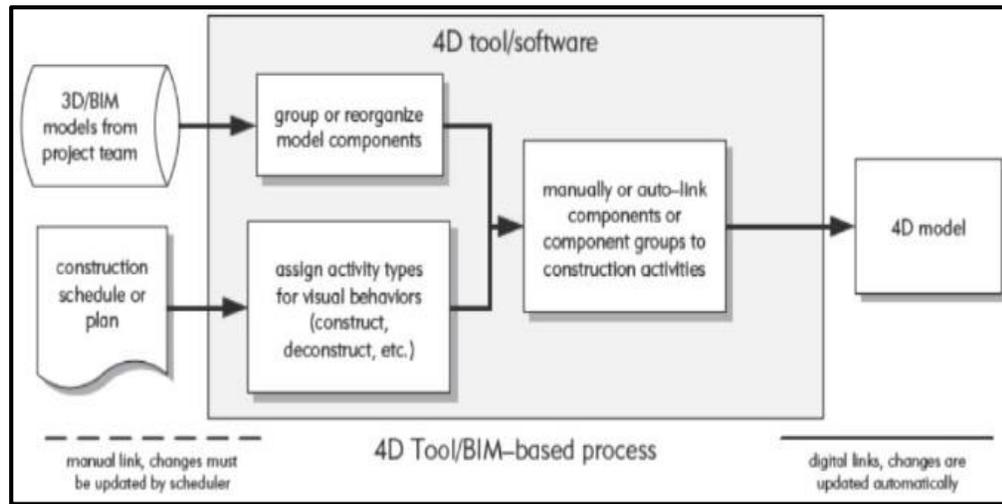
- **Flexibilidad para la re-planificación:** la ventaja de la generación rápida y flexibilidad en la introducción de cambios en forma coordinada hace de BIM una adecuada herramienta de gestión a 4D. En caso de utilizar más de una aplicación la coordinación entre las diferentes plataformas se convierte en un tema muy importante y por tanto las opciones de sincronización son realmente de gran alcance. (McKinney et col., 1996).
- **Opciones avanzadas de vínculos:** la información incluida en los objetos 3D es valioso cuando se trata de vincular la geometría para tareas, y es posible siempre y cuando se utilice BIM. El uso de normas para hacer referencia a ciertos parámetros contenidos en los elementos acelera la vinculación manual de arduos procesos. Esto normalmente se prevé dentro de las herramientas de diseño BIM por la inclusión de parámetros adicionales que se van a utilizar más adelante con herramientas BIM 4D.

Figura I-4: Pasos de procesos típicos para un flujo de trabajo basados en CAD 4D



Fuente: (Eastman et al, 2011)

Figura I-5: Pasos de procesos típicos para un flujo de trabajo basado en BIM 4D



Fuente: (Eastman et al, 2011)

1.5.2.5. Utilidades de modelos 4D

Después de revisar la literatura existente sobre la evolución de las aplicaciones 4D, se espera que varias funciones puedan ser cubiertas por la tecnología 4D actualizada. El valor real de la planificación 4D es un tema objetivo de debate entre los profesionales, ya que el cliente es varias veces considerado como el único beneficiario de todo esto, en lugar de los planificadores. Sin embargo, esto es lo que no sugiere la literatura, debido a que BIM 4D se conoce como una nueva dimensión ajustado a alcanzar objetivos más ambiciosos. Resumiendo, el contenido, estas son algunas de las utilidades teóricas de los modelos 4D cuando son utilizados como una ayuda para el proyecto. (Figura I-8):

- **Lista de visualización:** una de las unidades más comunes de los modelos 4D es su aplicación para la visualización de secuencias de construcción (McKinney et al., 1996; McKinney y Fischer, 1998; Chau et al., 2003). Como un atributo adicional introducido en modelos 3D, la visualización

del tiempo puede facilitar considerablemente la comprensión de horarios, no solo a los planificadores, sino también al resto del equipo o demás partes interesadas. Esta característica favorece la colaboración de todos los participantes logrando un alto nivel de transparencia, que se demostró ser vital (Riley y Clare-Brown, 2001; Sacks et al., 2009). La lista de visualización no se limita a la etapa de diseño, sino que también sirve durante la etapa de construcción, por ejemplo, para la visualización de los cambios introducidos en un programa de construcción. Los horarios se pueden visualizar por medio de sus clips de simulación. Por último, *3D recorrido o fly-through* permite la navegación en tiempo real en cualquier etapa de la construcción, esta es otra posibilidad de modelos 4D.

- **Simulaciones 4D:** la simulación del proceso de construcción es una forma visual para evaluar la constructabilidad y de acercarse a las condiciones reales en el lugar de construcción antes de su comienzo. En otras palabras, las simulaciones 4D podrían servir como una especie de ensayo de la construcción para reducir la incertidumbre y anticipar los riesgos del proyecto. Estos son aplicables a proyectos completos o para un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, en obras estructurales la creación de un clip puede ser más eficaz, ya que este refleja más claramente el dinamismo de una obra de construcción. En realidad, las animaciones se pueden incluir para hacerlo más visual para todos.
- **Integración y comunicación de los participantes del proyecto:** las tecnologías 4D son adecuadas también para ser utilizadas en las reuniones del proyecto como un medio perfecto para la colaboración. Asimismo, la comunicación efectiva entre los diferentes oficios y especialidades es vital durante la fase de construcción. Al momento de visualizar horarios tradicionales de construcción no es raro obtener diferentes interpretaciones por diferentes miembros del proyecto (Koo y Fischer, 2000). Por lo tanto,

la adición de un componente visual de la programación ayude a aclarar cualquier posible duda tanto como lograr una mejor comunicación y coordinación entre los participantes.

- **Toma de decisiones:** la práctica de la construcción implica constantemente tomar decisiones durante las etapas de diseño planificación y construcción de un proyecto. Sin embargo, la solución no siempre es clara y a veces las decisiones rápidas se toman a ciegas sin estar completamente seguros de ser la mejor opción. Los modelos 4D son un medio para ayudar en la toma de decisiones de los profesionales cada vez que necesitan una imagen clara para descartar o aprobar diferentes opciones. Se sabe que esas decisiones tomadas a tiempo tienen el mayor impacto en el proyecto (Koo y Fischer, 2000). El análisis de alternativas de construcción o de horario son algunas de las principales utilidades de este sistema. Muchos trabajos científicos están de acuerdo en el hecho de que 4D es ante todo una herramienta para tomar decisiones adecuadas (McKinney et al., 1996; McKinney y Fischer, 1998; Chau et al., 2003).
- **Re-planificación:** los modelos 4D pueden también ser utilizados para cambiar horarios siempre que sea necesario, con el fin de reorientar el proyecto hacia el objetivo adecuado. Flexibilidad para introducir estos cambios es vital con el fin de no pasar excesivo tiempo haciendo (Chau et al., 2003 y 2004). De lo contrario, si cada vez que un cambio se deba hacer gran cantidad de tiempo se requeriría, las tecnologías 4D no tendrían sentido. Después de todo, ni la geometría, ni el horario son definitivos desde el principio hasta el final. En consecuencia, la idea es poder continuamente cambiar y actualizar el modelo hasta el final del proyecto.
- **Vigilancia el tiempo:** el control sobre las tareas realizadas, así como las tareas en desarrollo, es otra función importante de las prácticas de gestión

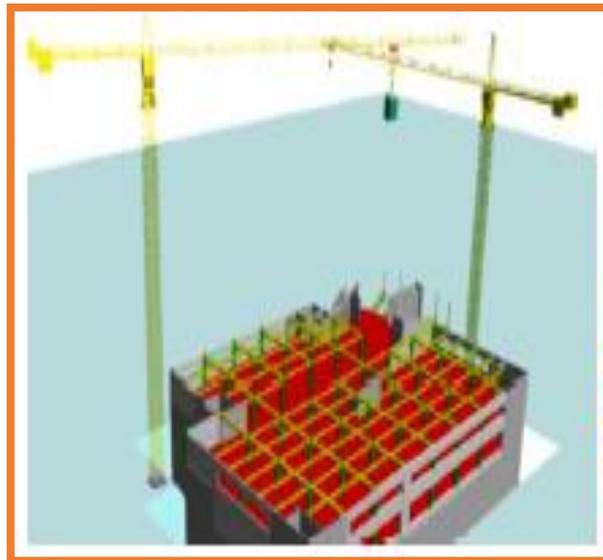
de proyectos. El seguimiento de los avances de las actividades previstas es imprescindible para saber si el plan se está cumpliendo, y en caso de que no lo sea, adoptar medidas adecuadas para afrontar con éxito la situación. El uso de mecanismos visuales como los colores pueden servir como una herramienta temporal para ayudar a controlar el tiempo de una manera más visible.

- **Análisis:** finalmente, los modelos 4D se pueden utilizar para llevar a cabo análisis de diferentes naturalezas, todos ellos están relacionados con las actividades de gestión del proyecto. Estas son algunas de los usos alternativos de estas tecnologías:
 - Detención de conflictos: una inadecuada secuencia de las actividades puede originar conflictos de tiempo-espacio (McKinney y Fischer, 1998; Koo y Fischer, 2000) en las obras de construcción. Esto es habitual debido a la falta de contenido visual de horarios. Previendo posibles conflictos, evitaría problemas en el sitio de la construcción, por ejemplo, tiempo de espera. La automatizada generación de espacios de trabajo para anticiparse a los conflictos de tiempo-espacio es otra función que se puede añadir a los modelos 4D (Akinci et al., 2002).
 - Utilización del sitio: los modelos 4D pueden proporcionar una imagen dinámica del espacio requerido en el sitio de construcción durante las diferentes fases de construcción (Chau et al., 2003 y 2004). Visualización de la ubicación de los recursos como maquinaria, equipos e instalaciones temporales. Además, el comportamiento de los equipos móviles se podría prever. Por ejemplo, el uso común en este campo sería la anticipación de las actividades de la grúa (Al-Hussein et al., 2006) con el fin de analizar su capacidad de maniobra de

antemano, como se puede ver en 'la figura I-6'. Presentación del sitio incluyendo maquinaria y equipo temporal (Figura I-7).

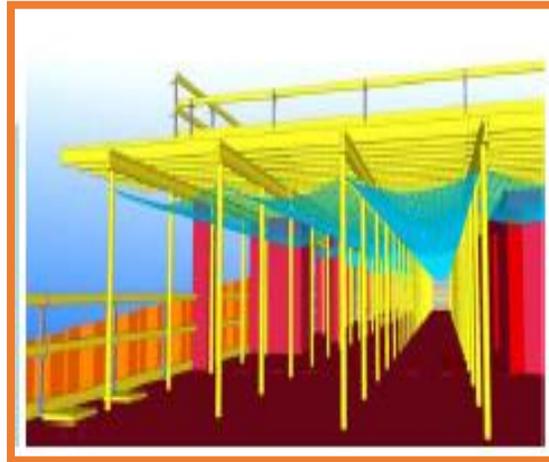
- Asignación de recursos: con el fin de conocer los recursos (mano de obra, materiales y equipo) requerido por actividad, los modelos 4D pueden integrar funciones para facilitar su asignación óptima (Chau et al., 2003 y 2004; Wang et al., 2004). Dado que los estudios analizados sugieren estas posibilidades, esto sería obtenido por medio de una base de datos que proporciona dicha información.
- Gestión de salud y seguridad: ya que las medidas de salud y seguridad también son partes de las actividades programadas, BIM 4D puede ser útil para la gestión de seguridad (Kiviniemi et al., 2011), que consistirá en la integración de este tipo de elementos y actividades en el modelo y simulaciones, como se ilustra en la 'Figura I-7'.

Figura I-6: Modelo para analizar las operaciones de grúas



Fuente: (Al-Hussein et al., 2006)

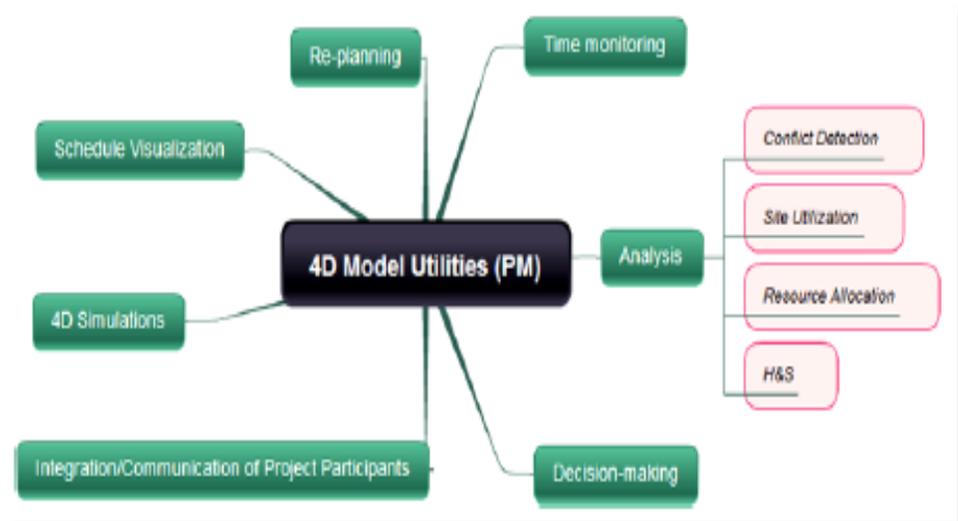
Figura I-7: Medidas de salud y seguridad con elementos de apoyo temporal en un



modelo 4D

Fuente: (Kiviniemi et al., 2011).

Figura I-8: Modelo 4D de utilidades para la gestión de proyectos (PM)



Fuente: (Urbina Velasco, 2013)

La integración del análisis y gestión de costes en el ambiente 4D es conocido como la 5^{ta} dimensión de BIM: 5D (x, y, z, t, \$). A pesar de que esta función de gestión en un proyecto es muy importante, el costo esta fuera del ámbito de este estudio.

Nivel de detalle: es un concepto fundamental tener en cuenta en los modelos 4D. Esto depende tanto en el modelo BIM importado y en el calendario. Por un lado, que cuente con un nivel homogéneo de detalle para todas las actividades, ya que es importante entender el proceso constructivo (Koo y Fischer, 2000). Es decir, los horarios deben ser consistentes donde todas las actividades se descompongan en el mismo nivel. Por otra parte, los elementos en un modelo BIM tienen que comportarse de acuerdo con el calendario y en las diferentes etapas del proyecto (desde el diseño conceptual hasta la construcción) que podrían ser utilizados para representar diferentes aspectos.

1.5.2.6.Herramientas 4D BIM

A la hora de seleccionar una herramienta BIM 4D hay varios aspectos a tener en cuenta. Los requisitos para diferentes maneras de construir un modelo, así como la disposición de softwares serán explicados.

Requisitos de herramientas BIM 4D

A pesar de que los usos de 4D BIM ya se han explicado, el rendimiento varía de aplicación a aplicación. Como una herramienta para ser utilizada por los contratistas, las aplicaciones BIM 4D satisfacen una serie de requisitos y algunos de ellos se enumeran a continuación (Eastman et al., 2011):

- **Capacidad de importación:** por un lado, se requiere que herramientas para importar modelos desde herramientas de diseño BIM. La conservación de la información contenida en ellos es esencial para el modelado 4D avanzada. Por otro lado, la posibilidad de llevar en el tiempo de planificación en horarios de software también es importante. Otra cosa a tener en cuenta es si la aplicación es compatible con el formato de archivo para la interoperabilidad con un software diferente.

- **Capacidad de exportación:** la forma en que la herramienta es organizada puede facilitar el intercambio de archivos que contienen el modelo 4D entre los miembros del proyecto. El tamaño del archivo de salida es importante para asegurar una buena navegabilidad. Además, la aplicación debe ser capaz de generar fácilmente instancias estáticas y archivos de videos con simulación dinámicas.
- **Combinar las opciones de actualización en el modelo BIM:** es realmente interesante que la aplicación tenga la capacidad de combinar diferentes modelos para el diseño 4D. De hecho, en trabajos de diferentes disciplinas de manera independiente (de forma coordinada), pueden fusionar más adelante sus modelos en una sola. Tener la sincronización con los archivos originales es otro requisito.
- **Reorganización de datos:** la gran cantidad de elementos con los que cuentan los modelos BIM tienden a hacer muy difícil el proceso de modelado 4D. La oportunidad de reorganizar todos los elementos de antemano simplifica la selección y el procedimiento de vinculación.
- **Elementos temporales y equipos:** también es interesante la visualización temporal de componentes y maquinaria en las simulaciones para hacer una idea de cómo la obra de construcción se vería en un momento específico en el tiempo. Esto es útil para prever su capacidad de maniobra en el lugar específico. Por lo tanto, la posibilidad de cargar estos componentes es un punto fuerte de estas herramientas.
- **Animación:** algunos elementos pueden requerir que se presente de manera animada mientras se ejecuta una simulación. Este es el caso de la maquinaria en movimiento, tales como camiones, grúas y similares, y que ayudaría a representar mejor el dinamismo de la construcción.

- **Vinculación automática:** con el fin de acelerar el proceso que consume tiempo de vinculación la geometría de las actividades, las opciones de enlace automáticas son una característica imprescindible para una herramienta de modelado 4D. Esto se logra mediante la aplicación de normas de diversas índoles en el proceso y prestar atención especial a la denominación o codificación de actividades. La estandarización de este proceso sería muy útil para una vinculación efectiva en proyectos futuros.

Además de estos temas generales mencionados en el 'Manual BIM', también hay otros factores a considerar al seleccionar una herramienta 4D BIM. Por ejemplo:

- **Tamaño del archivo:** el tamaño resultante del archivo de salida le dictaría a la computadora requisitos para el procesamiento de datos. Este es otro hecho muy importante tener en cuenta (Chau et al., 2003 y 2004), especialmente en proyectos de gran envergadura que implica masivos archivos de trabajo.
- **Bi-direccional intercambio de datos:** otro punto no menos importante es tener en cuenta en los casos en los que se utilizan múltiples aplicaciones, es si la herramienta 4D es capaz de intercambiar datos de manera bi-direccional, es decir, si los datos pueden ser introducidos y cambiados en cualquiera de las plataformas y si es posible reflejar en los otros.
- **Aplicaciones independientes:** algunas herramientas 4D BIM pueden integrar todas estas funciones en una única plataforma. Este hecho es considerado importante por los profesionales (Mahalingam et al., 2010).

Aplicación de softwares BIM 4D

A medida que estas metodologías de trabajo entraron a la escena de la construcción del mercado de BIM 4D, las aplicaciones han experimentado un crecimiento gradual y softwares de diversos tipos se han desarrollado.

La siguiente 'Tabla I-2' muestra una lista de las diferentes aplicaciones comerciales BIM 4D disponibles:

Tabla I-2: Herramientas BIM y últimas versiones disponibles en el mercado

COMPañIA	PLATAFORMA BIM	LOGO
Autodesk	Navisworks	
Synchro Ltd.	Synchro Professional	
Vico Software	Virtual Office 4D Manager	
Tekla	Tekla Structures	
Bentley	Bentley Navigator	
Innovaya	Visual Simulation	
Gehry Technologies	Digital Project Extensions	

Fuente: (Eastman et al, 2011).

1.5.3. Detección de Interferencias e Incompatibilidades en el Diseño de Proyectos de Edificaciones

Es la etapa de diseño donde son identificados los criterios del cliente y donde se definen los aspectos constructivos y estándares de calidad a través de planos y especificaciones técnicas. En proyectos de edificaciones, el dueño selecciona primero al arquitecto quien prepara el diseño arquitectónico y sus especificaciones, luego se desarrolla el diseño estructural y el diseño del resto de especialidades. Los documentos que resultan al final de la etapa de diseño son un conjunto de planos y especificaciones técnicas por especialidades que

posteriormente serán entregados a la contratista para empezar con la construcción del proyecto.

En una situación ideal, los documentos contractuales del proyecto de construcción deberían estar completos, precisos, sin conflictos y ambigüedades, pero desafortunadamente esto es raramente encontrado y muy a menudo la contratista empieza la construcción con documentos incompatibles, erróneos e incompletos, requiriendo, por consiguiente, clarificaciones que tienen que ser respondidas por los proyectistas y diseñadores en pleno proceso de construcción. Cuando se da este caso, es esencial que la información sea entregada a la contratista eficientemente y sin retrasos, de lo contrario podría influir en la eficiencia durante el desarrollo del proyecto.

Para asegurar un diseño de calidad se tiene que enfocar en dos aspectos: en el proceso de diseño y en el producto del diseño. La primera, está relacionada a la adecuada aplicabilidad del conocimiento para elaborar el diseño y la ingeniería del proyecto logrando correctos resultados técnicos, y la segunda se enfoca en los documentos donde se plasman estos resultados como los planos y especificaciones técnicas.

El término “Calidad en la Construcción” fue acuñado para referirse a los procesos desarrollados principalmente en los productos finales de la etapa de diseño, es decir en los planos y especificaciones técnicas. Por lo tanto, para garantizar la calidad en la construcción no sólo se tiene que certificar los resultados o productos entregables, sino también a los procesos que condujeron a la realización de dicho producto.

Takenaka, la empresa de construcción más antigua de Japón ganadora del “Premio Deming de la Calidad” (el premio más prestigioso que una empresa japonesa pueda obtener), destaca que el aseguramiento de la calidad total se da

aplicándolo en ambos procesos: diseño y construcción. Desde su perspectiva, el modelo de entrega de proyectos de construcción más adecuado, que permite un aseguramiento de la calidad total, es el modelo Diseño/Construcción. Siguiendo su lógica, se podría decir que, para conducir adecuadamente el proceso de calidad en la construcción, la calidad en las etapas precedentes debe haber sido certificada por medio de un “diseño de calidad”.

Sin embargo, es generalmente durante la etapa de construcción de los proyectos donde se detectan deficiencias en los documentos contractuales de diseño (Alarcón y Mardones, 1998), los cuales consecuentemente dan lugar a re-trabajos, sobrecostos y, en algunos casos, originan los mismos problemas de “calidad en la construcción”.

Para que los documentos de diseño e ingeniería sean de calidad McGeorge (1988) indicó que “un buen diseño será efectivo si es construible con la mejor economía y seguridad posibles”. Para ello, propuso ciertos factores que determinan el nivel de calidad de los documentos contractuales de diseño e ingeniería:

1. **La puntualidad:** Que sea suministrado cuando es requerido a fin de evitar retrasos.
2. **La exactitud:** Libre de errores, conflictos e incompatibilidades.
3. **La integridad:** Que tengan toda la información requerida.
4. **La coordinación:** Que la información sea coordinada con las demás disciplinas del proyecto.
5. **La conformidad:** Que tengan los requisitos según las necesidades del cliente, que cumplan con la reglamentación y estándares de desempeño.

En un estudio enfocado en cómo mejorar el diseño para asegurar la calidad de los documentos contractuales, conducido por la Universidad de Purdue por encargo del US Army Corps of Engineers (Luitz, Hancher, y East, 1990), reportó que “aproximadamente la mitad de todas las modificaciones del contrato de construcción pueden ser atribuidas a las deficiencias de diseño”. El estudio define deficiencia de diseño como “alguna deficiencia en los planos o especificaciones”. El reporte resumió las deficiencias de diseño más comunes y los clasificó en tres tipos: (1) Conflictos o discrepancias entre los planos y especificaciones de los documentos contractuales, (2) Errores y conflictos de coordinación interdisciplinaria, (3) La falta de constructabilidad.

1.5.3.1. Incompatibilidades, conflictos o discrepancias en los documentos contractuales

El calificativo “incompatibilidad”, es un término muy usado en la industria de la construcción para referirse a la incoherencia de cierta información proporcionada por los planos o especificaciones técnicas cuando estos documentos tienen inconsistencias, errores y omisiones.

Frecuentemente, estas deficiencias de diseño son identificadas cuando se comparan los distintos planos del proyecto, sean o no planos de la misma especialidad. En estos casos, las incompatibilidades se deben a una incorrecta representación gráfica bidimensional o simplemente a la falta de claridad en su presentación, como, por ejemplo, cuando el detalle de un elemento mostrado en un plano no guarda relación con lo indicado en otro plano.

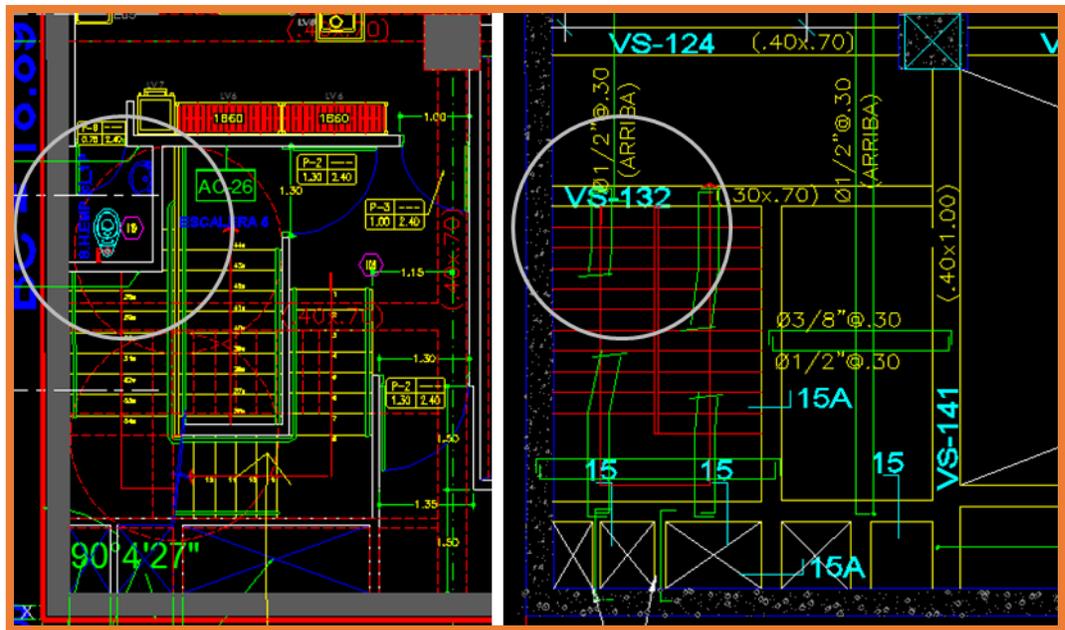
Para identificar estas deficiencias se requiere de una minuciosa revisión de los documentos contractuales de diseño e ingeniería (design review), con el fin de comprobar que los detalles e indicaciones que figuran en ellos concuerden entre sí. Este proceso de revisión e identificación de incompatibilidades entre los documentos de diseño se le conoce como “compatibilización”, otro de los

términos muy usados en la industria de la construcción. Tradicionalmente, este proceso de compatibilización consiste básicamente en la superposición de los planos 2D por especialidades, en la que se busca garantizar que estos tengan la información necesaria con coherencia, consistencia y no tengan ambigüedades.

Como lo comprobaremos más adelante, de todas las deficiencias en los documentos de diseño, las incompatibilidades son los problemas de calidad de mayor incidencia en los planos de los proyectos de construcción.

Como se muestra en la siguiente figura I-9, que en el plano de arquitectura estaba destinado para SS.HH., lo cual ha sido omitida por el proyectista estructural. Esta incompatibilidad se dio por falta de coordinación entre ambas especialidades.

Figura I-9: (Izquierda) Losa del SS.HH. según el plano de arquitectura. (Derecha) omisión de la losa en el plano de estructuras



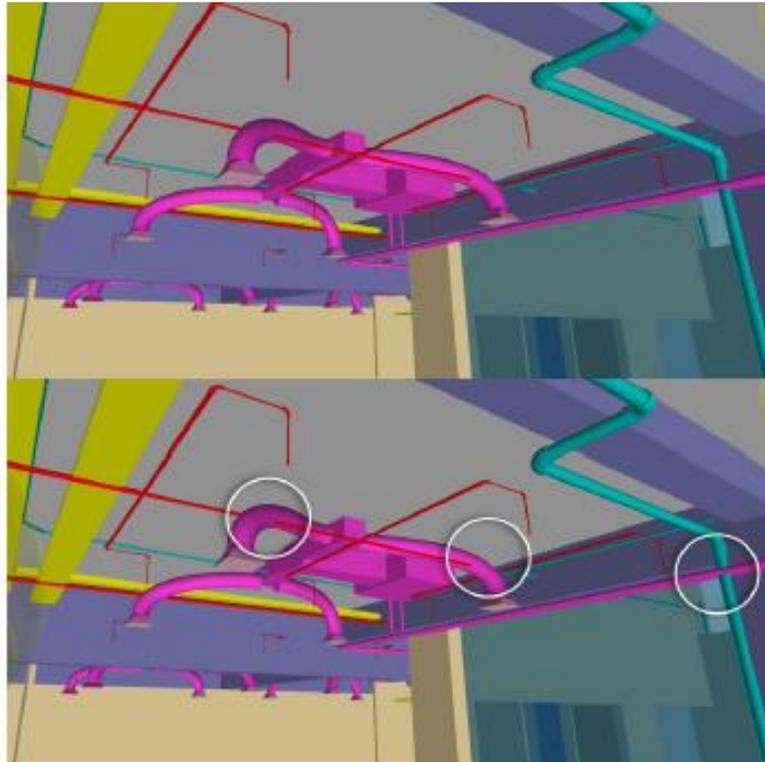
Fuente: (Alcántara Rojas, 2013)

Como incompatibilidades, los errores y omisiones en los documentos de diseño e ingeniería pueden también incluirse en esta categoría. En muchos casos, aunque el diseño e ingeniería se ha completado, hay errores y omisiones en los planos que requieren información adicional o cambios a fin de que la contratista pueda llevar a cabo la construcción. A través del proceso de revisión del diseño y la ingeniería (compatibilización), muchos de estos errores y omisiones se detectan a tiempo en el proceso de diseño y en fases tempranas de la construcción; sin embargo, esto no siempre es el caso. En otras situaciones, estos errores y omisiones se descubren después de que la construcción ha comenzado y exigen un diseño significativo y re-trabajo de construcción para resolver los problemas que pueden interrumpir el proceso de construcción.

1.5.3.2. Interferencias o errores y conflictos de coordinación intrdisciplinaria

Las “interferencias”, son deficiencias que por lo general ocurren entre los planos de las distintas especialidades, y con frecuencia se da entre los planos de instalaciones por la complejidad de sus trayectorias o recorridos en planta y elevación, que al no ser detectadas a tiempo generan en obra (campo) una interrupción espacial debido a la ubicación de un elemento sólido que impide la correcta instalación, montaje o construcción de algún otro elemento. Estas deficiencias se deben a la falta de integración y coordinación entre las disciplinas del proyecto, sobre todo al momento de la elaboración de los planos en la etapa de diseño, pues generalmente ocurren entre los planos de dos o más especialidades y muy usualmente entre las distintas disciplinas o sistemas que forman parte de las instalaciones, debido a los cruces que se presentan en el desarrollo de sus recorridos, como se puede apreciar en la Figura I-10.

Figura I-10: (Arriba) Vista desde el interior de un modelo 3D de instalaciones. (Abajo) La misma vista con las interferencias identificadas



Fuente: (Alcántara Rojas, 2013)

Las interferencias entre los planos de diseño también pueden ser detectadas y levantadas en un proceso de compatibilización; sin embargo, a diferencia de las incompatibilidades, las interferencias son más difíciles de detectar, ya que los procesos tradicionales de compatibilización se dan mediante la superposición de los planos en planta 2D, sin tomar en cuenta los planos de corte o elevación debido a que, en la mayoría de los casos, los proyectistas de instalaciones no elaboran estos planos. Por consiguiente, las interferencias son comúnmente detectadas y resueltas en campo mediante fichas de observaciones que deben ser levantadas por medio de órdenes de cambio o re-trabajos que impactan sobre los costos y plazos del proyecto.

Las siguientes figuras I-11, I-12, se ilustran casos de interferencias encontradas en obra cuando, previo a su colocación, no han sido plenamente identificadas en los planos del proyecto.

Figura I-11: Interferencia entre tuberías de agua contra incendio con ductos de extracción de monóxido



La Figura I-11 muestra una interferencia entre las instalaciones de Agua Contra Incendio (ACI) y los ductos de extracción de monóxido (HVAC); en este caso las tuberías de ACI impiden la colocación de los accesorios necesarios para empalmar ambos ductos del sistema HVAC.

Figura I-12: Caso de interferencia entre una tubería y la estructura



En la Figura I-12, la interferencia se da entre una tubería montante del sistema de desagüe y la columna, cuyo capitel no figuraba en el plano en planta de estructuras.

El común denominador de los problemas mostrados en las figuras anteriores, es que en todos probablemente hubo un intento por compatibilizar los planos en planta, sin embargo, como se pudo apreciar, estos problemas ocurren mayormente en los recorridos en elevación de las instalaciones.

Para resolver particularmente el problema de interferencias entre la estructura del edificio y las instalaciones, principalmente las que tengan tuberías, algunas veces se realizan perforaciones diamantinas a las vigas de concreto armado. Esto se da cuando no se ha tenido la precaución de dejar el pase necesario antes del vaciado del elemento estructural. En algunos casos la realización de estas perforaciones, como se puede apreciar en la Figura I-13, es absolutamente justificable cuando se tienen restricciones de claro o altura libre, pero soluciones como esta no son las más convenientes, ya que disminuyen la capacidad de las vigas de concreto. Por ello sería preferible que durante el desarrollo del diseño se conjuguen las distintas alternativas con los recorridos de las instalaciones y adaptarlas a la geometría de la estructura del edificio para evitar realizar en obra perforaciones de forma improvisada, además se debe tener en cuenta que esto representa un costo adicional que por lo general no está contemplado en el presupuesto contractual del proyecto.

Todas las soluciones que se puedan dar a fin de evitar estas perforaciones tienen que darse en la etapa de diseño de manera coordinada con los distintos proyectistas involucrados. Esto servirá para anticipar la colocación de pases antes de realizar el vaciado de la estructura o proponiendo procedimientos constructivos alternativos.

Figura I-13: Pases en vigas mediante perforaciones diamantinas



1.5.3.3. La falta de constructabilidad de los diseños

El CII (Construction Industry Institute) define la constructabilidad (constructability) como “el óptimo uso del conocimiento y experiencia en construcción para ser aplicadas al planeamiento, diseño, procura y operaciones de campo para que se logren todos los objetivos del proyecto”.

Una definición de constructabilidad más específica concerniente al diseño sería la puesta del conocimiento y la experiencia para plantear soluciones de diseño que permitan construir o instalar algún componente de la edificación de la forma más eficiente y segura posible, mediante un uso óptimo de los recursos, permitiendo en algunos casos materializarlos a un menor costo. Esto implica traer toda la información y los conocimientos de la construcción antes de desarrollar la ingeniería de detalle y los diseños, ya que estos deben ser compatibles con los procesos de construcción a seguir durante esa etapa (Orihuela, 2003). Cuando esto no es posible, es necesario realizar revisiones de constructabilidad en los diseños y sus respectivos documentos.

Las revisiones de constructabilidad son necesarias, pues permiten evaluar de qué manera algún componente de la edificación será construido. Esto es fundamental para fines de planificación, ya que de ello dependerá la cantidad de recursos (equipos, maquinarias, mano de obra) a emplear para llevarla a cabo, además de la selección los procesos constructivos más adecuados.

Debido a su naturaleza, la constructabilidad debe ser planteada por profesionales dedicados a la construcción que hayan tenido experiencia de trabajo en campo y el conocimiento suficiente para plantear medidas alternativas para mejorar el diseño, buscando optimizar el uso de los recursos sin descuidar temas de seguridad y calidad.

Según Alarcón y Mardones (1998), una importante proporción de los problemas detectados durante la etapa de construcción es debido a la falta de constructabilidad de los diseños. Además, los detalles no definidos en los diseños son problemas que la contratista tiene que resolver in-situ y usualmente los problemas son detectados justo antes de iniciar la construcción de una tarea específica, y en algunos casos, después que la tarea ha sido completada. Los resultados (debidos a la falta de constructabilidad de los diseños) son los incrementos, en diferentes tipos y magnitudes, de los costos necesarios para realizar los trabajos, afectando su periodo de entrega.

La poca o nula participación de profesionales de la construcción en la etapa de diseño, como se da con la aplicación del modelo Diseño/Licitación/Construcción, trae consigo que los documentos de diseño pasen a la etapa de construcción sin una adecuada revisión de constructabilidad, resultando que los mismos no representen la alternativa constructivamente más económica y segura de construirla, pudiendo existir otras que permitan realizarla de una forma más eficiente, segura y económica, destinando para ello variados recursos (materiales, equipos, etc.) y que tengan la misma funcionalidad para la cual fue diseñada originalmente.

En el artículo “Constructabilidad en Pequeños Proyectos Inmobiliarios”, Orihuela (2003) presenta ejemplos que cuestionan la manera en que muchas veces se entregan a la contratista los planos de diseño e ingeniería, con nulas o deficientes consideraciones de constructabilidad, pues estos no han sido elaborados considerando los procesos constructivos y logística de abastecimiento para materializar o ejecutar el diseño. Por mencionar alguno de sus ejemplos, particularmente es usual que los proyectistas estructurales no consideren los procesos operativos que se utilizarán en obra y “muchas veces se pueden encontrar planos originales en los que se especifica un aligerado típico y sin embargo la obra se está construyendo con viguetas prefabricadas; o también en los planos originales figura el cálculo con refuerzo convencional pero en la obra se usan soluciones equivalentes como mallas o columnas electrosoldadas”.

Otro de los importantes motivos que demuestran la falta de constructabilidad en los proyectos, es por el incumplimiento de los requisitos funcionales de la edificación, refiriéndonos a edificaciones típicas como: edificios de oficina, residenciales, comerciales, industriales, etc. Un ejemplo de un grave defecto de diseño en un edificio típico es un techo que presenta filtraciones por acumulación de agua de lluvia en techos, terrazas o superficies expuestas a la lluvia. Mientras que un diseño puede ser estéticamente atractivo, si existen filtraciones es inútil. El propósito principal de los techos en las casas y edificios es proteger la estructura de la intemperie y sobre todo de la lluvia. Si se presentan filtraciones deja de ser adecuado para los fines previstos y representa una grave falla de diseño.

También se ha analizado la muestra de deficiencias en la definición del diseño del proyecto correspondiente al 67.11% del total de consultas, haciendo una Clasificación de Pareto con el fin de encontrar las deficiencias en los

documentos de diseño de mayor incidencia y las más frecuentes por cada especialidad, las cuales han sido agrupadas en 12 categorías dentro de tres grandes especialidades: Arquitectura, Estructuras e Instalaciones. Cabe indicar que en el grupo de consultas de instalaciones, se ha considerado a varias sub-disciplinas o sistemas, que dependiendo del proyecto se incluyen: Sistema Agua y Desagüe, Sistema Eléctrico, Agua Contra Incendio, Sistema de Automatización, Sistema de Calefacción, Aire Acondicionado y Ventilación, Cableado Estructurado, Seguridad, Intrusión y Control de Accesos, Circuito Cerrado de TV. Los resultados se muestran en la Figura I-14.

Gráfico I-1: Clasificación de Incompatibilidades



Fuente: (Alcántara Rojas, 2013)

Tal como se puede apreciar en esta clasificación, dentro de las principales deficiencias en el diseño se encontró que las más frecuentes son los concernientes a: falta de detalles de los planos de instalaciones, arquitectura y de estructuras, la incompatibilidad entre los planos de estructuras y arquitectura, y la incompatibilidad entre los planos de estructuras. Esto muestra claramente que los planos llegan a obra sin estar compatibilizados y que los errores son encontrados durante la fase de ejecución y/o construcción del proyecto.

En edificaciones de varios niveles, las instalaciones están conformadas por varias especialidades y en cada uno intervienen distintos proyectistas encargados del diseño e ingeniería y en campo varias cuadrillas encargadas del montaje e instalación. Esto genera una mayor variabilidad en obra y una mayor probabilidad de que se presenten cruces e interferencias entre las distintas instalaciones. Para paliar esta medida la Contratista se encarga de la compatibilización del proyecto y su integración con los planos de arquitectura y estructuras.

A pesar que el proceso de compatibilización se realiza en los planos en planta bidimensionales 2D, esto no asegura la optimización del proyecto, ya que hay gran cantidad de información y detalles que se pierden en elevación y a medida que existan más instalaciones los cruces entre éstas con otros elementos de arquitectura y estructura se hacen más complejos.

Es por ello que, en la clasificación de Pareto, mostrada en la Figura I-14, el porcentaje de “interferencias entre instalaciones” es el menor de todas las observaciones identificadas en los planos, esto es porque son muy pocas las veces en que se identifican estas interferencias entre los planos de instalaciones utilizando métodos tradicionales de compatibilización, como la superposición de planos 2D.

1.5.4. Influencia e Impacto de las Deficiencias de Diseño en la Etapa de Construcción

Para tener clara la magnitud de la influencia del diseño en la etapa de construcción de un proyecto, habría que examinar las conclusiones a las que llegaron diversos estudios. De acuerdo a uno realizado en países de Latino América, cerca de 20 al 25% de horas respecto del período total de construcción son desperdiciados por deficiencias de diseño (Undurraga 1996). Otro estudio revela que cerca del 78% de los problemas de calidad en la industria de la Arquitectura-Ingeniería-Construcción están relacionados al diseño (Koskela, 1992). Además, un estudio realizado en Sao Paulo, Brasil ha identificado ocho grandes causas de desperdicios en obras, siendo el de mayor incidencia la elaboración de proyectos no optimizados, siendo responsable del 6% de los desperdicios (Flavio Picchi 1993).

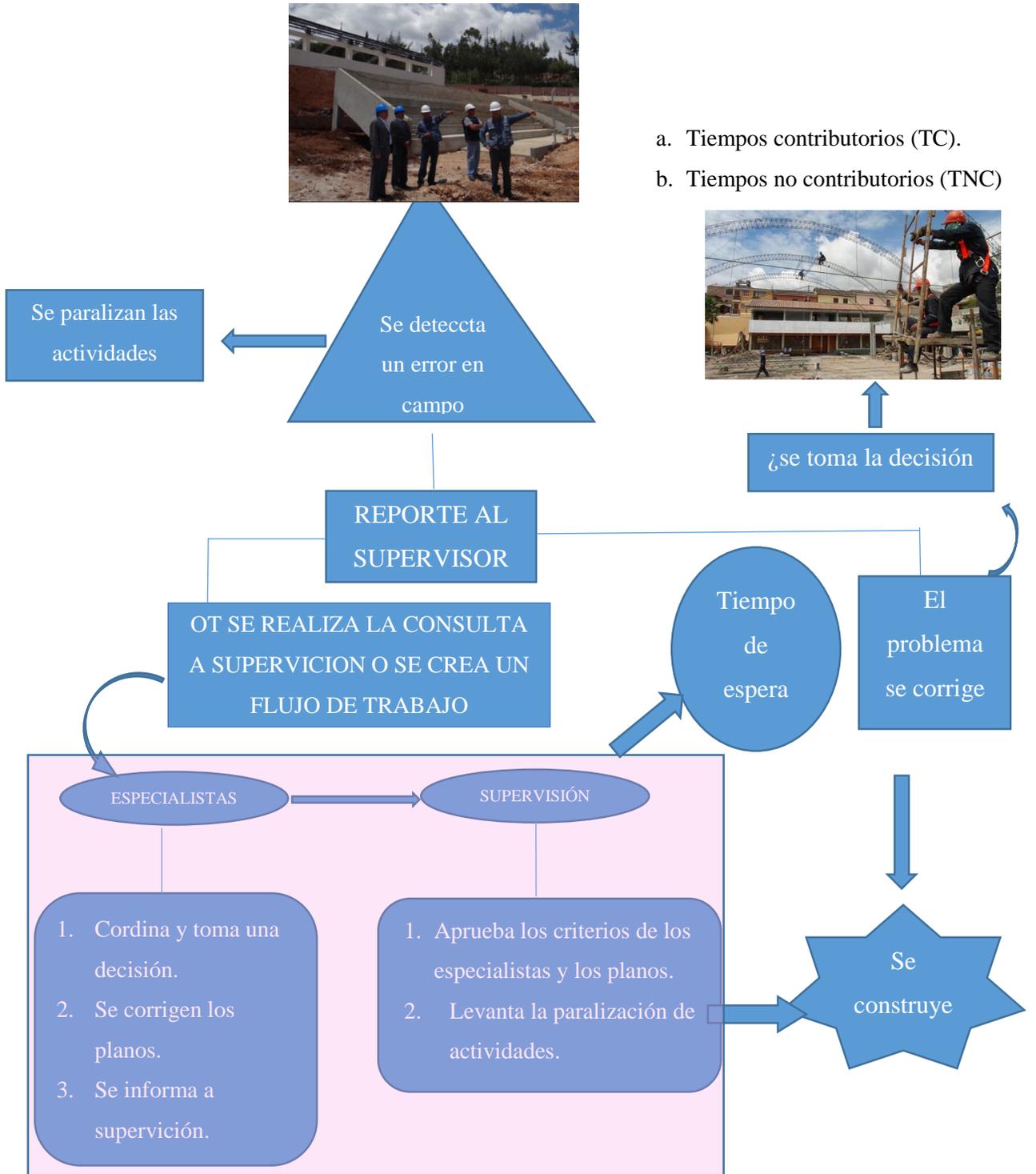
De acuerdo a la revisión de la literatura y en base a consultas realizadas a ingenieros jefes de área y residentes con amplia experiencia en construcción de proyectos de edificaciones, se ha podido identificar que existen hasta cinco formas en la que las deficiencias en los documentos de diseño /ingeniería pueden impactar negativamente durante la etapa de construcción, afectando principalmente a la empresa contratista en los siguientes aspectos: (1) En la productividad de campo, (2) en la calidad, (3) en los costos, (4) en los plazos, y (5) en las disputas y reclamos, los cuales se sustentan a continuación:

1) En la productividad de campo

Cuando en campo se detecta un error en los planos, se genera incertidumbre durante la construcción de cierta actividad o proceso que se vea directamente afectado. Por ejemplo, si no están claras las dimensiones correctas de una viga producto de una incompatibilidad entre los planos, durante la colocación del

encontrado o armado de acero los obreros no sabrán qué plano respetar para cumplir con la actividad según lo programado. Es cuando esta observación se convierte en consulta, y necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal contratista-supervisión mientras la gerencia realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, y sean finalmente entregadas a el contratista para continuar con la tarea. Mientras se resuelva el defecto detectado en los planos de diseño/ingeniería, se generará en campo un tiempo de espera para los obreros, el cual puede convertirse en Tiempo Contributorio (TC). Si no se les asigna de inmediato otra tarea que sume a su productividad, o puede convertirse en Tiempo No Contributorio (TNC), si los obreros realizan actividades complementarias que no vean reflejado su esfuerzo en la producción programada para ese día. Como se vio, un problema minúsculo en los planos puede generar todo un flujo de actividades que se muestran resumidas en la Figura I-15 que paralizan temporalmente el desarrollo de cierta actividad en obra, perjudicando principalmente a el contratista.

Figura I-14: Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño



Fuente: Elaboración Propia

Por esa razón los planos que se envían a obra deberían indicar impecablemente todos los detalles, niveles, y dimensiones en cortes y elevación de los elementos que serán replanteados, instalados y/o construidos, debiéndose haber resuelto a priori todas las incompatibilidades e interferencias que puedan estar presentes en los planos de todas las especialidades, debidas a una incorrecta representación gráfica, omisión de detalles y a la integración con el resto de especialidades.

2) En la calidad

En todo proyecto de construcción se designa a inspectores de calidad, quienes son los encargados de garantizar el buen cumplimiento de las normas aplicables al proyecto y de generar observaciones cuando el desarrollo de cierto proceso u actividad no se esté cumpliendo con el mínimo de estándares exigidos por el expediente técnico para su adecuada funcionalidad u operatividad. Mediante recorridos de obra, los inspectores de calidad se encargan de generar fichas de Productos No Conforme (PNC), en las que identifican que al término de algún proceso se ha generado un producto que no cumple con los estándares de calidad y/o especificaciones establecidas por el cliente o la empresa.

Las deficiencias en los documentos de diseño tienen su impacto durante la etapa de construcción ya que estos se arrastran hasta generar Productos No Conforme. Los casos más notorios de PNC se dan en la colocación de instalaciones, ya que mediante inspecciones visuales de campo y siguiendo una serie de criterios ingenieriles, se pueden identificar casi inmediatamente ciertos problemas debido a su incorrecta colocación y montaje.

Puesto que los proyectistas no elaboran estos planos, el esfuerzo por detectar estas interferencias resulta incompleto, pues el proceso de compatibilización se da por medio de los planos en planta, perdiéndose importante información

espacial. En otros casos, la presencia de PNC se debe a una inadecuada planificación y coordinación de campo con las cuadrillas de instalaciones para definir el orden de ingreso de los mismos. Según se ha evaluado, las últimas cuadrillas en entrar a campo a realizar su labor resultan ser las más perjudicadas, ya que tienen que surcar por todas las instalaciones ya colocadas, desviando los obstáculos éstas le presenten.

Estos problemas podrían haberse identificado si se hubieran utilizado herramientas adecuadas de detección temprana de interferencias en los planos del proyecto de todas las especialidades y adoptar soluciones inmediatas con anticipación y antes de que se presenten en campo.

3) En los costos

Como se vio en los párrafos anteriores, las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería generan, en algunos casos, Productos No Conformes (PNC) y como es lógico estos problemas de calidad exigen una acción correctiva para levantar la observación mediante la realización de trabajos adicionales no previstos durante la fase de planificación, los cuales serán realizados a través de órdenes de cambio. Para llevar a cabo estas órdenes de cambio se requiere el uso de algunos recursos, básicamente de materiales y de mano de obra, que naturalmente tienen un costo que va sumándose a medida que la construcción avanza, incrementando el costo de algunas partidas del presupuesto y esto a su vez del presupuesto contractual del proyecto. Dependiendo del origen del problema, de las responsabilidades y de lo estipulado contractualmente, estos costos los asume la contratista general, los subcontratistas o en algunos son valorizados al cliente.

En la industria de la construcción existen dos tipos de costos (para fines del presupuesto) estos son: Los costos directos (CD) y los costos indirectos (CI).

Los costos directos del proyecto son los costos directos de mano de obra y/o equipos de trabajo adicionales completos que se añaden al costo contractual (o costo inicial) debidos a cambios en el diseño o por las deficiencias en los documentos de diseño e ingeniería. Los costos conocidos como “adicionales” pertenecerían a esta categoría. En general, las empresas contratistas valorizan estos costos por medio de un registro de control de avance. Los costos indirectos del proyecto (costos extendido del proyecto) son generalmente resultado de retrasos en el proyecto (por ejemplo, relacionados con el tiempo o los costos incurridos por el contratista durante el proyecto, tales como movilización de equipos, gestión de proyectos, gestión de la oficina técnica, etc.).

El común denominador de los sobrecostos generados por las deficiencias de diseño son las disputas que tiene que haber para negociar el pago a favor de la contratista quien es la parte que finalmente construye u ordena ejecutar los cambios a través de subcontratas. Para ello, la contratista, el cliente, la gerencia del proyecto y supervisión se reúnen para deslindar responsabilidades, y decidir justificadamente quién deberá asumir estos costos. Esto también dependerá de las cláusulas del contrato y el tipo de modelo de desarrollo de entrega del proyecto adoptado, pues en algunos casos los costos por incompatibilidad están contemplados contractualmente y si no lo están, lo más recomendable es que estos sean incluidos y negociados.

4) En los plazos

Tanto las órdenes de cambio como los re-trabajos, requieren no solo un uso adicional de recursos, sino también de un tiempo para ser ejecutados. En proyectos de construcción, las actividades son programadas en cadena o por trenes, en la que los procesos o tareas son dependientes. Cuando una tarea específica no ha sido ejecutada en su plazo programado o requiere de días adicionales para darla por terminada, retrasará el inicio de actividades dependientes, o interferirá con el desarrollo de otras actividades que ocupen el mismo espacio en obra o requieran usar algunos de sus recursos. Entonces, los plazos van incrementándose paulatinamente, trayendo como consecuencia que el proyecto no sea entregado en el tiempo previsto.

La cantidad de retraso en un proyecto de construcción se puede cuantificar usando dos métodos (Hanvey, 2007): 1) Método de la Ruta Crítica (en adelante CPM), y el 2) Método As-built comprimido.

El método CPM requiere una programación del proyecto completo, con vínculos y relaciones, que son constantemente actualizados. Programas tales como primavera o MS Project se pueden utilizar para determinar las actividades que componen la ruta crítica, o las actividades con cero flotante. Si una de las actividades se retrasa, estos impactan en la ruta crítica y causa retrasos en el proyecto. Por otro lado, las demoras excesivas en una actividad que originalmente no pertenece a la ruta crítica, puede causar que ésta actividad se convierta en parte de la ruta crítica y por lo tanto retrase el proyecto.

Si en el proyecto no existe el cronograma de ruta crítica, el siguiente método conocido como “Método as-built comprimido”, puede ser utilizado. Este método de análisis utiliza el cronograma de obra con todos los retrasos asociados, en donde son identificadas las partes responsables de los distintos retrasos. Para identificar el retraso total del proyecto debido a una de las partes,

los retrasos asociados a esa parte se deducen de la programación real de la obra (as-built). La deducción de los retrasos de una de las partes dentro del cronograma real de la obra se conoce como la compresión del cronograma. La diferencia entre el cronograma conforme a obra o cronograma as-built y el cronograma comprimido es la cantidad de retraso de una determinada parte responsable con relación al plazo total del proyecto.

Ambos métodos de evaluación y análisis de retrasos en proyectos de construcción son utilizados por la consultoría Interface Consulting (<http://www.interface-consulting.com/>) para absolución de reclamos y disputas entre las distintas partes del proyecto, disputas que ocurren frecuentemente entre la contratista general y el propietario o cliente (en el siguiente acápite se dará una mayor referencia).

5) En las disputas y reclamos

Hanvey (2007), experto en solución de reclamos para la construcción, refiere que muchas de las disputas entre la contratista general y el cliente/propietario se centran en los aumentos de los costos, retrasos de proyecto, e impactos de productividad. Hanvey y la consultoría internacional donde labora (Interface Consulting), elaboraron un estudio basado en su amplia experiencia ocupándose de centenares de proyectos y miles de asuntos de reclamo. Como asesores y expertos, revisan y analizan los registros del proyecto (es decir, las licitaciones, presupuestos, contratos, actas de reuniones, cronogramas de obra, los reportes de progreso y valorizaciones). Estos documentos cuentan “la historia” del proyecto y le aportan información necesaria sobre la causa raíz de los conflictos (es decir, retrasos y sobrecostos, la responsabilidad de estos problemas, y los perjuicios). Según la consultoría, toda esta información es a menudo revisada para evaluar las órdenes de cambio, preparar los reclamos, y proporcionar apoyo de arbitraje y litigio en su calidad de expertos.

En el estudio, la consultoría concluye que uno de los asuntos más comunes que impactan en los proyectos son los documentos de diseños incompletos y deficientes. Además, refieren que estas deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería son inherentes en la industria de la construcción de hoy en día por un par de razones: la ejecución de proyectos tipo “fast track” o proyectos con cronograma acelerado y la separación de los equipos de diseño y construcción.

Finalmente, un artículo en el periódico de arquitectura publicado por Nigro (1987) titulado “Contract Documents: A Quality Control Guide” citó que el 50 por ciento de las órdenes de cambio, disputas y reclamos del contrato son el resultado de deficiencias en los documentos de diseño.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material de Estudio

2.1.1. Población

La población coincidirá con la muestra como sujeto único de análisis y es El Colegio Leoncio Prado Gutiérrez-Distrito del Porvenir-Provincia de Trujillo - Departamento de la Libertad.

2.1.2. Diseño de la Muestra

Como el estudio de investigación se centra en el proyecto propiamente como una sola unidad de investigación, la muestra viene a ser el mismo proyecto per-sé.

2.2. Métodos y Técnicas

2.2.1. Método

De manera general, los métodos utilizados son:

Método Inductivo - Deductivo

2.2.2. Técnica

Modelamiento y Planificación BIM 4D: Para poder generar una adecuada planificación en 4 dimensiones, se debe realizar un previo modelado BIM 3D y una previa Sectorización.

2.2.3. Procedimiento

2.2.3.1. Recolección de Datos

La fase inicial del Desarrollo del cuerpo de la Tesis es la recolección de datos, la cual comenzó con el estudio y análisis del expediente técnico del proyecto de edificación, determinando las incompatibilidades e interferencias en los documentos contractuales, luego se procedió a modelarlo digitalmente con la ayuda de las herramientas BIM: Autodesk Revit 2016, obteniendo el diseño tridimensional. Un calendario también se produce en Microsoft Office Project 2016. Finalmente, el modelo BIM 4D se implementará utilizando una herramienta BIM comercial por la misma firma: Autodesk Navisworks Manage 2016. El calendario y el modelo 3D se combinan para producir el modelo BIM 4D.

a. Características del Proyecto

El proyecto en estudio es un colegio, ubicado en la Av. Jaime Blanco N° 1855 del distrito de El Porvenir en la ciudad de Trujillo, que cuenta con un área de 3984.51 m². El cual se desarrolla aprovechando los cuatros frentes que presenta el terreno, teniendo iluminación natural y ventilación cruzada en las aulas.

Se considera niveles de inicial de un piso, primaria de dos pisos y secundaria de tres pisos. Cada uno de ellos con sus respectivos servicios higiénicos.

Aprovechando la topografía del terreno se plantea un auditorio en el sótano, debajo del patio de honor con dos accesos a través de escaleras y de un ascensor, el cual permitirá el acceso a discapacitados hacia los diferentes niveles del colegio.

Se plantea áreas de recreación y deportiva.

Programación de Ambientes y Areas

Las zonas definidas son:

i. **ZONA ACADÉMICA**

PABELLON A

Primer Nivel:

03 Aula inicial

Psicomotricidad

Comedor

Juegos Infantiles

SSHH Niñas

SSHH Niños

PABELLON B

Segundo Nivel:

03 aulas comunes

CC

PABELLON C

Primer Nivel:

10 aulas comunes

02 escaleras c/circulación

02 depósitos

SSHH Mujeres

SSHH Hombres

SH Profesores Mujeres

SH Profesores Hombres

SH Discapacitados

Segundo Nivel:

10 aulas comunes

02 escaleras c/circulación

SSHH Mujeres

SSHH Hombres

SH Profesores Mujeres

SH Profesores Hombres

SH Discapacitados

Tercer Nivel:

02 aulas comunes

02 Talleres c/depósito

02 Laboratorios c/deposito material

Computo 01

Biblioteca c/depósito de libros

02 escaleras c/circulación

SSHH Mujeres

SSHH Hombres

SH Profesores Mujeres

SH Profesores Hombres

SH Discapacitados

PABELLON E

Primer Nivel:

02 aulas comunes

Segundo Nivel:

02 aulas comunes

ii. ZONA ADMINISTRATIVA

PABELLON D

Primer Piso:

Dirección c/baño

Sub dirección

Secretaria

Archivo

Limpieza

SH

Tópico y Psicología c/baño

01 escaleras c/circulación

SSHH Mujeres

SSHH Hombres

SH Profesores Mujeres

SH Profesores Hombres

SH Discapacitados

Deposito

Ascensor capacidad 6 personas

Segundo Piso:

Sala de profesores

Tutoría OBE

CTA

01 escaleras c/circulación

SSHH Mujeres
SSHH Hombres
SH Profesores Mujeres
SH Profesores Hombres
SH Discapacitados
Depósito
Ascensor capacidad 6 personas

iii. ZONA DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

Pabellón B

Primer Piso

Almacén de Educación Física
Dpto. de Educación Física
Centro de Recursos Tecnológicos – CRT
Banda
Librería

Pabellón C

Primer Piso

Caseta c/baño

PABELLON D

Sótano:

Auditorio cap. 280 personas incluye: cuarto proyecciones, escenario, 02 camerinos, vestuario mujeres, vestuario hombres, espacio para ensayos y pre escenario.

Lobby de ingreso

02 escaleras c/circulación

Ascensor capacidad 6 personas

PABELLON F

Primer Piso:

Kiosko
Cocina
Cafetería
Vestidores Hombres c/duchas
Vestidores Mujeres c/duchas
Depósito
01 escaleras c/circulación

Segundo Piso:

Centro de Recursos Tecnológicos - CRT
CC
Tutoría OBE
01 escaleras c/circulación (dos tramos)

iv. ZONA DE SERVICIOS GENERALES

Cisterna
Transformador

v. ZONA RECREACIÓN

Losa deportiva
Patio Secundario
Patio de Honor

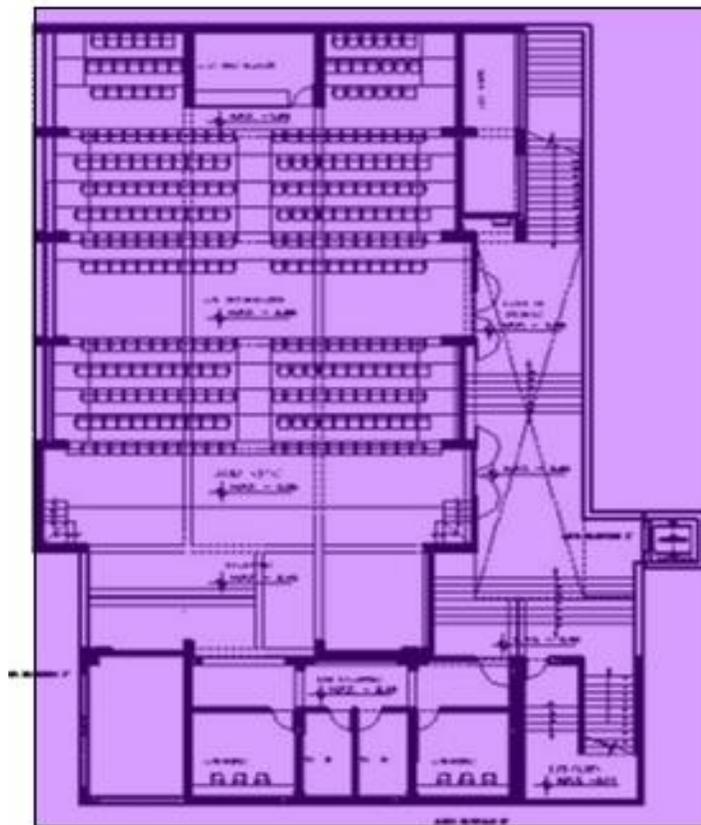
b. Planos del Proyecto:

Los planos de este proyecto se encuentran modelados en Autocad, en un total de 4 especialidades (Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias e Instalaciones Eléctricas), lo que asegura una total descoordinación entre especialidades.

El diseño de los departamentos consta de plantas típicas, contando con un total de 4 departamentos por edificio por piso, lo que hace un total de 8 departamentos por piso por edificio.

Al tener planos en 2D, la visualización del Proyecto es casi nula, ya que al tratar de recrear imaginariamente todo el proyecto completo en 3D, quedarían demasiadas incongruencias y cosas por definir, además que por no tener esto claro es que las incompatibilidades usualmente se corrigen insitu.

Figura II-1: Planta de sótano



Fuente: Plano de Arquitectura

Figura II-2: Planta de 1° nivel



Fuente: Plano de Arquitectura

Figura II-3: Planta 2° nivel



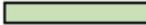
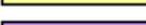
Fuente: Plano de Arquitectura

Figura II-4: Planta 3° nivel



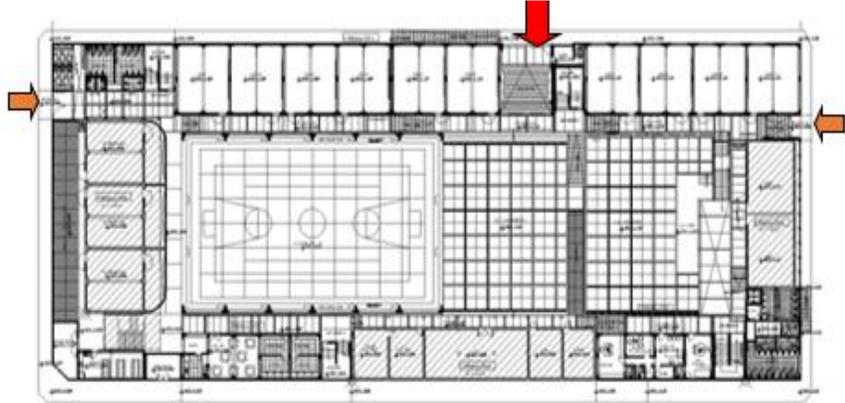
Fuente: Plano de Arquitectura

LEYENDA

Nivel Inicial	
Nivel Primario	
Nivel Secundario	
Zona Administrativa	
Zona Complementaria	

En la Figura II-5 se muestra los accesos que el proyecto plantea, siendo tres los ingresos. El principal hacia la calle José Antonio de Sucre y dos ingresos secundarios por la calle Andrés Castillo y Calle Lorenzo Farfán. Este último exclusivo para nivel inicial.

Figura II-5: Puertas de Acceso



Fuente: Plano de Arquitectura

c. Especificaciones Técnicas:

Éstas son muy importantes para el modelamiento BIM, debido a que en el Modelo BIM, no solo es un 3D sino que comprende también la información de todos y cada uno de sus elementos, se introduce información del Proyecto, ya sea Materiales, Características, etc.

Las especificaciones técnicas son necesarias a la hora de realizar un correcto cuadro de metrados con BIM, ya que estos servirán de filtro a la hora de realizar y ejecutar el cuadro de metrados y/o cuadro de cantidades o conteo.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS

3.1. Descripción de los softwares utilizados

Para el desarrollo de la parte práctica de este trabajo 3 programas de computadora fueron utilizados: Autodesk Revit 2016, Microsoft Office Project 2016 y Autodesk Navisworks Manage 2016.

3.1.1. Autodesk Revit 2016

Autodesk Revit 2016 es una de las plataformas de software de diseño BIM disponibles en el mercado. Es posible la aplicación de la metodología BIM para la parte práctica de este estudio y ha sido utilizado para crear el modelo BIM. En este caso, Revit ha servido como una herramienta de diseño para crear los modelos 3D, que después se exporta a Autodesk Navisworks Manage 2016, incluyendo toda la información a nivel de elemento.

Aunque Revit tiene una aplicación integrada para la planificación de la construcción incluyendo el tiempo, es una manera compleja y laboriosa para organizar las diferentes fases, y no sirve plenamente para la secuenciación 4D. Las herramientas permiten al usuario visualizar las modificaciones a través del tiempo en un proyecto dado, así como la asignación de diferentes fases para cada uno de los elementos del modelo, que es realmente útil para almacenar la información del ciclo de vida de un edificio. Es por ello posible crear capturas de las diferentes fases que va atravesando la construcción.

Sin embargo, debido a la existencia de Navisworks para la simulación 4D, que es una herramienta mucho más poderosa para este fin, esta opción no es objetivo de una mayor investigación.

3.1.2. Microsoft Office Project 2016

Microsoft Office Project 2016 es una aplicación de software de gestión de proyectos para la planificación de la construcción. Se ha utilizado para completar el programa de tiempo, la definición de las actividades, su duración y las relaciones secuenciales. La planificación final sería importado en Autodesk Navisworks Manage 2016 con el fin de crear el modelo 4D.

3.1.3. Autodesk Navisworks Manage 2016

La familia de Autodesk Navisworks ofrece 3 versiones de productos diferentes, cada uno de ellos incluyen estas características: (1) Autodesk Navisworks Freedom, (2) Autodesk Navisworks Simulate y (3) Autodesk Navisworks Manage. La versión utilizada para aplicar la parte práctica es Autodesk Navisworks Manage ® 2016 ya que incluye todas las características, aunque la versión Simulate hubiera sido suficiente para los propósitos BIM 4D.

Autodesk Navisworks Manage 2016 es un diseño de herramienta de revisión de BIM gracias a la capacidad de integración de la función '*TimeLiner*' de BIM 4D. Tiene otras utilidades, como, la detección de conflictos para la coordinación del proyecto, la coordinación y la herramienta de simulación. Navisworks no fue concebido para proporcionar la oportunidad de modificar un modelo. Ninguna de las funciones de Navisworks modifica el archivo original y ni los datos del modelo que figuran en ella.

La función de Navisworks que se va a utilizar con más frecuencia es *TimeLiner*. Esta tiene una aplicación de programación incorporada para administrar las tareas, aunque, como se ha mencionado una herramienta más potente será utilizada para ese fin: Microsoft Office Project 2016. Para tratar con fuentes de datos externas, hay un cuadro de diálogo para agregar, borrar y actualizar.

Además, Navisworks *TimeLiner* permite visualizar el estado del modelo gracias a la función *Simulate*. *Quantification* es otra función de Navisworks, que permite generar un reporte de metrados de manera automática. Y *Clash Detective* es otra de las funciones potentes de Navisworks, que permite detectar interferencias e incompatibilidades y también será explorados en este estudio.

3.2. Descripción del proceso

Como se afirmó anteriormente hay varios estudios que confirman la posibilidad de simular el proceso de construcción en el tiempo. La pregunta ahora es: ¿hasta qué punto es posible? Con la ayuda de las herramientas descritas en el Título 3.1, el objetivo es demostrar lo que estos estudios sugieren evaluando mediante ejemplos de lo que es posible y lo que no es. Al mismo tiempo, se debe dar especial atención al flujo de trabajo.

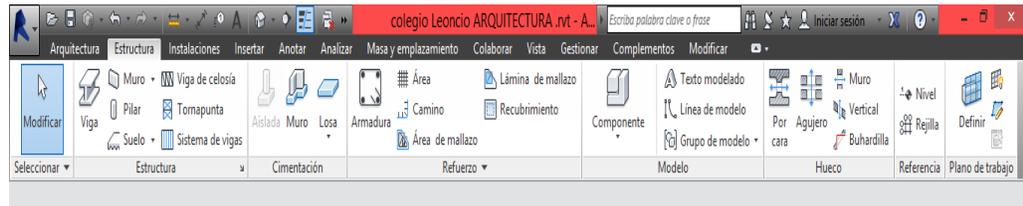
Para completar esta parte práctica, en primer lugar, un modelo BIM 3D se realizó en Autodesk Revit, luego este se exportó a Autodesk Navisworks para generar un reporte de metrados e incompatibilidades. A la vez está siendo elaborado una programación de obra, para después unirlos y generar el modelo BIM 4D. Este es el análisis de un flujo de trabajo: fusionar un modelo de Revit con un calendario desde MS Project en Navisworks para el modelado 4D.

3.2.1. Descripción y realización del Modelado BIM

No hay criterios específicos de diseño para la creación del modelo, la principal idea ha sido tener una edificación compuesto de diferentes elementos con el fin de llevar a cabo un análisis lógico de las posibilidades que ofrecen las aplicaciones.

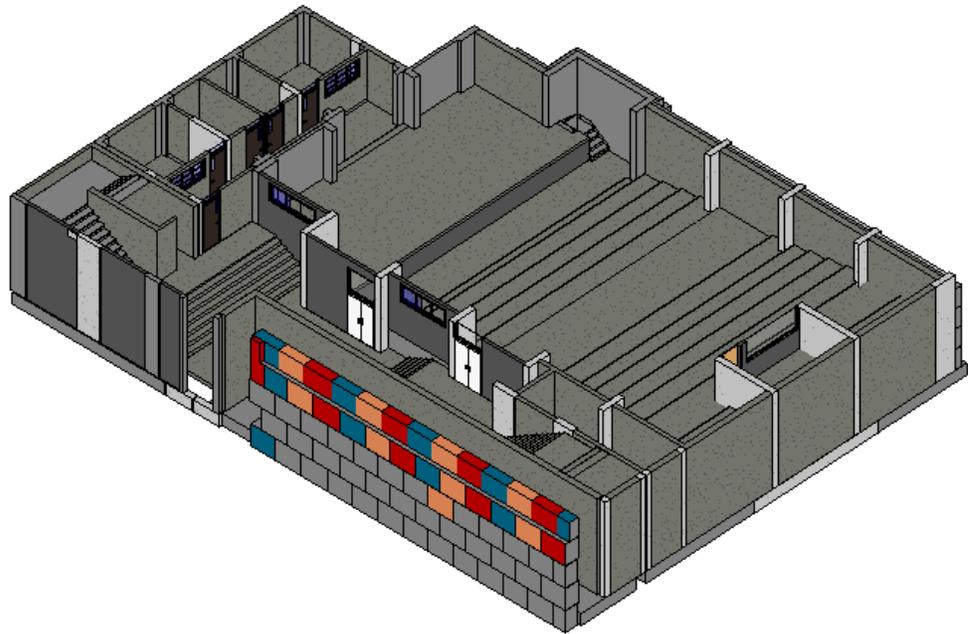
La fase de construcción, se inicia con el Modelado en Revit 2016, el cual presenta una interfaz muy intuitiva y muchas similitudes al ya conocido Autocad, ya que pertenece también a la Familia Autodesk.

Figura III-1: Interfaz de Usuario Revit 2016



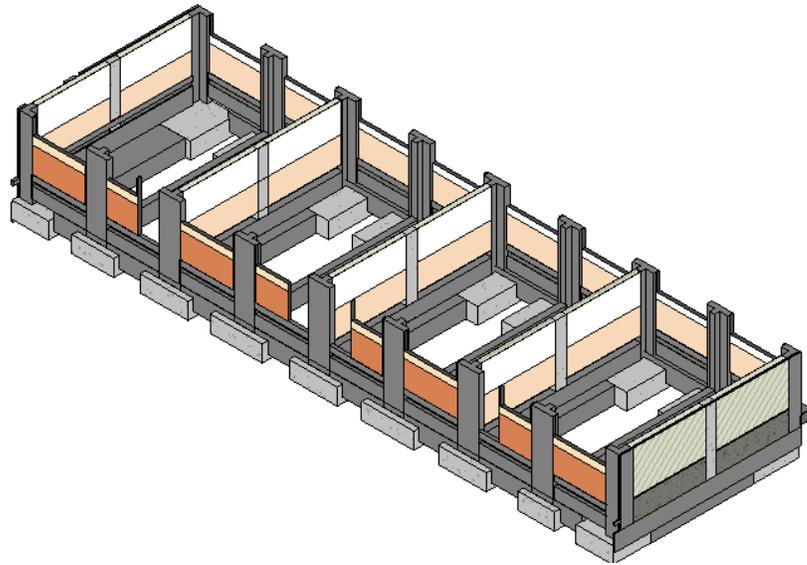
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-2 Modelado del Zotano: (Calzaduras +Cimientos+ Placas+ Columnas+Muros)



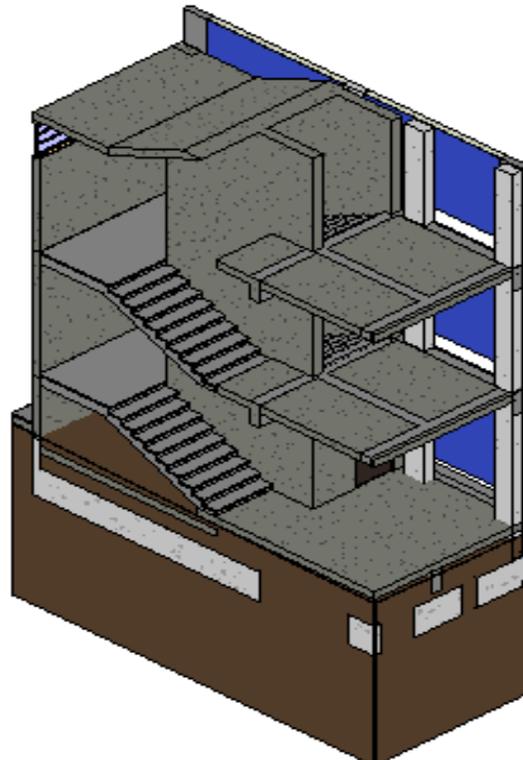
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-3: Planta del Primer piso pabellon C1: (Zapatas, Zapatas corridas, Vigas de cimentaciones, Sobrecimiento, Columnas, Muros)



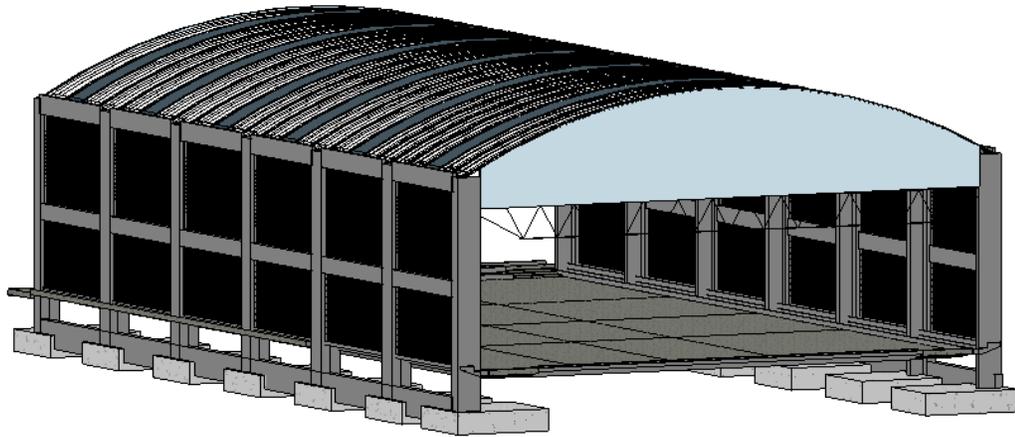
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-4: Escalera del Pabellon C



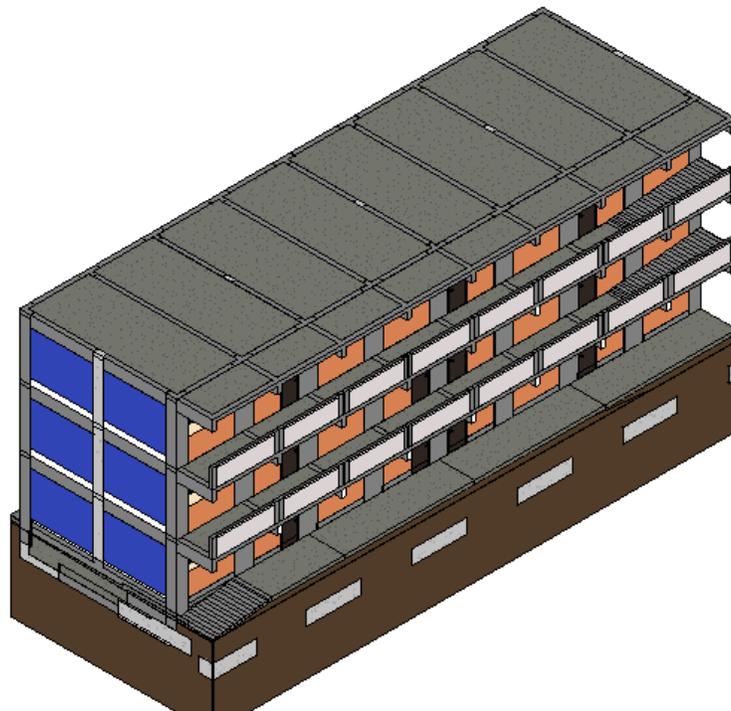
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-5: Polideportivo: (zapatas+ Zapatas de cimentación+columnas+ vigas+ arco techo)



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-6: Pab C 1 con sus 3 niveles



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de facilitar la visualización del modelo 4D en Navisworks, hay algunos requisitos para la salida del modelo de Revit a tener en cuenta durante la creación de la misma.

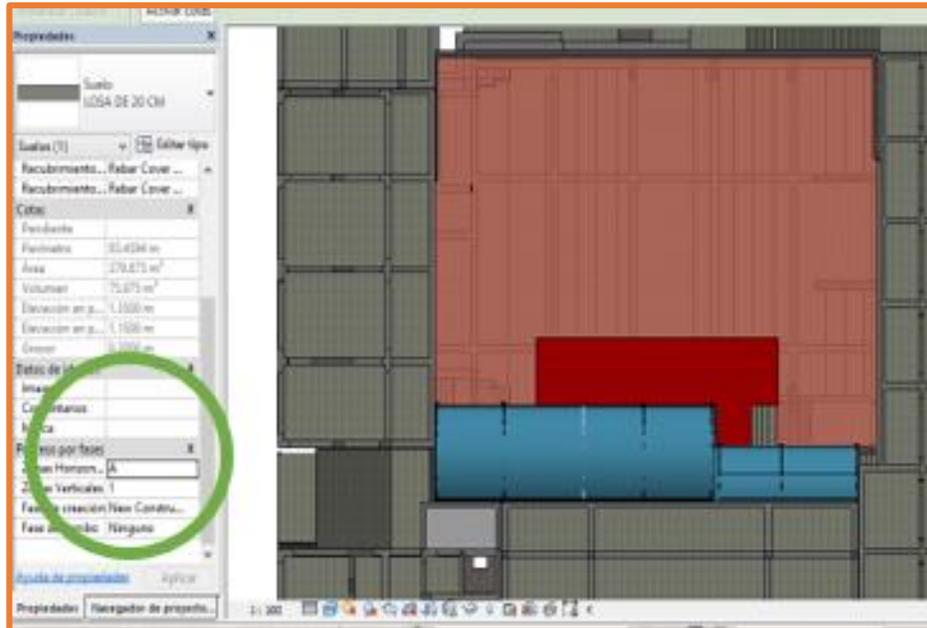
El proceso consiste en la adición de los parámetros del proyecto a los elementos en el modelo. 2 opciones avanzadas serian exploradas: (1) la división de los elementos en partes y zonas y (2) la asignación de un identificador de tareas para los elementos.

- **Piezas y zonas:** mientras que los elementos con una geometría pre-establecida como puertas y las ventanas no requieren de ningún tipo de preparación, algunos otros como pisos y paredes pueden ser necesarios dividirlos en partes para representar mejor su secuencia de construcción. Por ejemplo, los pisos se pueden dividir en zonas que representan el derrame del concreto (Figura III-6). Las rejillas y los niveles juegan un papel importante en este proceso, ya que se necesita que estos elementos se dividan para convertirse en partes en el modelo BIM. Las rejillas pueden marcar zonas horizontales y verticales que se pueden asignar a los elementos. Por ejemplo: 'A-2'.

Esto se tiene que hacer antes que el modelo sea exportado a Navisworks.

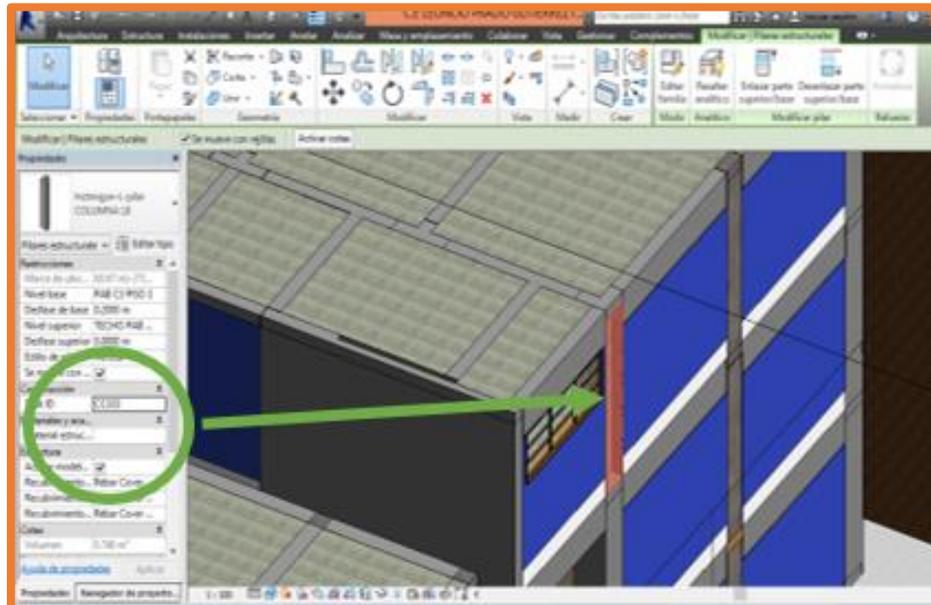
- **Asignación de tareas de identificación de los elementos:** hay una interesante posibilidad para incluir un parámetro a los elementos en el modelo a fin de hacer referencia a las tareas en el programa de construcción y facilitar el proceso de asignación en el futuro. Por ejemplo, el ID o código de las columnas contenidas en el Pabellon C sector 1 piso 2 es en este caso "CC12" (Figura III-7). Esto se tiene que hacer antes que el modelo sea exportado a Navisworks.

Figura III-7: División de una losa en zonas que representan el derrame del concreto: 'Zona A-2' (Revit 2016)



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-8: Parámetro ID de Tarea de una columna rectangular: 'C02' (Revit 2016)

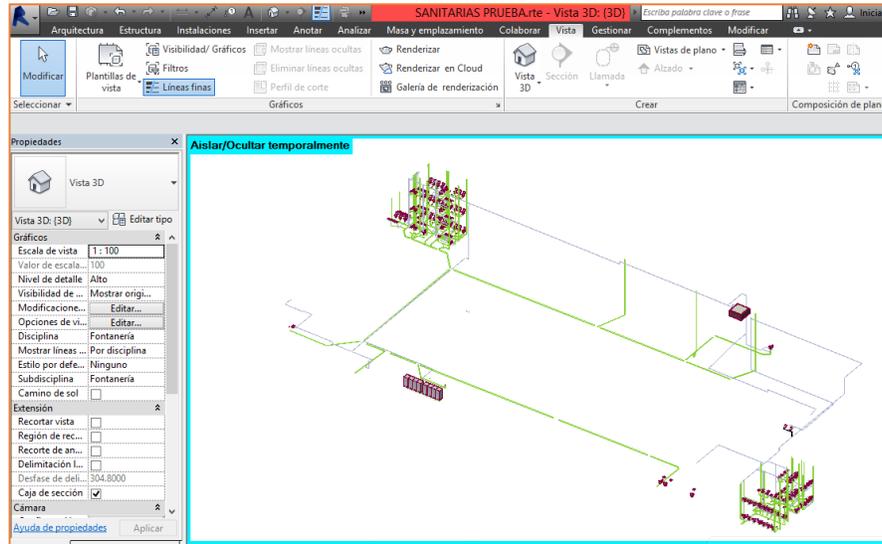


Fuente: Elaboración Propia

En el ANEXO N° 1 se puede observar las vistas del proceso constructivo del Modelo BIM generado en Autodesk Revit.

Las siguientes figuras muestran las diferentes disciplinas BIM, generados en Revit. El siguiente paso sería importarlo a Navisworks, para crear el programa de construcción.

Figura III-9: Modelo BIM original de Instalaciones de Agua y Desagüe



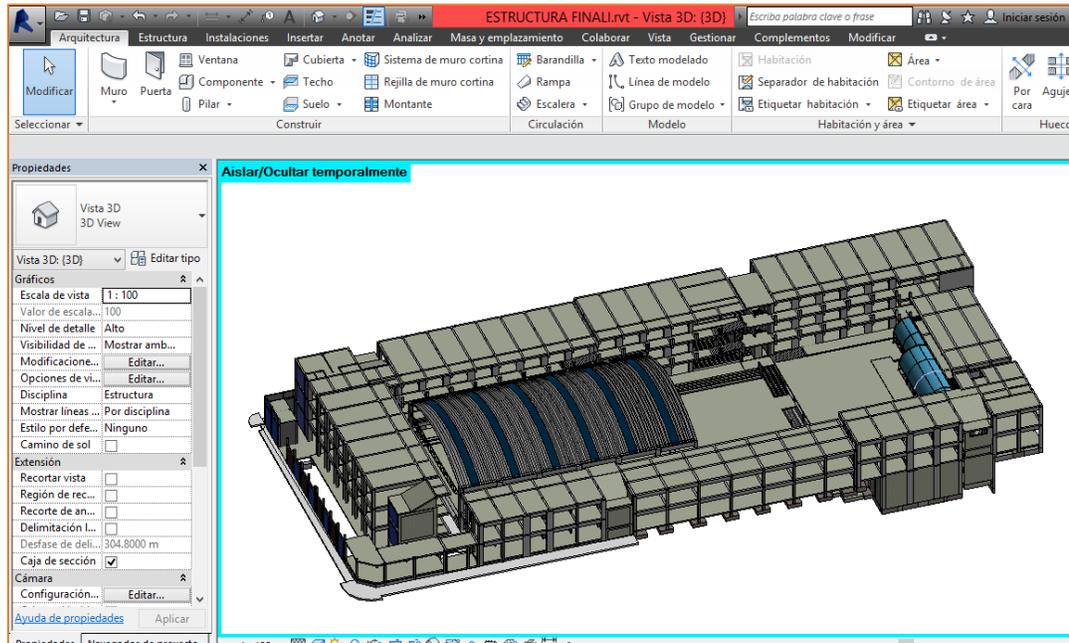
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-10: Modelo BIM original de Instalaciones Eléctricas



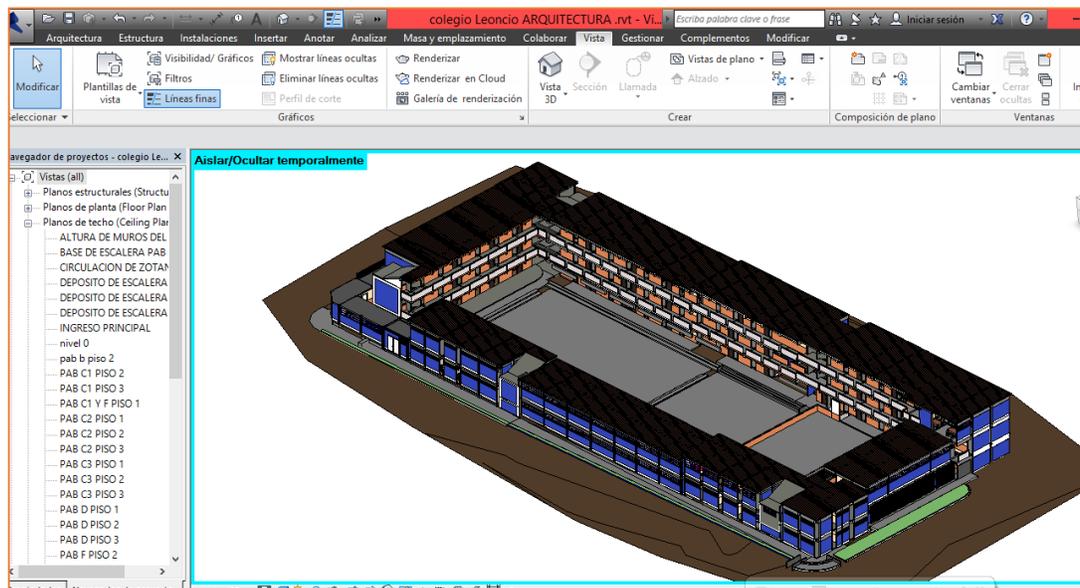
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-11: Modelo BIM original de Estructuras



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-12: Modelo BIM original de Arquitectura



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Trayendo el Modelo de Revit a Navisworks

Es importante entender cómo tratar con diferentes formatos de archivo Navisworks antes de comenzar a trabajar. Hay tres formatos diferentes de archivo Navisworks (Figura III-13) (Autodesk, 2016):

- **NWC** (Navisworks Archivos de Caché): este es el formato Navisworks por defecto y es vinculado al archivo adjunto original (en este caso RVT). Este formato comprime el modelo hasta un 90% de su tamaño original, y permite la publicación de archivos NWF. Aunque, esto no suele ser el archivo viable y los 2 formatos siguientes son los más usados.
- **NWF** (Navisworks Conjunto de Archivos): se trata de un archivo de referencia que incluye la referencia externa del archivo adjunto original. La geometría no se guarda y se basa en los datos de los archivos principales, ya sea NWC o RVT. Esto es comúnmente en los archivos a trabajar. También es vinculado al archivo original (en este caso RVT) y cualquier cambio en ella puede reflejarse. Desde un NWF es posible publicar archivos con formato NWD.
- **NWD** (Navisworks Documento de Archivo): este es típicamente el archivo para ser compartida con diferentes miembros del equipo de revisión. Una instantánea del modelo en un específico momento, pueden ser incluidos en las anotaciones para comunicar posibles correcciones.

Figura III-13: Diferentes formatos de archivo de Autodesk Navisworks (Autodesk, 2016)

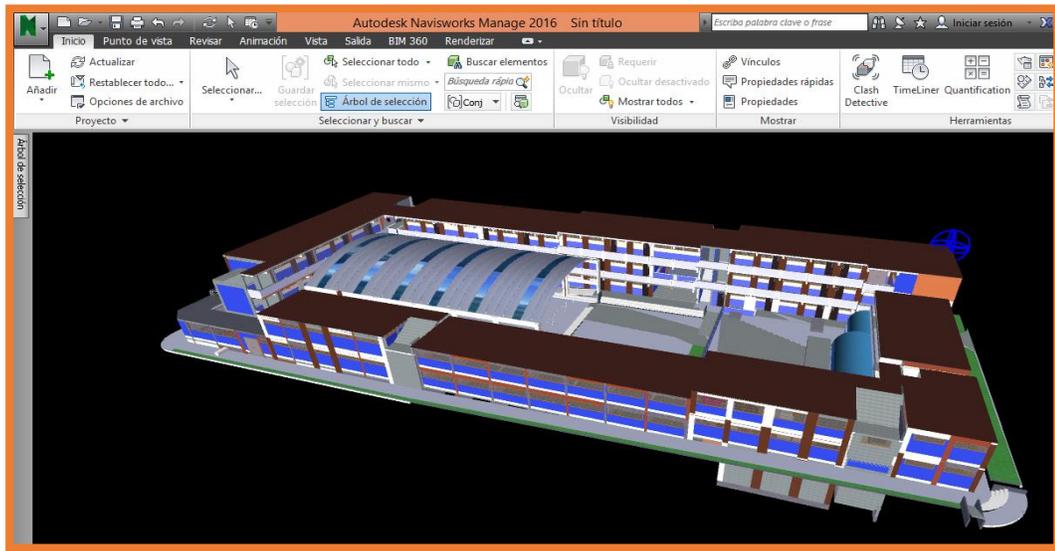


Como en otras aplicaciones similares, hay dos posibilidades para llevar el modelo creado en Revit a Navisworks: (1) para importar el modelo una vez que el usuario ejecuta Navisworks o (2) para exportar el modelo de Revit a un archivo NWC. El resultado es idéntico porque en la primera opción se crea un archivo NWC cuando se guarda el modelo. Si se abre el archivo NWC de nuevo, hay una posibilidad de guardar el modelo como un archivo NWF o NWD.

Los formatos mencionados de archivo diferentes varían en tamaño para la misma representación de la modelo. El tamaño de la NWC es considerablemente más pequeño que el archivo principal RVT (105 KB) debido a las razones antes mencionadas. Al mismo tiempo, el archivo NWF se comprime más ocupando un tamaño de tan sólo 19 KB, mientras que el archivo NWD es de 99 KB. Este es concebido de esta manera con el fin de asegurar una mejor navegabilidad del modelo.

Una vez que el modelo está en uno de los archivos viables de Navisworks está listo como modelo de datos gráficos y no gráficos en lo que refiere. La Figura III-14 muestra el modelo BIM abierto en Navisworks. Para el propósito de este estudio NWF es el formato de archivo que se está utilizando.

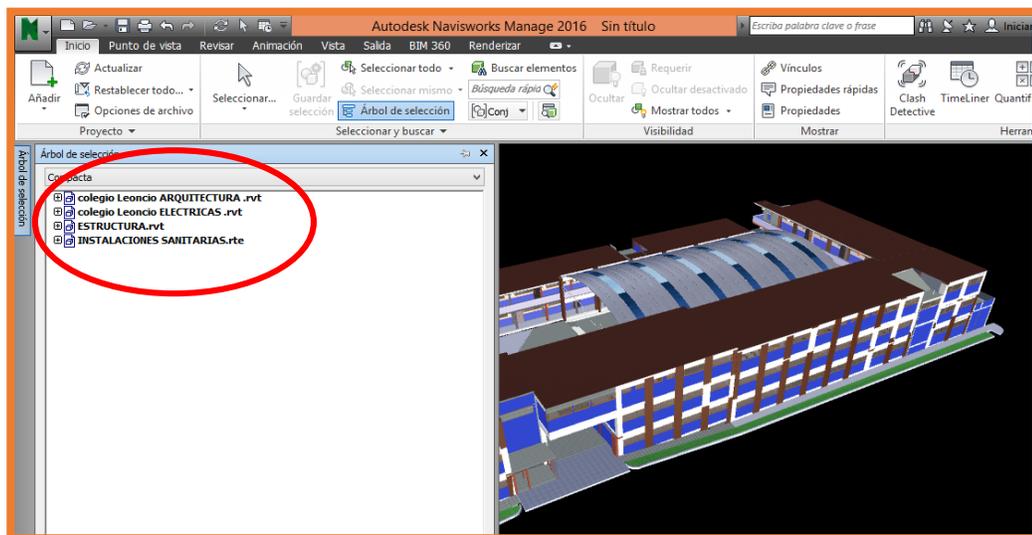
Figura III-14: Modelo BIM en Navisworks Manage 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Como ejemplo, se muestra que en la Figura III-15 se han fusionado los modelos de arquitectura-estructura con los modelos de tres sistemas de instalaciones. El resultado es la visualización del proyecto como un todo.

Figura III-15: Integración de los modelos BIM-3D por especialidades (Proyecto: Colegio Leoncio Prado Gutiérrez)

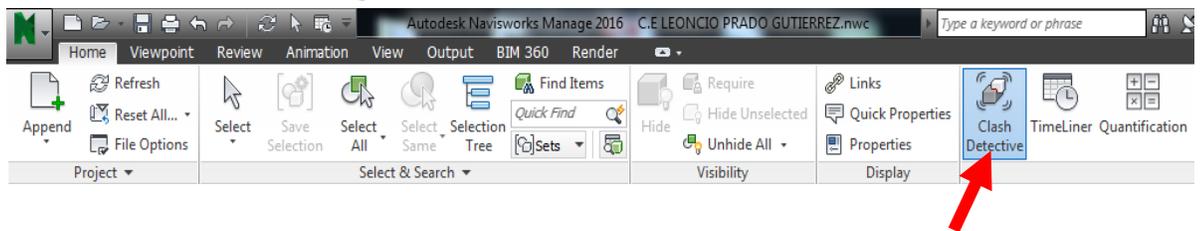


Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Detección de Interferencias con Autodesk Naviswork Manage

Al final de cada una de las fases de modelado, todos los modelos BIM elaborados deben ser integrados y centralizados para visualizar el proyecto como un todo. Esto permitirá realizar procedimientos de revisión para detectar interferencias y conflictos entre los elementos sólidos 3D contenidos en los modelos de todas las disciplinas haciendo clic en el comando *Clash Detective* como se muestra en la siguiente imagen.

Figura III-16: Clash Detective Interfaz



Herramienta Clash Detective

Fuente: Elaboración Propia

Esto abrirá el cuadro de diálogo *Clash Detective* como se muestra en la Figura III-23. Esta herramienta de Naviswork esta dividida en 4 Paneles. Uno de los paneles *Rule* donde seleccionamos la regla para omitir los conflictos en los que no queremos que se realice la detección o adicionar una nueva regla.

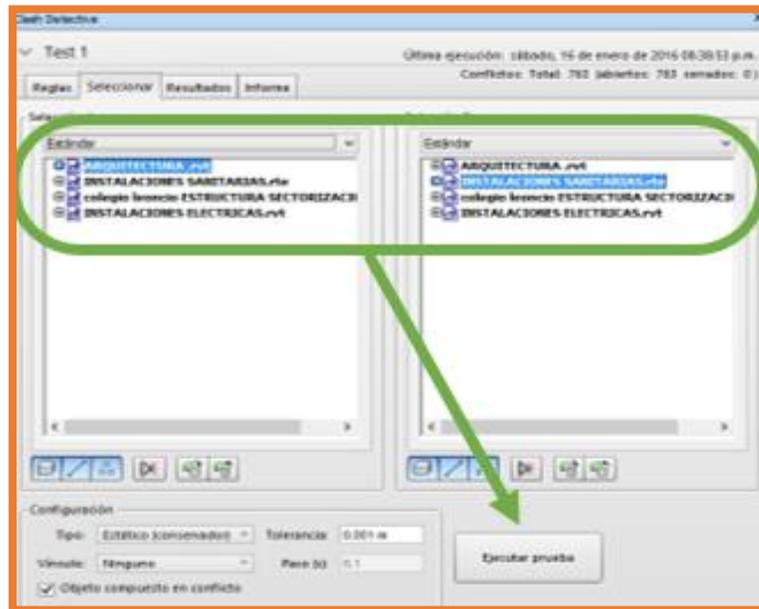
Figura III-17: Cuadro de dialogo del Clash Detective



Fuente: Elaboración Propia

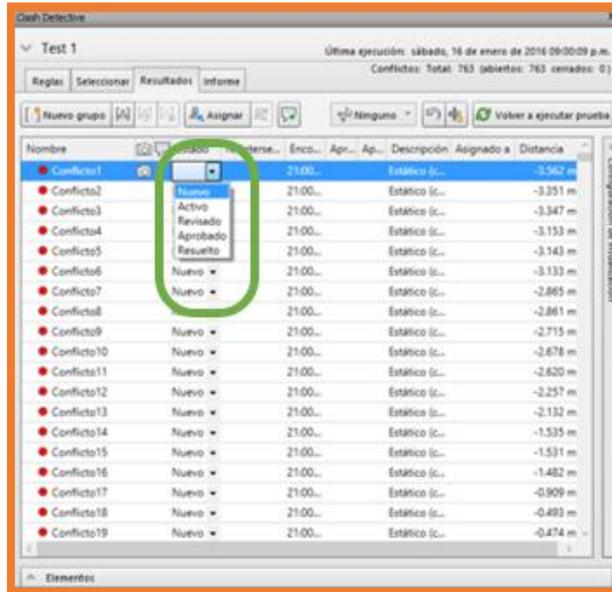
En el segundo panel se selecciona las especialidades entre las cuales ejecutaremos la herramienta *Clash Detective*, en el panel de resultados como su mismo nombre lo dice obtenemos los resultados donde podemos seleccionar en qué estado queremos seleccionarlo (*Nuevo, Activo, Revisado, Aprobado, Resuelto*) y por último obtenemos el reporte de incompatibilidades, donde podemos seleccionar los datos que irán en el informe y también el estado de estos. Como se muestra en las siguientes figuras.

Figura III-18: Panel de selección de archivos para ejecutar las pruebas de Incompatibilidad.



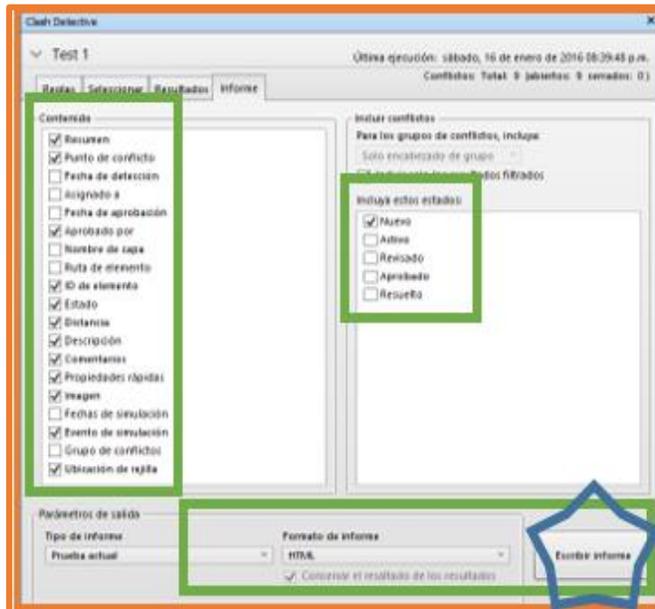
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-19: Resultados de las Incompatibilidades



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-20: Exportación de los Resultados



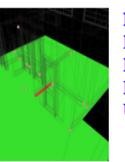
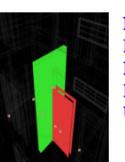
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4. Detección de Interferencias por Disciplina con Autodesk Navisworks

A. Detección de Incompatibilidades:

- **Arquitectura:**

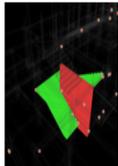
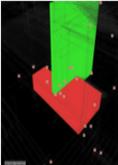
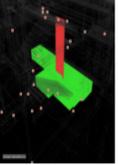
Figura III-21: Clash Detective Arquitectura

 <p>Nombre Distancia Descripción Estado Ubicación de rejilla</p> <p>CONFLICTO 1 -0.050m Estático Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento: 640852 Elemento Nombre: @ blanco Elemento Tipo: Sólido</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento: 1705405 Elemento Nombre: @ blanco Elemento Tipo: Sólido</p>	 <p>Nombre Distancia Descripción Estado Ubicación de rejilla</p> <p>CONFLICTO 2 -0.050m Estático Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento: 403890 Elemento Nombre: Muro básico Elemento Tipo: Muros: Muro básico: muro 15 CM</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento: 1696592 Elemento Nombre: Cielo raso de cubierta Elemento Tipo: Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m</p>
 <p>Nombre Distancia Descripción Estado Ubicación de rejilla</p> <p>CONFLICTO 3 -0.033m Estático Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento: 345820 Elemento Nombre: @azulino Elemento Tipo: Sólido</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento: 1705405 Elemento Nombre: Default Elemento Tipo: Sólido</p>	 <p>Nombre Distancia Descripción Estado Ubicación de rejilla</p> <p>CONFLICTO 5 -0.009m Estático Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento: 617632 Elemento Nombre: puerta para baños pab C Elemento Tipo: Parte compuesta</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento: 407359 Elemento Nombre: Muro básico Elemento Tipo: Muros: Muro básico: muro 15 CM</p>

Fuente: Elaboración Propia

- **Estructuras:**

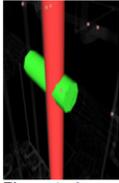
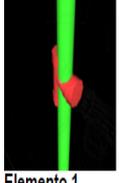
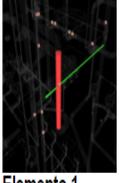
Figura III-22: Clash Detective Estructuras

 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>CONFLICTO 3</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-0.710m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td>A-23 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D</td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>312953</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Zapata-Rectangular</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Cimentación estructural: Zapata-Rectangular: ZAPATA ESQUINA ZOTANO 2</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>314100</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Hormigón - Hormigón moldeado in situ</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Sólido</td> </tr> </table>	Nombre	CONFLICTO 3	Distancia	-0.710m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Ubicación de rejilla	A-23 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D	ID de elemento	312953	Elemento Nombre	Zapata-Rectangular	Elemento Tipo	Cimentación estructural: Zapata-Rectangular: ZAPATA ESQUINA ZOTANO 2	ID de elemento	314100	Elemento Nombre	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Elemento Tipo	Sólido	 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>CONFLICTO 1</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-1.975m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td>C-3 : PAB C3 PISO 1</td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>477102</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Concrete, Lightweight</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Sólido</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>477149</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Escaleras</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Escaleras</td> </tr> </table>	Nombre	CONFLICTO 1	Distancia	-1.975m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Ubicación de rejilla	C-3 : PAB C3 PISO 1	ID de elemento	477102	Elemento Nombre	Concrete, Lightweight	Elemento Tipo	Sólido	ID de elemento	477149	Elemento Nombre	Escaleras	Elemento Tipo	Escaleras
Nombre	CONFLICTO 3																																												
Distancia	-0.710m																																												
Descripción	Estático (conservador)																																												
Estado	Nuevo																																												
Ubicación de rejilla	A-23 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D																																												
ID de elemento	312953																																												
Elemento Nombre	Zapata-Rectangular																																												
Elemento Tipo	Cimentación estructural: Zapata-Rectangular: ZAPATA ESQUINA ZOTANO 2																																												
ID de elemento	314100																																												
Elemento Nombre	Hormigón - Hormigón moldeado in situ																																												
Elemento Tipo	Sólido																																												
Nombre	CONFLICTO 1																																												
Distancia	-1.975m																																												
Descripción	Estático (conservador)																																												
Estado	Nuevo																																												
Ubicación de rejilla	C-3 : PAB C3 PISO 1																																												
ID de elemento	477102																																												
Elemento Nombre	Concrete, Lightweight																																												
Elemento Tipo	Sólido																																												
ID de elemento	477149																																												
Elemento Nombre	Escaleras																																												
Elemento Tipo	Escaleras																																												
 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>CONFLICTO 4</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-0.660m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td>I-18 : PAB C2 PISO 1</td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>343678</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Losa de cimentación</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>343627</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Muro básico</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2</td> </tr> </table>	Nombre	CONFLICTO 4	Distancia	-0.660m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Ubicación de rejilla	I-18 : PAB C2 PISO 1	ID de elemento	343678	Elemento Nombre	Losa de cimentación	Elemento Tipo	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2	ID de elemento	343627	Elemento Nombre	Muro básico	Elemento Tipo	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2	 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>CONFLICTO 2</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-1.060m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td>C-24 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D</td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>325669</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Muro básico</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>327239</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Losa de cimentación</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2</td> </tr> </table>	Nombre	CONFLICTO 2	Distancia	-1.060m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Ubicación de rejilla	C-24 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D	ID de elemento	325669	Elemento Nombre	Muro básico	Elemento Tipo	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS	ID de elemento	327239	Elemento Nombre	Losa de cimentación	Elemento Tipo	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2
Nombre	CONFLICTO 4																																												
Distancia	-0.660m																																												
Descripción	Estático (conservador)																																												
Estado	Nuevo																																												
Ubicación de rejilla	I-18 : PAB C2 PISO 1																																												
ID de elemento	343678																																												
Elemento Nombre	Losa de cimentación																																												
Elemento Tipo	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2																																												
ID de elemento	343627																																												
Elemento Nombre	Muro básico																																												
Elemento Tipo	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2																																												
Nombre	CONFLICTO 2																																												
Distancia	-1.060m																																												
Descripción	Estático (conservador)																																												
Estado	Nuevo																																												
Ubicación de rejilla	C-24 : DEPOSITO DE ESCALERA PAB D																																												
ID de elemento	325669																																												
Elemento Nombre	Muro básico																																												
Elemento Tipo	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS																																												
ID de elemento	327239																																												
Elemento Nombre	Losa de cimentación																																												
Elemento Tipo	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2																																												

Fuente: Elaboración Propia

- **Instalaciones Sanitarias:**

Figura III-23: Clash Detective Inst. Sanitarias

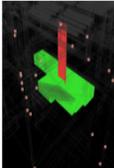
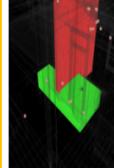
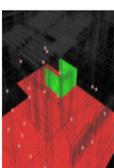
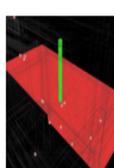
 <p>Nombre CONFLICTO 1 Distancia -0.069m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 664747 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 704867 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</p>	 <p>Nombre CONFLICTO 2 Distancia -0.068m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 703075 Elemento Nombre Estándar Elemento Tipo Uniones de tubería</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 730488 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</p>
 <p>Nombre CONFLICTO 4 Distancia -0.027m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 695103 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 754582 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: Estándar</p>	 <p>Nombre CONFLICTO 3 Distancia -0.028m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 701064 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 725537 Elemento Nombre Tipos de tubería Elemento Tipo Tuberías: Tipos de tubería: Estándar</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. Detección de Interferencias Inter-Disciplinarias (Navisworks)

- Estructuras Vs. Arquitectura

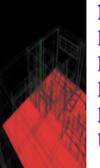
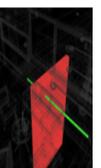
Figura III-24: Clash Detective Estructuras Vs. Arquitectura

 <p>Nombre Conflicto18 Distancia -1.060m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 325669 Elemento Nombre Muro básico Elemento Tipo Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 327239 Elemento Nombre Losa de cimentación Elemento Tipo Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2</p>	 <p>Nombre Conflicto39 Distancia -0.660m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 343627 Elemento Nombre Concrete, Lightweight Elemento Tipo Sólido</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 343678 Elemento Nombre Losa de cimentación Elemento Tipo Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2</p>
 <p>Nombre Conflicto14 Distancia -1.150m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 1698329 Elemento Nombre Cielo raso de cubierta Elemento Tipo Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 350119 Elemento Nombre PLACA PARA ASENSOR Elemento Tipo Pilares estructurales</p>	 <p>Nombre Conflicto22 Distancia -1.000m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 665286 Elemento Nombre pintura para muro blanco Elemento Tipo Sólido</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 428156 Elemento Nombre 0.15*0.20 Elemento Tipo Pilares estructurales</p>

Fuente Elaboración Propia

- **Arquitectura Vs. Instalaciones sanitarias**

Figura III-25: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Sanitarias

 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>Conflicto3</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-0.306m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Punto de conflicto</td> <td>-13.478m, -16.998m, -10.400m</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td></td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>226458</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Concrete, Cast-in-Place gray</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Sólido</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>744420</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Tipos de tubería</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</td> </tr> </table>	Nombre	Conflicto3	Distancia	-0.306m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-13.478m, -16.998m, -10.400m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	226458	Elemento Nombre	Concrete, Cast-in-Place gray	Elemento Tipo	Sólido	ID de elemento	744420	Elemento Nombre	Tipos de tubería	Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>Conflicto1</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-3.351m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Punto de conflicto</td> <td>-40.197m, -5.131m, -3.750m</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td></td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>1711498</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Default</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Sólido</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>670616</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Tipos de tubería</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</td> </tr> </table>	Nombre	Conflicto1	Distancia	-3.351m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-40.197m, -5.131m, -3.750m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	1711498	Elemento Nombre	Default	Elemento Tipo	Sólido	ID de elemento	670616	Elemento Nombre	Tipos de tubería	Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
Nombre	Conflicto3																																																
Distancia	-0.306m																																																
Descripción	Estático (conservador)																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-13.478m, -16.998m, -10.400m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	226458																																																
Elemento Nombre	Concrete, Cast-in-Place gray																																																
Elemento Tipo	Sólido																																																
ID de elemento	744420																																																
Elemento Nombre	Tipos de tubería																																																
Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV																																																
Nombre	Conflicto1																																																
Distancia	-3.351m																																																
Descripción	Estático (conservador)																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-40.197m, -5.131m, -3.750m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	1711498																																																
Elemento Nombre	Default																																																
Elemento Tipo	Sólido																																																
ID de elemento	670616																																																
Elemento Nombre	Tipos de tubería																																																
Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV																																																
 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>Conflicto4</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-0.247m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Punto de conflicto</td> <td>-95.219m, -3.468m, -4.510m</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td></td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>1695278</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Cielo raso de cubierta</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>662349</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Tipos de tubería</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</td> </tr> </table>	Nombre	Conflicto4	Distancia	-0.247m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-95.219m, -3.468m, -4.510m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	1695278	Elemento Nombre	Cielo raso de cubierta	Elemento Tipo	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	ID de elemento	662349	Elemento Nombre	Tipos de tubería	Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	 <table border="0"> <tr> <td>Nombre</td> <td>Conflicto2</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>-0.909m</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td>Estático (conservador)</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Nuevo</td> </tr> <tr> <td>Punto de conflicto</td> <td>-27.236m, -33.815m, -11.272m</td> </tr> <tr> <td>Ubicación de rejilla</td> <td></td> </tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>223694</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Muro básico</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Muros: Muro básico: Generic - 200mm</td> </tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr> <td>ID de elemento</td> <td>666085</td> </tr> <tr> <td>Elemento Nombre</td> <td>Tipos de tubería</td> </tr> <tr> <td>Elemento Tipo</td> <td>Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV</td> </tr> </table>	Nombre	Conflicto2	Distancia	-0.909m	Descripción	Estático (conservador)	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-27.236m, -33.815m, -11.272m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	223694	Elemento Nombre	Muro básico	Elemento Tipo	Muros: Muro básico: Generic - 200mm	ID de elemento	666085	Elemento Nombre	Tipos de tubería	Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
Nombre	Conflicto4																																																
Distancia	-0.247m																																																
Descripción	Estático (conservador)																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-95.219m, -3.468m, -4.510m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	1695278																																																
Elemento Nombre	Cielo raso de cubierta																																																
Elemento Tipo	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m																																																
ID de elemento	662349																																																
Elemento Nombre	Tipos de tubería																																																
Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV																																																
Nombre	Conflicto2																																																
Distancia	-0.909m																																																
Descripción	Estático (conservador)																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-27.236m, -33.815m, -11.272m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	223694																																																
Elemento Nombre	Muro básico																																																
Elemento Tipo	Muros: Muro básico: Generic - 200mm																																																
ID de elemento	666085																																																
Elemento Nombre	Tipos de tubería																																																
Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV																																																

Fuente: Elaboración Propia

- **Estructura Vs. Instalaciones Sanitarias.**

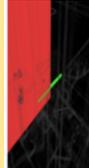
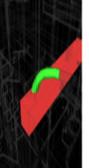
Figura III-26: Clash Detective Estructuras Vs. Inst. Sanitarias



Fuente: Elaboración Propia

- **Arquitectura Vs. Instalaciones Eléctricas**

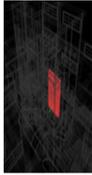
Figura III-27: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas

 <table border="0"> <tr><td>Nombre</td><td>Conflicto1</td></tr> <tr><td>Distancia</td><td>-0.065m</td></tr> <tr><td>Descripción</td><td>Estático</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Nuevo</td></tr> <tr><td>Punto de conflicto</td><td>-92.650m, -4.281m, -7.840m</td></tr> <tr><td>Ubicación de rejilla</td><td></td></tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>407105</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Muro básico</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Muros: Muro básico: muro 15 CM</td></tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>1869828</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Tubo sin uniones</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</td></tr> </table>	Nombre	Conflicto1	Distancia	-0.065m	Descripción	Estático	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-92.650m, -4.281m, -7.840m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	407105	Elemento Nombre	Muro básico	Elemento Tipo	Muros: Muro básico: muro 15 CM	ID de elemento	1869828	Elemento Nombre	Tubo sin uniones	Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)	 <table border="0"> <tr><td>Nombre</td><td>Conflicto2</td></tr> <tr><td>Distancia</td><td>-0.053m</td></tr> <tr><td>Descripción</td><td>Estático</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Nuevo</td></tr> <tr><td>Punto de conflicto</td><td>-95.321m, -4.100m, -7.462m</td></tr> <tr><td>Ubicación de rejilla</td><td></td></tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>407355</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Default Wall</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Sólido</td></tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>1869520</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Tubo sin uniones</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</td></tr> </table>	Nombre	Conflicto2	Distancia	-0.053m	Descripción	Estático	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-95.321m, -4.100m, -7.462m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	407355	Elemento Nombre	Default Wall	Elemento Tipo	Sólido	ID de elemento	1869520	Elemento Nombre	Tubo sin uniones	Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
Nombre	Conflicto1																																																
Distancia	-0.065m																																																
Descripción	Estático																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-92.650m, -4.281m, -7.840m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	407105																																																
Elemento Nombre	Muro básico																																																
Elemento Tipo	Muros: Muro básico: muro 15 CM																																																
ID de elemento	1869828																																																
Elemento Nombre	Tubo sin uniones																																																
Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)																																																
Nombre	Conflicto2																																																
Distancia	-0.053m																																																
Descripción	Estático																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-95.321m, -4.100m, -7.462m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	407355																																																
Elemento Nombre	Default Wall																																																
Elemento Tipo	Sólido																																																
ID de elemento	1869520																																																
Elemento Nombre	Tubo sin uniones																																																
Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)																																																
 <table border="0"> <tr><td>Nombre</td><td>Conflicto9</td></tr> <tr><td>Distancia</td><td>-0.042m</td></tr> <tr><td>Descripción</td><td>Estático</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Nuevo</td></tr> <tr><td>Punto de conflicto</td><td>-90.363m, -5.277m, -7.640m</td></tr> <tr><td>Ubicación de rejilla</td><td></td></tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>407113</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Muro básico</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Muros: Muro básico: muro 15 CM</td></tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>1870347</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar</td></tr> </table>	Nombre	Conflicto9	Distancia	-0.042m	Descripción	Estático	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-90.363m, -5.277m, -7.640m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	407113	Elemento Nombre	Muro básico	Elemento Tipo	Muros: Muro básico: muro 15 CM	ID de elemento	1870347	Elemento Nombre	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Elemento Tipo	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar	 <table border="0"> <tr><td>Nombre</td><td>Conflicto14</td></tr> <tr><td>Distancia</td><td>-0.037m</td></tr> <tr><td>Descripción</td><td>Estático</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Nuevo</td></tr> <tr><td>Punto de conflicto</td><td>-95.167m, -3.651m, -7.446m</td></tr> <tr><td>Ubicación de rejilla</td><td></td></tr> </table> <p>Elemento 1</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>407351</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Concrete, Lightweight</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Sólido</td></tr> </table> <p>Elemento 2</p> <table border="0"> <tr><td>ID de elemento</td><td>1870363</td></tr> <tr><td>Elemento Nombre</td><td>Tubo sin uniones</td></tr> <tr><td>Elemento Tipo</td><td>Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</td></tr> </table>	Nombre	Conflicto14	Distancia	-0.037m	Descripción	Estático	Estado	Nuevo	Punto de conflicto	-95.167m, -3.651m, -7.446m	Ubicación de rejilla		ID de elemento	407351	Elemento Nombre	Concrete, Lightweight	Elemento Tipo	Sólido	ID de elemento	1870363	Elemento Nombre	Tubo sin uniones	Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
Nombre	Conflicto9																																																
Distancia	-0.042m																																																
Descripción	Estático																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-90.363m, -5.277m, -7.640m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	407113																																																
Elemento Nombre	Muro básico																																																
Elemento Tipo	Muros: Muro básico: muro 15 CM																																																
ID de elemento	1870347																																																
Elemento Nombre	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC																																																
Elemento Tipo	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar																																																
Nombre	Conflicto14																																																
Distancia	-0.037m																																																
Descripción	Estático																																																
Estado	Nuevo																																																
Punto de conflicto	-95.167m, -3.651m, -7.446m																																																
Ubicación de rejilla																																																	
ID de elemento	407351																																																
Elemento Nombre	Concrete, Lightweight																																																
Elemento Tipo	Sólido																																																
ID de elemento	1870363																																																
Elemento Nombre	Tubo sin uniones																																																
Elemento Tipo	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)																																																

Fuente: Elaboración Propia

- **Estructuras Vs. Instalaciones Eléctricas.**

Figura III-28: Clash Detective Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas

 <p>Nombre Conflicto1 Distancia -0.220m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Punto de conflicto -89.382m, -3.850m, -7.428m Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 407349 Elemento Nombre Muro básico Elemento Tipo Muros: Muro básico: MURO CONTENCIÓN ZOTANO 25 cm</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 1870285 Elemento Nombre Tubo sin uniones Elemento Tipo Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</p>	 <p>Nombre Conflicto3 Distancia -0.220m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Punto de conflicto -91.567m, -2.204m, -7.437m Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 407363 Elemento Nombre Muro básico Elemento Tipo Muros: Muro básico: muro 15 CM</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 1870170 Elemento Nombre Tubo sin uniones Elemento Tipo Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</p>
 <p>Nombre Conflicto4 Distancia -0.197m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Punto de conflicto -15.340m, -36.248m, -10.322m Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 318511 Elemento Nombre Hormigón-Viga rectangular Elemento Tipo Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: 0.25*0.60</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 1864835 Elemento Nombre Tubo sin uniones Elemento Tipo Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</p>	 <p>Nombre Conflicto5 Distancia -0.194m Descripción Estático (conservador) Estado Nuevo Punto de conflicto -95.068m, -3.850m, -7.421m Ubicación de rejilla</p> <p>Elemento 1</p> <p>ID de elemento 407339 Elemento Nombre Hormigón-Rectangular-Pilar Elemento Tipo Pilares estructurales: Hormigón-Rectangular-Pilar: 0.25*0.50</p> <p>Elemento 2</p> <p>ID de elemento 1870363 Elemento Nombre Tubo sin uniones Elemento Tipo Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)</p>

Fuente: Elaboración Propia

- **Instalaciones Sanitarias Vs. Instalaciones Eléctricas**

Figura III-29: Clash Detective Inst. Eléctricas Vs. Inst. Sanitarias

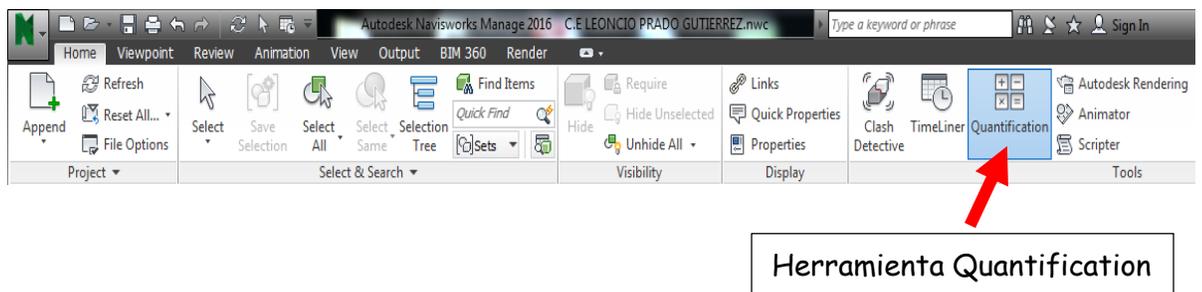


Fuente: Elaboración Propia

3.2.6. Reporte de Metrados

Cada proyecto tiene su precio y una de la mayoría de cosas que consume mucho tiempo es la de realizar la estimación de metrados de todo un despliegue de la edificación. Autodesk Navisworks nos brinda flujos de trabajo de cuantificación para ayudar a minimizar el tiempo utilizando el modelo 3D. El botón de la herramienta *Quantification* se encuentra en la cinta de *Home*.

Figura III-30: *Quantification* Interfaz



Fuente: *Elaboración Propia*

Al hacer click en la herramienta *Quantification* se abre el libro de cuantificación, luego vamos a configuración del proyecto, aparecerá una ventana para seleccionar o crear un modelo de catálogo, en este caso vamos a elaborar un catálogo, también conocido como una base de datos.

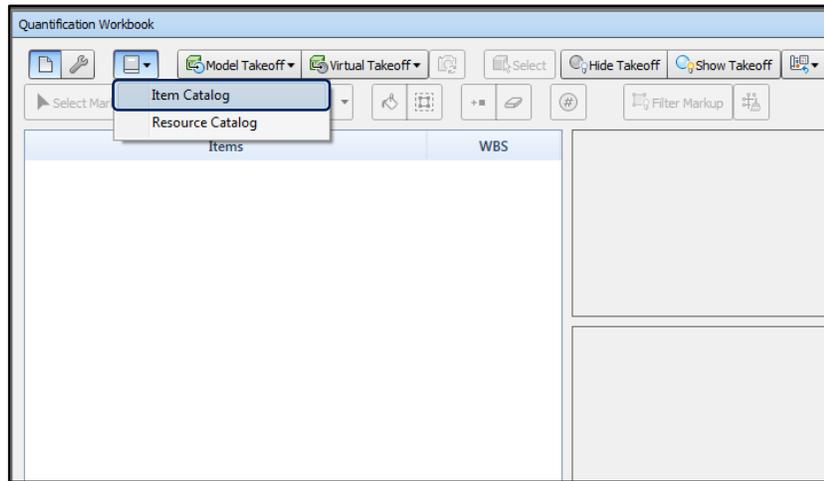
Catálogo:

El catálogo es esencialmente el archivo de base de datos desde la que se va a elegir qué elementos incluir en el despliegue. En términos comunes, el catálogo es como una tienda con la estimación de ser comparable con un carrito de compras en la tienda donde se colocan los objetos que necesitas para un proyecto.

Dentro del catálogo hay dos cosas que se pueden crear: Artículos y Recursos.

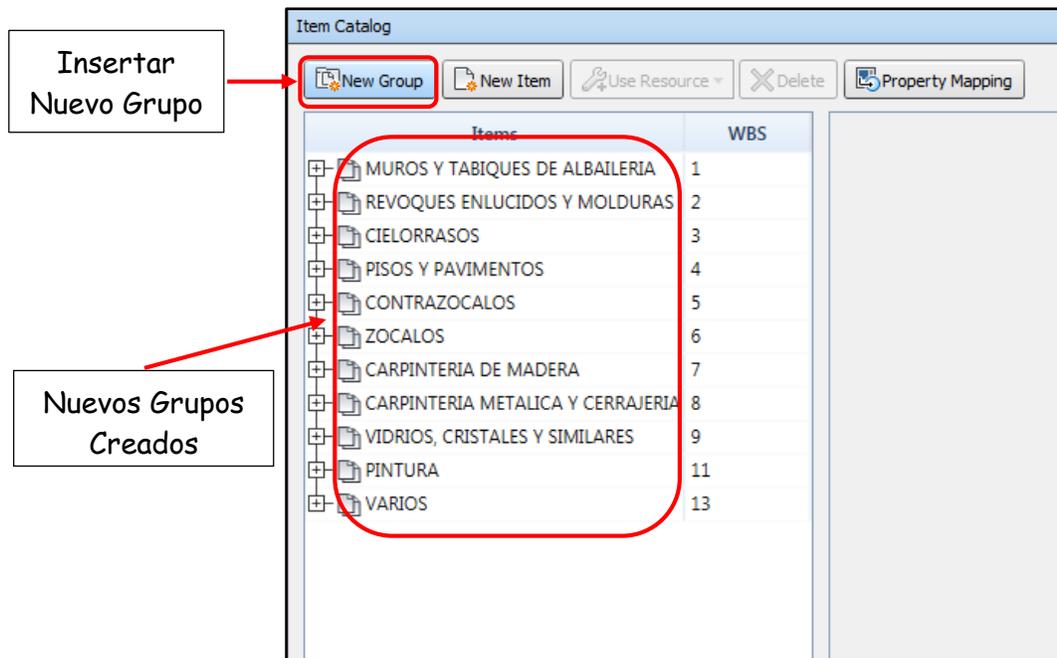
- **Item Catalog:**
Los artículos del catálogo se pueden asociar directamente con un objeto del modelo, tal como una pared o ventana. Los productos que pueden existir solos o pueden contener recursos.

Figura III-31: Abrir un Item Catalog



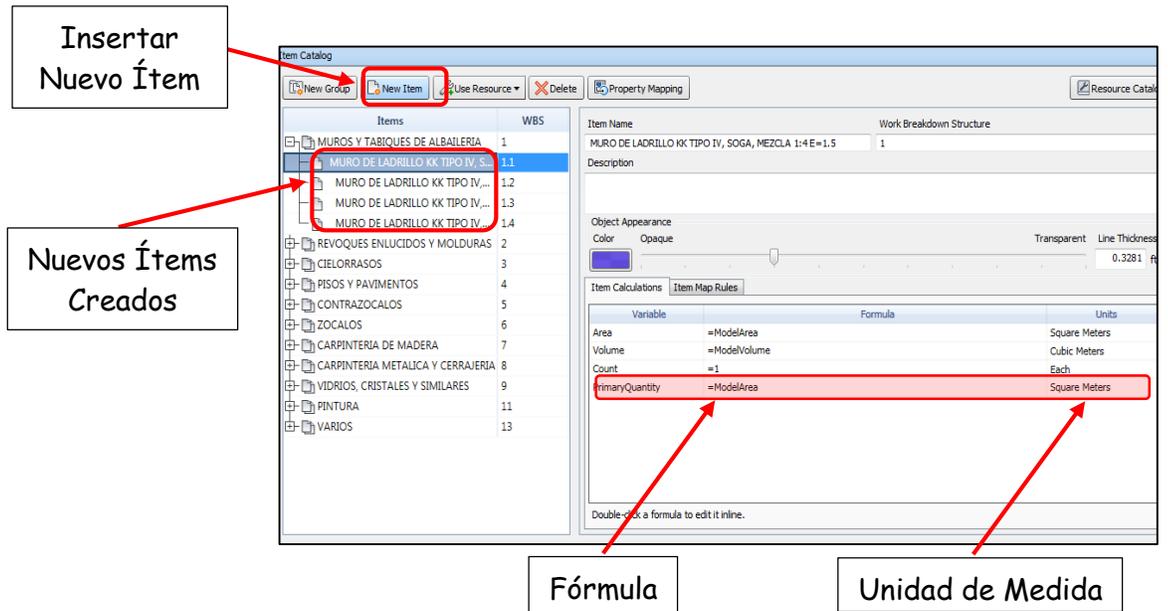
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-32: Inserción de Nuevo Grupo



Fuente: Elaboración Prop

Figura III-33: Inserción de Ítems

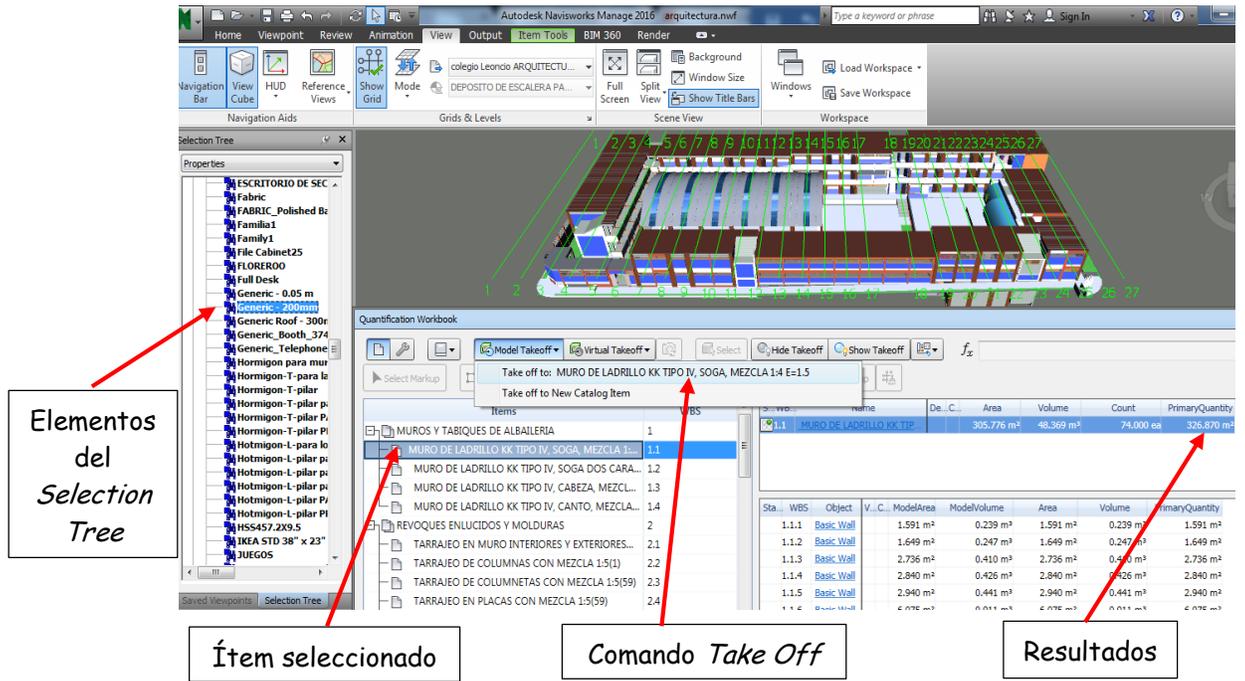


Fuente: Elaboración Propia

Hoja de Trabajo:

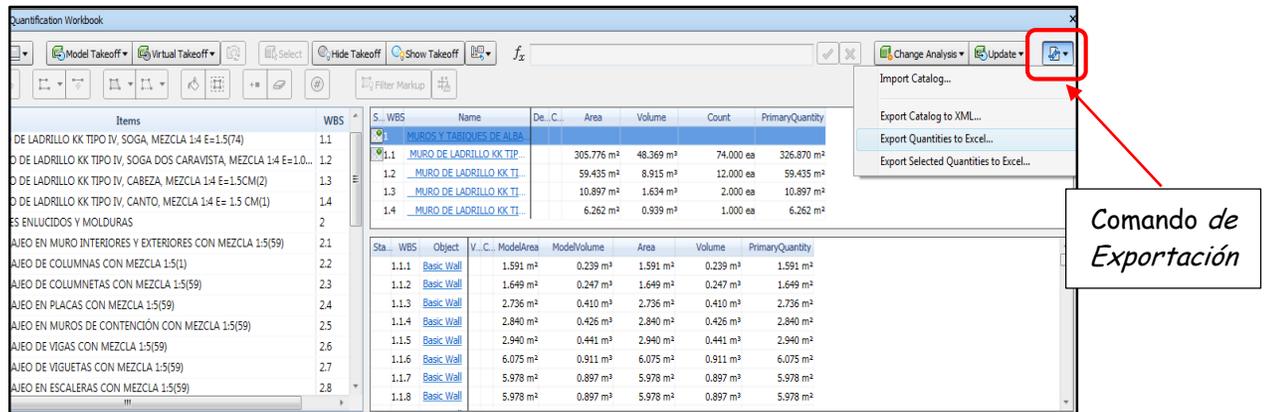
Luego de haber realizado el Catálogo de artículos regresamos a la ventana *Workbook*, en la cual de manera automática aparecen los Ítems del catálogo. Ahora procedemos a cuantificar de acuerdo a los Ítems. Seleccionando los elementos del *Selection Tree*, conjuntamente con en Ítems al que pertenece dicha selección y finalmente el comando *take off* (Figura III-20).

Figura III-34: Quantification Workbook – Take Off



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-35: Exportación



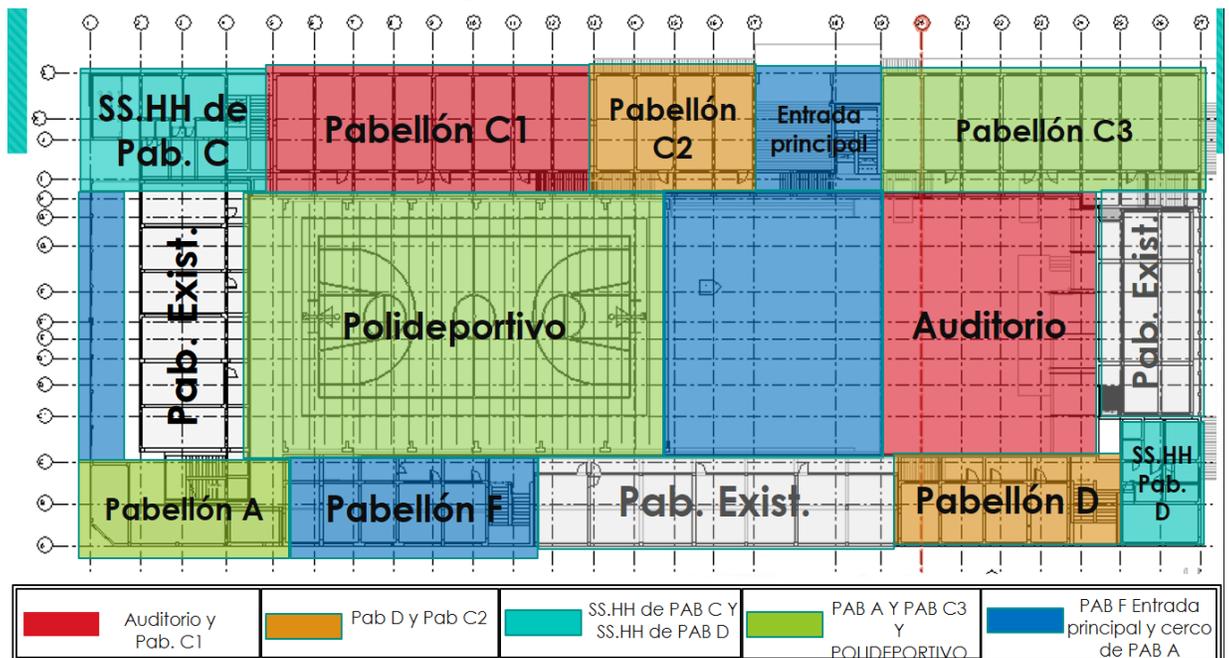
Fuente: Elaboración Propia

3.2.7. Descripción y Realización de la Planificación

Cuando se trata de realizar la planificación hay muchos métodos diferentes para llegar al mismo punto, pero algunos de ellos toman más tiempo que otros. Como ha sido mencionado antes, Navisworks cuenta con una aplicación integrada en la programación para introducir actividades y varias características. Sin embargo, debido a las opciones de sincronización de Navisworks con el software de gestión de proyectos más apropiado y de gran alcance como Microsoft Office Project 2016.

Antes de realizar la programación de obra de la construcción del colegio se contempló la sectorización en planta dividida en trece áreas. Cada área fue vaciada en un día, por lo tanto, cada piso se levantaba en dos semanas, teniendo en cuenta que algunas áreas se construirán en forma paralela. Este proceso permite tener un uso y distribución óptima de los recursos y un mayor control de los procesos.

Figura III-36: Sectorización



Fuente: Elaboración Propia

Con esta información, un cronograma de actividades fue elaborado en Microsoft Office Excel delimitado por la cantidad de metrado y rendimiento generado por cada cuadrilla en cada semana. En este caso la agrupación de elementos en las actividades se ha hecho generalmente de la recopilación de los elementos por pabellones y areas como se muestra en la Tabla III-1.

Tabla III-1: Cronograma de Actividades – Sótano

AUDITORIO	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																									
	TOTAL DE CONCRETO (M3)	CUAD RILLAS	RENDIM IENTO	DÍA	SEMANA1		SEMANA2		SEMANA3		SEMANA4		SEMANA5		SEMANA6		SEMANA7									
					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
CALZADURAS ESTABILIDAD	117.94	1	12	9.83																						
CALZADURA SECTOR 5		1																								
ZAPATAS	177.93	1	20	8.90																						
sector 2	18.36	1	20	0.92																						
sector3	18.36	1	20	0.92																						
CIMIENTOS CORRIDOS	635.56	1	20	31.78																						
sector 1	95.33	1	20	4.77																						
sector 2	190.67	1	20	9.53																						
sector 3	114.40	1	20	5.72																						
sector 4	95.33	1	20	4.77																						
sector 5	127.11	1	20	6.36																						
COLUMNAS	3.78	1	12	0.31																						
PLACAS	64.71	1	10	6.47																						
sector 1	22.65	1	10	2.26																						
sector2	16.18	1	10	1.62																						
sector 3	14.24	1	10	1.42																						
sector 4	11.65	1	10	1.16																						
MUROS DE CONTENCION	55.80	1	15	3.72																						
sector 1	13.95	1	15	0.93																						
sector2	13.95	1	15	0.93																						
sector 3	13.95	1	15	0.93																						
sector 4	13.95	1	15	0.93																						
SECTOR 5	62.00	1	15	4.13																						
SOBRECIMIENTO	7.39	1	12	0.62																						
MUROS	28.30	1	10	2.83																						
VIGAS DE ARRIOSTRE	0.33	1	18	0.02																						
VIGAS	34.93	2	18	1.94																						
ESCALERA	8.06	1	12	0.67																						
GRADERIAS	57.87	1	14	4.13																						
LOSA MACIZA	63.18	3	20	3.16																						

Fuente: Elaboración Propia

El cronograma de actividades sera complementado en MS Project con el fin de después importarlo a Navisworks, es de gran importancia incluir dos columnas adicionales: *Task ID* (si se utiliza el método de identificación de tareas) y *Tipo de Tarea*. El metodo de identificación de tareas consiste en un código dado a cada tarea (*Tabla III-2*) y el tipo de tarea se introduce con el objetivo de distinguir entre los elementos temporales, los elementos que se construyen, y los elementos a ser demolidos. La figura III-27 muestra las actividades clasificadas en virtud del tipo de tarea por ejemplo '*construcción*'. Sin embargo, las actividades previstas de categorías '*demolición*' y '*temporal*' también se podrían añadir.

Pueden existir actividades que no representan ningún objeto en el modelo, pero que igualmente consumen mucho tiempo. Estos son irrelevantes para la simulación 4D, pero tienen que ser considerados en el programa, ya que estos representan un período de espera o un hito. En este paso fechas no reales son introducidas, ya que será analizado en la sección de supervisión del tiempo dentro de las funciones de gestión de proyectos.

Tabla III-2: Tareas y el ID de los elementos en el modelo.

Nombre de tarea	Task ID	Nombre de tarea	Task ID
C.E LEONCIO PRADO GUTIERREZ		C.E LEONCIO PRADO GUTIERREZ	
PABELLONES EXIATENTES		ZAPATAS	
PABELLONES EXISTENTES	EXIST	ZAPATAS 2	ZA02
OBRAS PROVICIONES		ZAPATAS 3	ZA03
CERCO PERIMETRICO		ZAPATAS CORRIDAS	
CERCO 1	CPT1	ZAPATAS CORRIDAS 1	ZCA01
CERCO 2	CPT2	ZAPATAS CORRIDAS 2	ZCA02
CERCO 3	CPT3	ZAPATAS CORRIDAS 3	ZCA03
CERCO 4	CPT4	ZAPATAS CORRIDAS 4	ZCA04
CERCO 5	CPT5	ZAPATAS CORRIDAS 5	ZCA05
CERCO 6	CPT6	SOBRECIMIENTO	
CERCO 7	CPT7	SOBRECIMIENTO3	SA03
CERCO 8	CPT8	COLUMNA	
ALMACEN	AL	COLUMNA05	CA05
OFICINA	OF	PLACAS	
GUARDIA	GUAR	PLACAS1	PA01
CERCO PERIMETRICO		PLACAS2	PA02
CERCO 1	CPT1	PLACAS3	PA03
CERCO 2	CPT2	PLACAS4	PA04
CERCO 3	CPT3	MUROS DE CONTENCION	
CERCO 4	CPT4	MUROS DE CONTENCION1	MCA01
CERCO 5	CPT5	MUROS DE CONTENCION2	MCA02
CERCO 6	CPT6	MUROS DE CONTENCION3	MCA03
CERCO 7	CPT7	MUROS DE CONTENCION4	MCA04
CERCO 8	CPT8	MUROS DE CONTENCION5	MCA05
ALMACEN	AL	MUROS	
OFICINA	OF	MUROS03	MA03
GUARDIA	GUAR	VIGAS	
AUDITORIO		VIGAS	VA
EXCAVACIONES		ESCALERA	
EXCAVACIONES	EXA	ESCALERA	EA
CALZADURA		PASADISOS	
CALZADURA DE ESTABILIDAD	CALE	PASADISOS1	PSA01
CALZADURA1	CAL01	PASADISOS2	PSA02
CALZADURA2	CAL02	PASADISOS3	PSA03
CALZADURA3	CAL03	GRADERIAS	
CALZADURA4	CAL04	GRADERIAS01	GRA01
CALZADURA5	CAL05	GRADERIAS02	GRA02
CALZADURA6	CAL06	GRADERIAS03	GRA03
CALZADURA7	CAL07	GRADERIAS04	GRA04
CALZADURA8	CAL08	ESCENARIO	
CALZADURA9	CAL09	ESCENARIO	ES
CALZADURA10	CAL10	LOSA MACIZA	
CALZADURA11	CAL11	LOSA MACIZA	LMA
CALZADURA12	CAL12	PUERTAS Y VENTANAS	
CALZADURA13	CAL13	PUERTAS Y VENTANAS	PVA
CALZADURA14	CAL14		

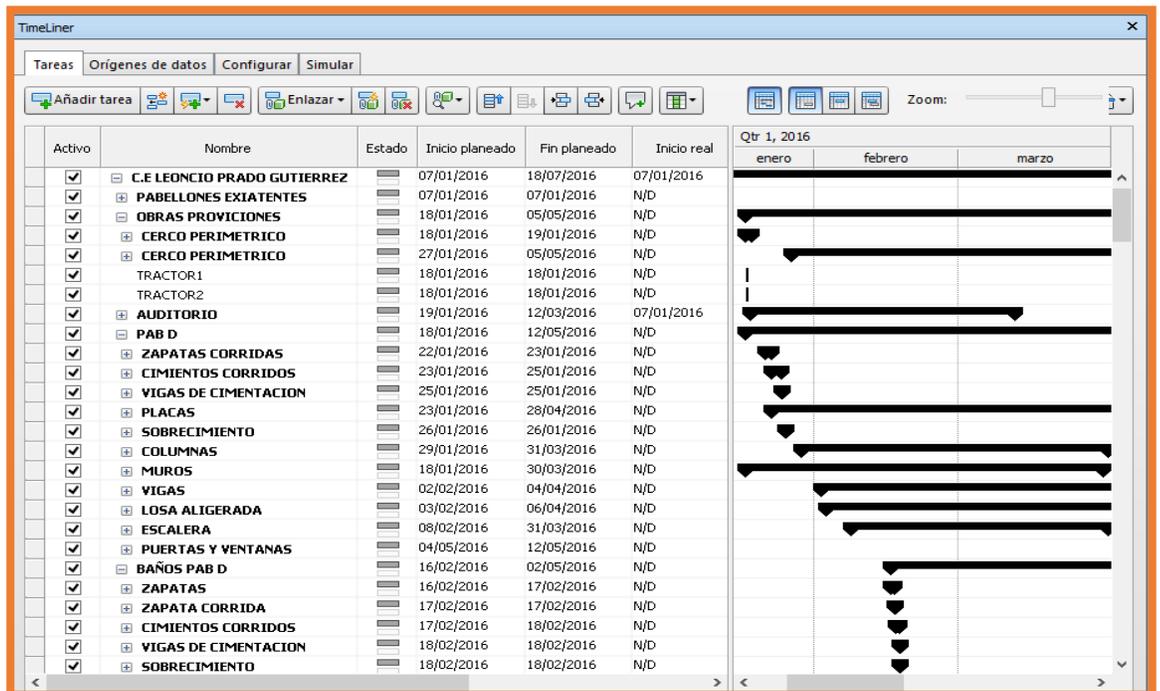
Fuente: Elaboración Propia

Figura III-37: Tipo de Tarea en la programación (MS Project 2016).

Task ID	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Actual Start	Actual Finish	Text2
1	C.E LEONCIO PRADO GUTIERREZ	230.13 days	Mon 18/01/16	Thu 24/11/16	NA	NA	
2	PABELLONES EXIATENTES	1 day	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Exist
3	EXIST PABELLONES EXISTENTES	1 day	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Exist
4	OBRAS PROVICIONES	84.5 days	Mon 18/01/16	Thu 05/05/16	NA	NA	
5	CERCO PERIMETRICO	1.6 days	Mon 18/01/16	Tue 19/01/16	NA	NA	Construct
6	CPT1 CERCO 1	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
7	CPT2 CERCO 2	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
8	CPT3 CERCO 3	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
9	CPT4 CERCO 4	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
10	CPT5 CERCO 5	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
11	CPT6 CERCO 6	0.2 days	Tue 19/01/16	Tue 19/01/16	NA	NA	Construct
12	CPT7 CERCO 7	0.2 days	Tue 19/01/16	Tue 19/01/16	NA	NA	Construct
13	CPT8 CERCO 8	0.2 days	Tue 19/01/16	Tue 19/01/16	NA	NA	Construct
14	AL ALMACEN	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
15	OF OFICINA	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
16	GUAR GUARDIA	0.2 days	Mon 18/01/16	Mon 18/01/16	NA	NA	Construct
17	CERCO PERIMETRICO	75.85 days	Wed 27/01/16	Thu 05/05/16	NA	NA	
18	CPT1 CERCO 1	0.2 days	Tue 23/02/16	Tue 23/02/16	NA	NA	Demolish

Fuente: Elaboración Propia

Figura III-38: Calendario original generado en MS Project e importado a Navisworks



Fuente: Elaboración Propia

3.2.8. Modelado 4D

Una vez que el modelo BIM y el horario se han generado, es el momento para llevar los datos gráficos y no gráficos a Navisworks con el fin de unirlos a través de un proceso de vinculación y, finalmente, crear el modelo 4D. Como será mostrado, la preparación del modelo 4D, así como el hecho de hacer frente a los cambios son algunos de los más asuntos importantes. Por lo tanto, el flujo de trabajo requerido para estos fines tiene que quedar claro durante todo el proceso. Puesto que el objetivo del flujo de trabajo de investigación se basa en el uso de varias aplicaciones, la capacidad de cambiar de una plataforma a otra, así como las capacidades de exportación / importación juegan un papel importante en todo esto.

Vale la pena mencionar que la calidad es lo mejor del modelo BIM y el calendario será el resultado más refinado. Por lo tanto, gran parte del trabajo se debe hacer en Navisworks.

Preparación del modelo: Conjuntos de selección

Antes de empezar a analizar las diferentes funcionalidades del flujo de trabajo presentado, una descripción de cómo preparar el modelo debe ser dada. Uno de los pasos más importantes viene justo después de importar el modelo BIM a Navisworks. Este proceso consiste en la creación de conjuntos de selección de todos los elementos contenidos en el modelo basado en la forma en que se representara la planificación, por ejemplo, la cantidad de elementos vinculados a una determinada actividad.

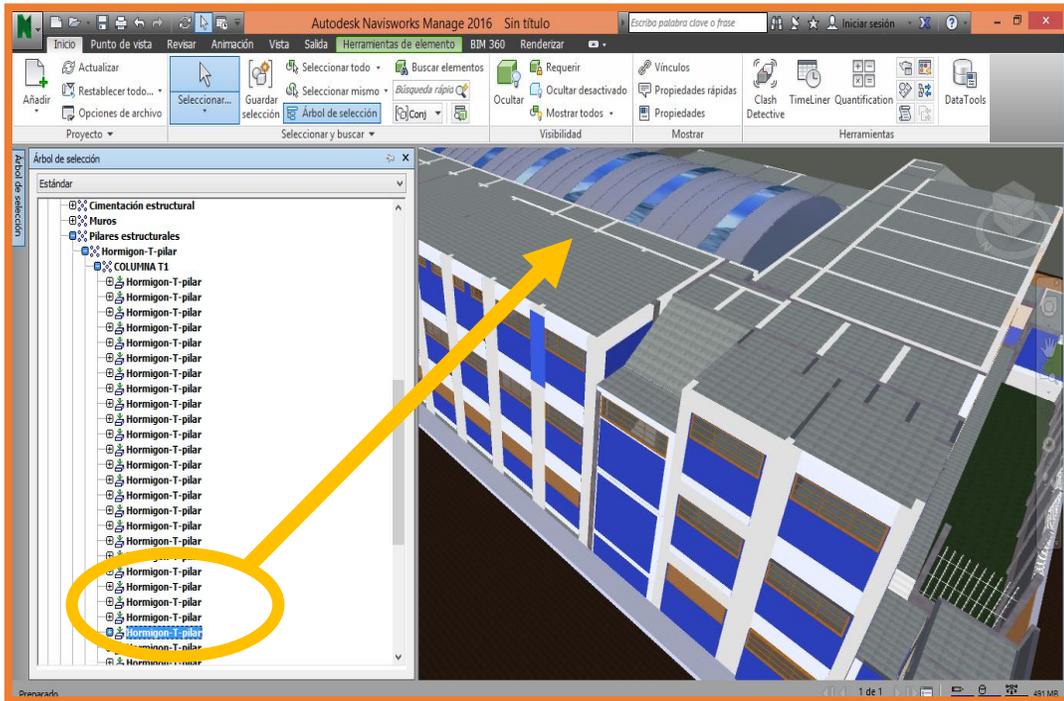
Como se establece conforme sea necesario el mayor número de conjuntos de selección tendrán que ser generados en este paso con el fin de facilitar la manipulación de grupos de elementos del modelo.

En este caso, como la planificación, elementos han sido agrupados por nivel. Por ejemplo, todas las columnas del Nivel 0 se han clasificado en una sola actividad. Estos conjuntos son esencial para el proceso de vinculación que viene justo después de importar el horario. El Árbol de selección es también muy útil para la creación de conjuntos ya que organiza automáticamente todos los elementos contenidos en el modelo a fin de que sea más fácil para seleccionar cualquier elemento en particular. Además, en caso de que haya más de un modelo anexado, todos ellos son visibles en el árbol de selección. La jerarquía se mantiene de acuerdo a Revit: Categoría> Familia> Tipología. Por ejemplo: 'Columna> Rectangulares> 450x450 mm'. Toda la información del modelo original es, por tanto, bien conservada.

Una vez creados los conjuntos de selección, cada vez que se seleccionan los elementos incluidos se destacan en el modelo (Figura III-29) y está listo para ser vinculado a datos de programación. Además, cada elemento o conjunto de selección puede ser aislado del modelo que oculta el resto de los elementos

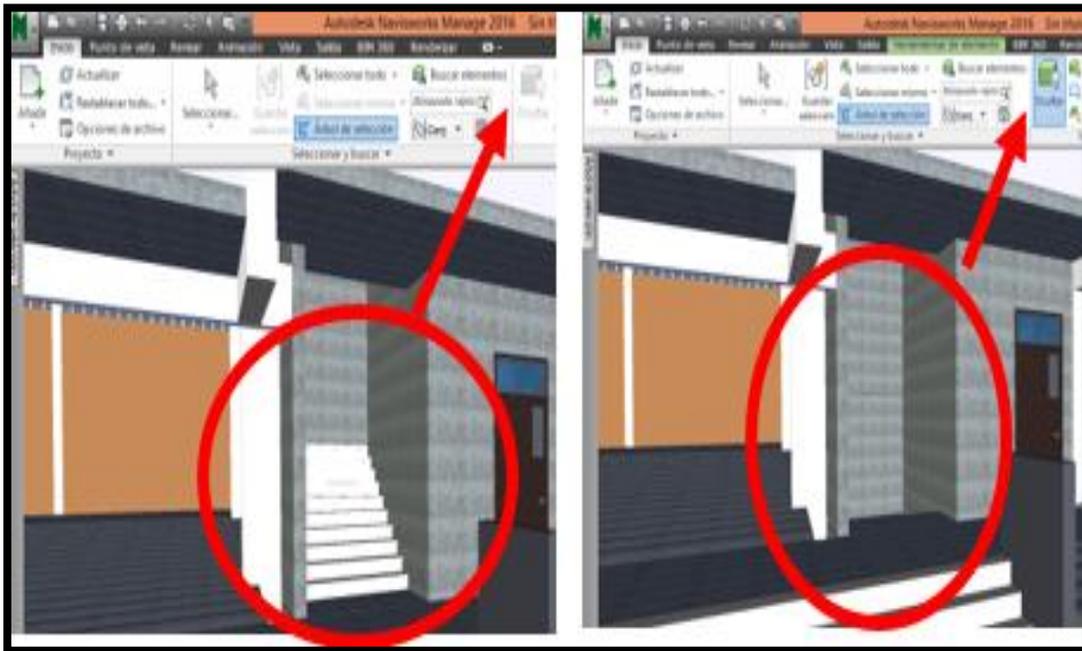
Esto ayuda considerablemente en el proceso de creación y control de los conjuntos de selección, así como la visualización de las partes internas del modelo.

Figura III-39: Selección de conjuntos: 'Columns L1' resaltan en azul (Navisworks Manage 2016)



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-40: Escaleras aislados del modelo usando el comando *Hide* Navisworks Manage



2016) Fuente: Elaboración Propia

Otra característica útil es la herramienta de *Find Items*, ya que permite una exploración adicional del modelo para la introducción de varios criterios de búsqueda, que es especialmente útil en modelos complejos.

Trayendo la Planificación de MS Project a Navisworks

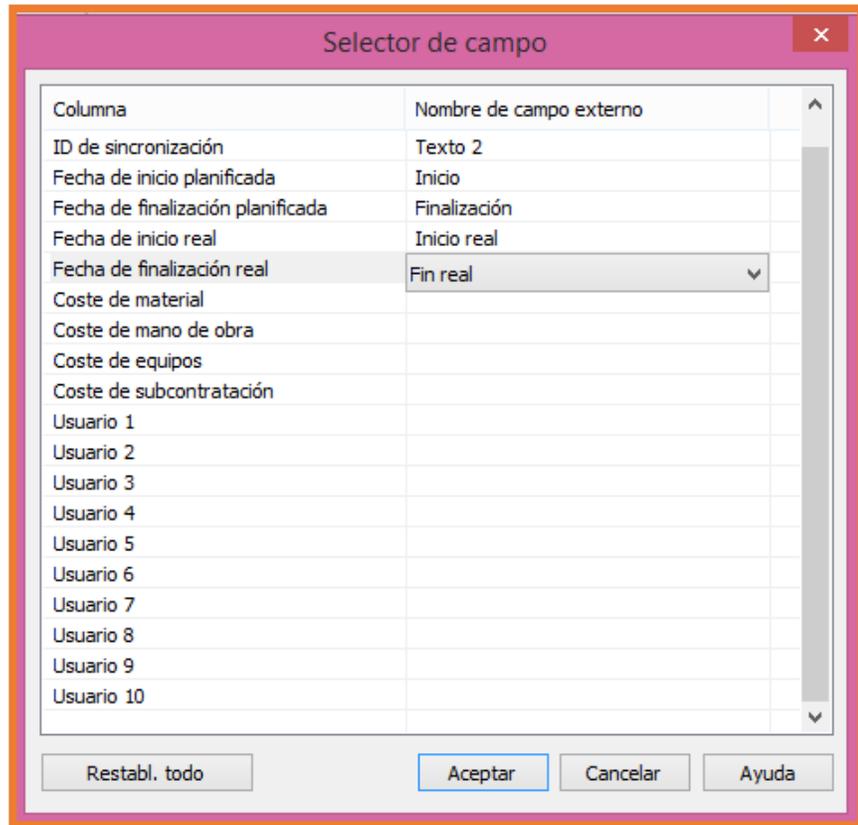
Navisworks tiene una alternativa incorporado para crear actividades de una manera similar a la de otra programación, pero esta opción se ha descartado por las razones antes mencionadas.

Por lo tanto, el método para llevar a Navisworks el horario de tiempo generado, es utilizando la planificación del software MS Project.

En la pestaña Orígenes de datos y en *TimeLiner* es posible añadir varios tipos de archivos y Microsoft Project 2016 es una de las opciones. Al momento de la adición de un archivo de MPP, hay es una necesidad de volver a asignar los campos o columnas de MS Project para asociar la información a el *TimeLiner* en Navisworks. Esto se hace por medio del selector de campo, que aparece en la parte superior del programa, para cada vez que se necesite cargar la planificación. En este caso, sólo los campos que se muestran en Figura III-31 son mapeados. Dependiendo del método utilizado en este proceso de asignación se requerirá más o menos veces. Ya que actúa como una fuente de datos, cada vez que se realiza un cambio en el horario se tiene que renovar con la opción 'Reconstruir Jerarquía de Tareas' o 'Sincronizar'.

El primero sobrescribe toda la programación existente de acuerdo con lo vinculado, mientras que la segunda opción sólo actualiza los cambios introducidos a los datos de diferentes tareas.

Figura III-41: Campos ubicados en el selector de campo (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

La fusión de la geometría y tareas: Proceso de Vinculación

Esta es una de las claves de modelado 4D, la capacidad del programa de enlazar elementos para actividades. Se puede hacer manualmente, pero en un modelo con una gran cantidad de elementos podría ser frustrante, así como tomaría mucho tiempo para adjuntar todos ellos uno por uno. Esta es la razón por la cual las o de vinculación automática adquieren gran importancia.

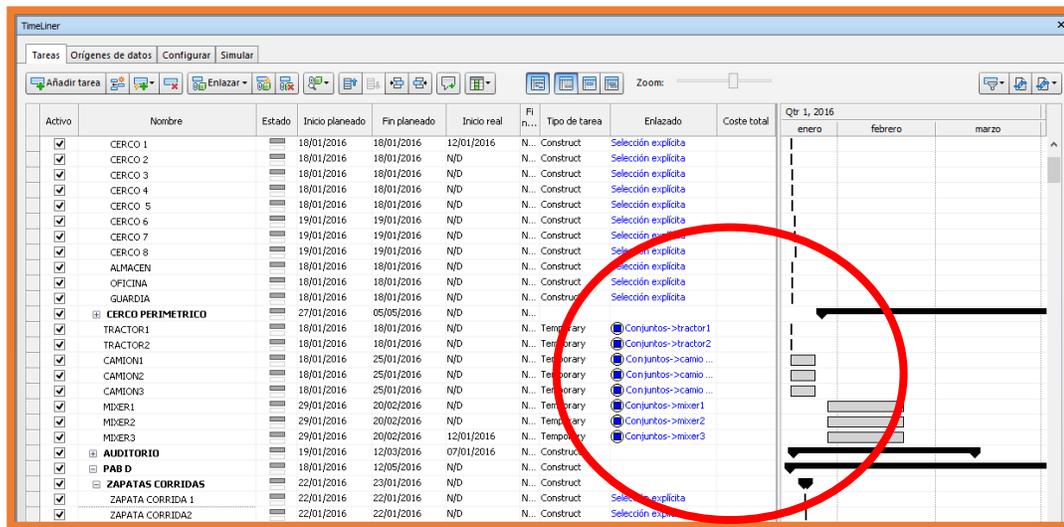
Una herramienta muy útil para la vinculación automática de los elementos para tareas en Navisworks es la opción '*Auto-Attach Using Rules*'. La elección '*mapping by selection sets with the same name*' es el más adecuado en aquellos

casos en los conjuntos que fueron creados con ese propósito, pero También es posible hacerlo por capas o elementos. El conjunto al que la tarea se ha relacionado se puede ver bajo la pestaña *Attached* (Figura III-32).

Otra opción poderosa es crear normas específicas para mapear elementos por categoría y propiedad. Esto es conveniente para hacer uso de cualquiera de las propiedades de los elementos tales como *Task ID*. De esta manera no es ni siquiera necesario crear conjuntos de selección y la vinculación del proceso es totalmente automática, gracias a la información procedente de la herramienta de diseño. En esto caso, la unión de cada actividad asignada queda indicada como *'Explicit Selection'* en vez de un conjunto de selección (Figura III-33).

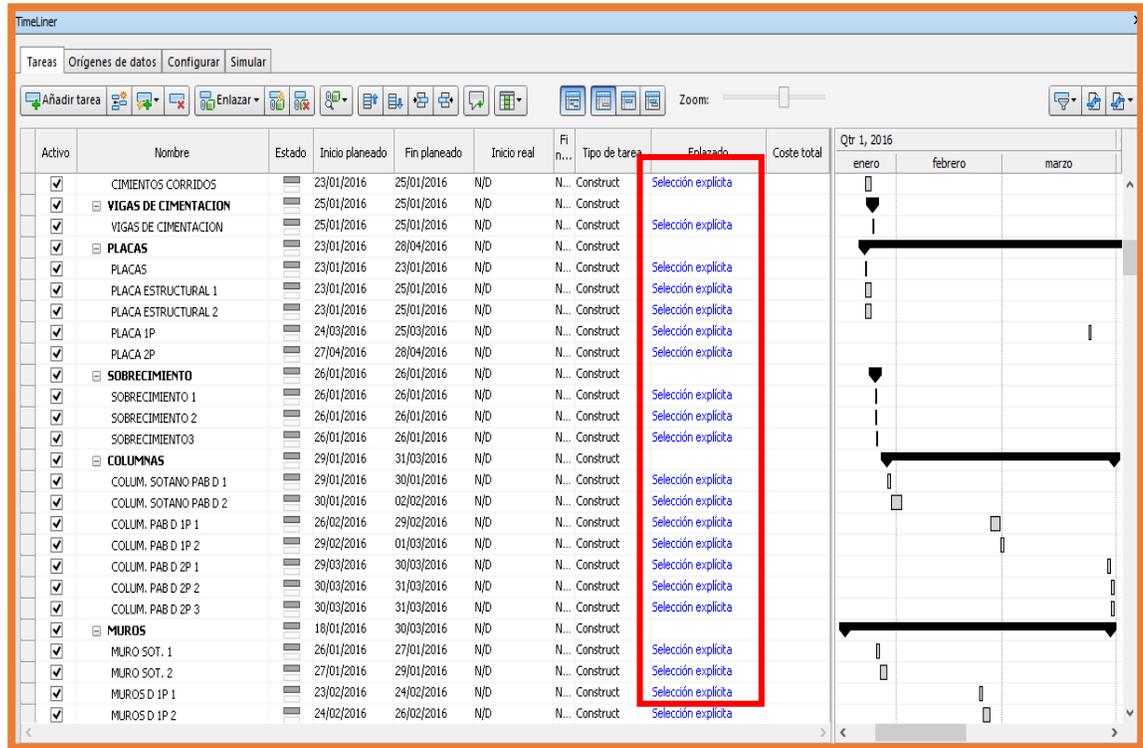
Independientemente del método de enlace utilizado, una vez que un objeto se ha relacionado con una tarea la información con respecto a esta tarea, se muestra con las propiedades de los elementos en el *TimeLiner*. Ello es una buena práctica para comprobar si todos los elementos han sido debidamente vinculados con el comando *find Items Attached* y luego esconde la selección.

Figura III-42: Auto-Fijación de elementos para las tareas con el uso de normas de conjuntos de selección (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-43: - Auto-Fijación de elementos de tareas utilizando Reglas del Grupo de Identificación (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

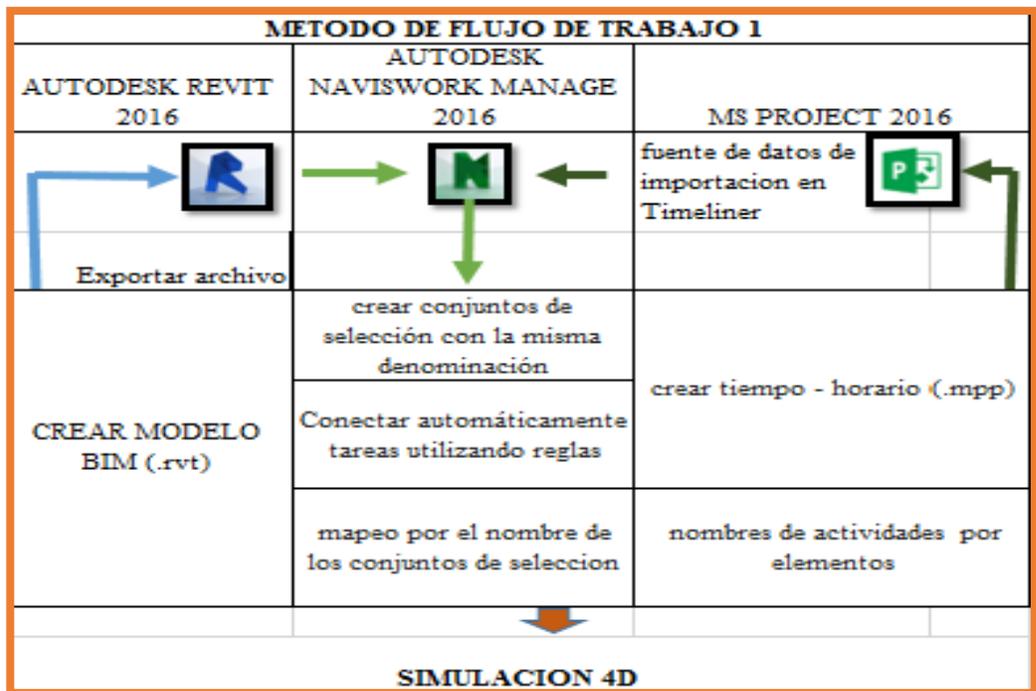
El secreto para una unión rápida y eficaz radica en hacer uso de la opción correcta en cada caso, ya que todos los casos no son iguales. Sin embargo, para las empresas hacer frente a muchos proyectos similares les sería muy útil tener todos estos procesos estandarizados y contar con un flujo de trabajo definido para todos ellos.

Posibles flujos de trabajo

Existen 3 métodos diferentes para llevar el calendario a Navisworks, dependiendo de la forma en que se ha creado:

- **MÉTODO N°1:** El primer método consiste en crear manualmente la planificación con el software MS Project y luego llevar separadamente a cabo todo el proceso de vinculación con la selección conjuntos. Esto implica volver a entrar en todos los nombres de los conjuntos de selección basado en las actividades y, por lo tanto, requiere mucho tiempo (Figura III-34).

Figura III-44: Flujo de trabajo para el Método 1: Creación manual de la planificación y vinculación automática.

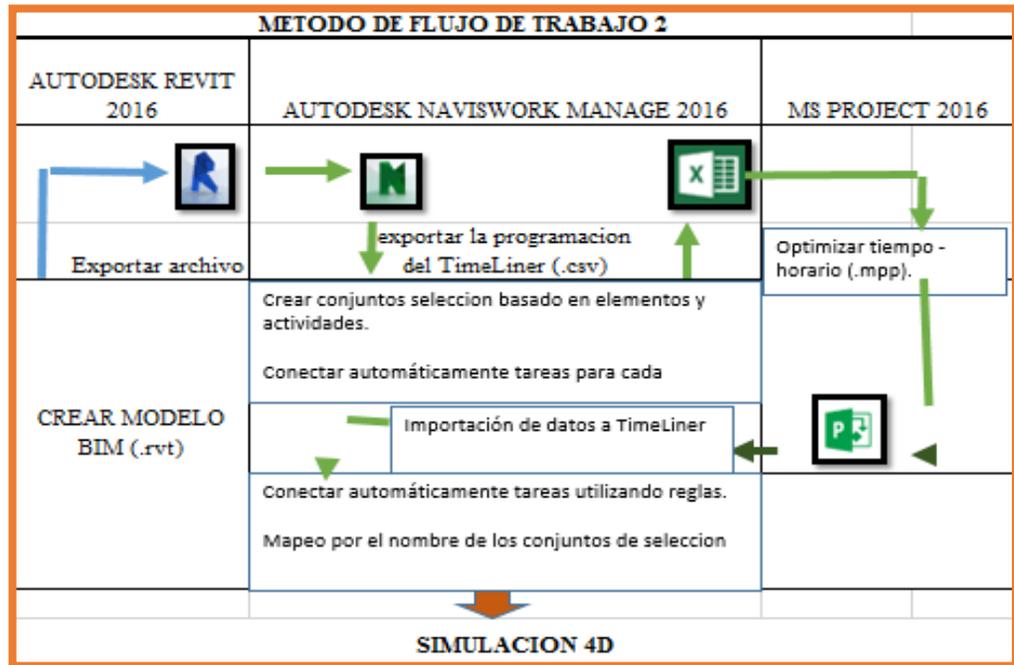


Fuente: Elaboración Propia

- **MÉTODO N°2:** En el segundo método se crean los conjuntos de selección por primera vez en Navisworks. Utilizando la opción 'Auto-Add Tasks' para cada selección de conjunto, las tareas a continuación, se generan automáticamente en Navisworks. Después de eso, un archivo CSV se exporta a MS Project para su posterior organización de tareas y gestión, así como para contar con opciones más avanzadas. Por último, se puede añadir el calendario optimizado de nuevo como una fuente externa en Navisworks (Figura III-35). Esta es probablemente el método más rápido entre los 3 que se presenta, pero también el menos adaptado a las cosas que se hacen hoy en día.

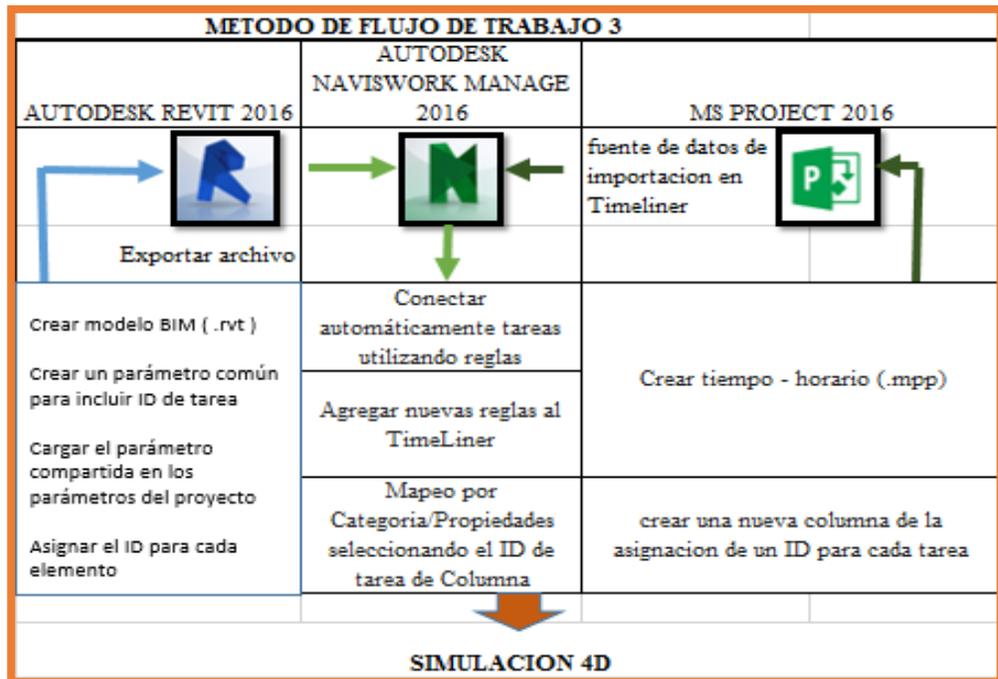
- **MÉTODO N°3:** El último método consiste en el uso de una identificación para cada actividad. Asociar un ID de tareas en la planificación (MS Project) y elementos en el modelo, simplifica considerablemente la asignación del proceso en el Navisworks. No obstante, en los 2 primeros métodos mostrados los nombres de las actividades, dependerían de los nombres de los conjuntos de selección, o viceversa, que no podría ser eficaz en muchos casos. El ID es otro campo o parámetro para ser añadido en Revit de antemano. Este método o flujo de trabajo puede resultar un poco más largo al principio, pero una vez en Navisworks es totalmente automático. Al mismo tiempo, es una forma muy útil y organizada para tener los elementos por actividad, así como una forma de extender el uso de estas herramientas, ya que va de la mano con la filosofía BIM (Figura III-36).

Figura III-45: Flujo de trabajo para el Método 2: Los conjuntos de selección están basados en la planificación y enlace automático



Fuente: Elaboración Propia

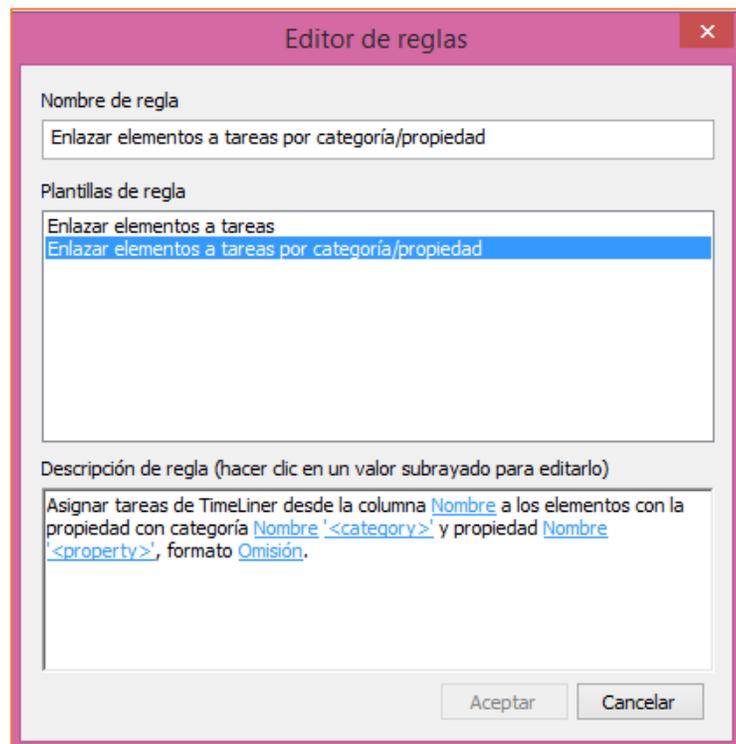
Figura III-46: Flujo de trabajo para Método 3: creación manual de la planificación con identificación de tarea y enlace automático.



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Figura III-31, si se utiliza el Método 3, la sincronización ID debe que ser asignada con la columna Texto 2, que hace referencia al *Task ID* de MS Proyecto. La regla que se introdujó y propiedades de *Task ID* en el *Selección Tree* pueden verse en Figura III-38.

Figura III-47: Propiedades del identificador de tareas y la adición de una nueva regla (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

Tan pronto como el modelo 4D está listo después de usar uno de los flujos de trabajo mencionados anteriormente, el modelo está listo para probar sus funcionalidades como herramienta de gestión de proyectos.

3.3. Análisis de Funcionalidades

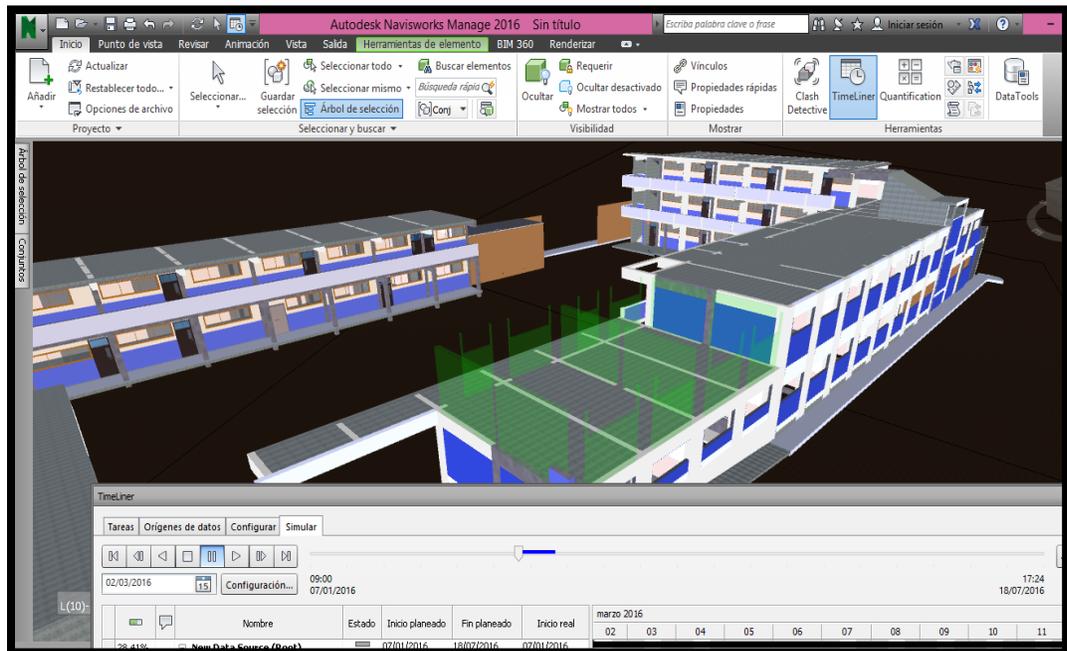
Todas las posibilidades de la tecnología 4D para funcionalidades de gestión de proyectos mencionados en el marco teórico serán analizadas uno por uno en esta sección. De esta manera se creará la imagen de lo que se puede y no se puede hacer utilizando el flujo de trabajo propuesto, y permitirá la elaboración de conclusiones sobre la utilidad de estas herramientas.

3.3.1. Visualización

Está claro que la visualización es una de las contribuciones más importantes de la tecnología 4D. Navisworks ofrece varias funciones para facilitar la visualización de la secuencia de la simulación, así como el modelo en términos generales.

Por un lado, con el fin de visualizar la planificación de la construcción es posible posicionar el *TimeLiner* en cualquiera período de la actividad. En consecuencia, el progreso del trabajo planificado se puede visualizar en cualquier periodo que figura en el calendario. Las actividades que se completaron en ese momento exacto en el tiempo se resaltan y se muestra en un color diferente (Figura III-38). La visualización de la planificación y simulación están muy estrechamente relacionados.

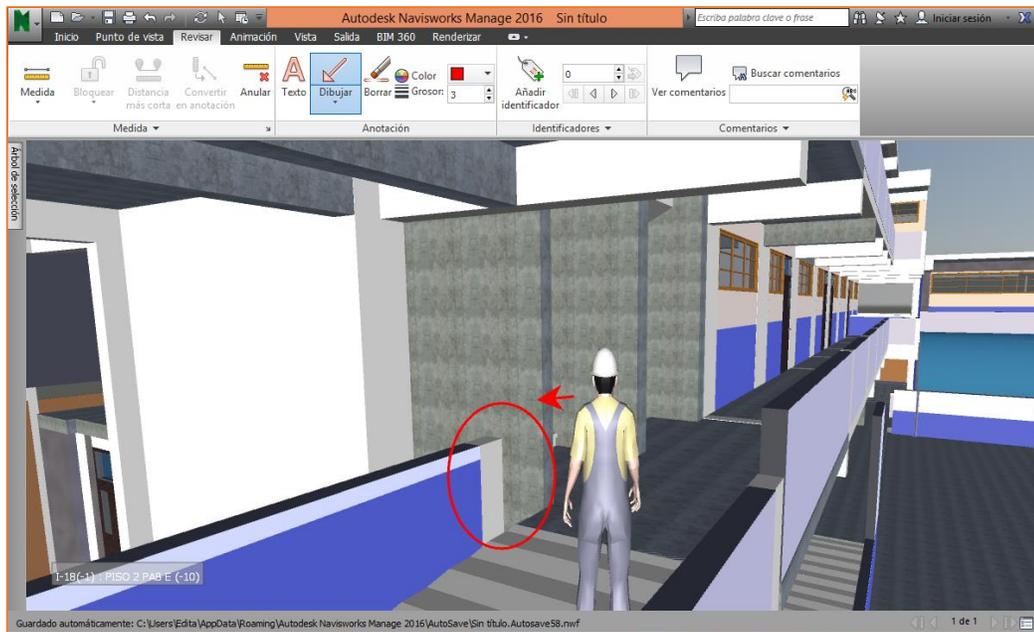
Figura III-48: Construcción de las columnas en el Nivel 2 del pabellón C2 (verde) (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, algunos de los factores virtuales que se refiere a VDC (*Virtual Design and Construction*) se pueden apreciar en Navisworks. El modelo puede ser revisado de diferentes puntos de vista y puede ser guardado para uso futuro. Navegación en tiempo real a través de la maqueta virtual del edificio es también posible con las opciones *Walkthrough* y *flythrough*. Además, estas funciones están disponibles en cualquier de la etapa de construcción, lo que significa que el modelo 4D se puede analizar desde cualquier posición y en cualquier día que figure en la planificación. Incluso es posible utilizar un avatar para más realismo al modelo, como se puede ver en la Figura III-39. Es importante ser consciente del hecho de que esto puede ayudar a detectar errores y reducir la incertidumbre.

Figura III-49: Modelo de navegación en tiempo real con un avatar y detección de errores de diseño (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

En el *TimeLiner*, en la pestaña Configurar es posible controlar la visualización, con ajustes de acuerdo a las necesidades específicas del usuario. Estos ajustes son útiles para el color intrigante y aplicar transparencias a los componentes. La vigilancia del tiempo es una función que puede ser muy beneficiosa, ya que la forma en que los elementos del modelo se muestran en la secuencia de simulación de la construcción puede ser fácilmente manipulable.

3.3.2. Simulación 4D del proceso de construcción

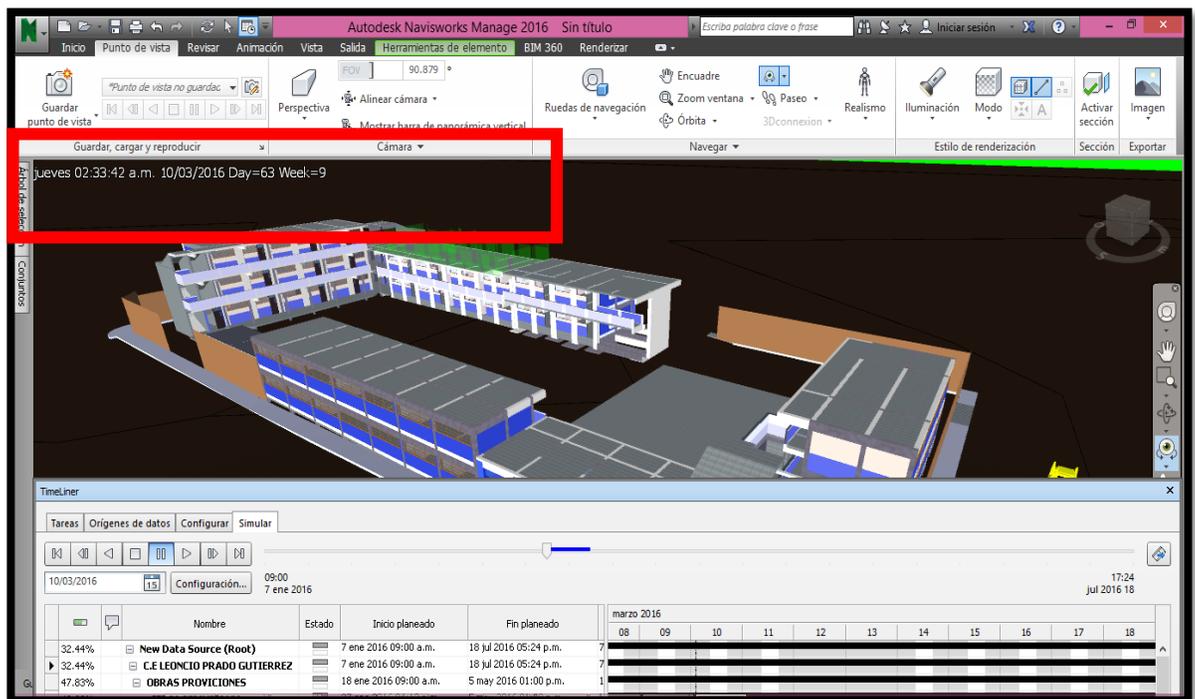
Navisworks permite simular el proceso de construcción del modelo BIM importado de Revit. La salida consistiría en un clip o varias capturas instantáneas del edificio para anticipar visualmente el estado del progreso de la construcción durante el período previsto. También ayuda a imaginar las posibles condiciones a los que será propenso a ser enfrentado durante la construcción para reducir la incertidumbre antes o incluso durante la etapa de

construcción. Además, sirve como una herramienta de comunicación para coordinar los trabajos de sitio.

La simulación se puede navegar libremente hacia atrás y hacia delante y que se puede pausar o simplemente ir ajustando en la fecha del calendario. El período de simulación puede ser limitado por fechas, si se desea, así como la duración total del mismo se establecen en segundos. Además, la simulación se puede ver desde diferentes ángulos y puntos de vista y es posible en la órbita y en el zoom dentro y fuera de la vista mientras se muestra la secuencia. Estas opciones facilitan la visualización de posibles partes críticas de la modelo en un momento determinado en el tiempo.

Las simulaciones son la base para el resto de las funciones de gestión de proyectos, ya que es la herramienta que se utilizará cada vez que algo necesita ser analizado, aclarado o discutido. La Figura III-40 presenta el estado previsto del edificio del día jueves 10/03/2016 (marcado en rojo).

Figura III-50: Navisworks “Timeliner” simulador que muestra una etapa intermedia de la construcción.



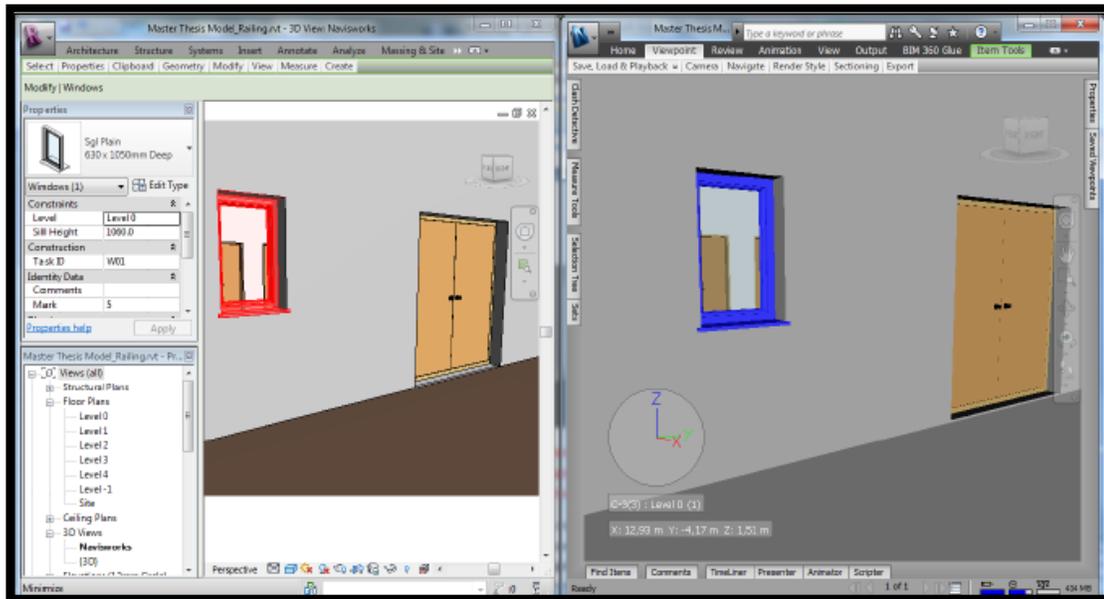
Vale la pena mencionar que una entrega en papel del presente trabajo no facilita la ideación de la simulación 4D. En consecuencia, fotos de la pantalla son la única manera para mostrar que en el informe escrito, a pesar de todo el potencial de esta herramienta no es tangible.

3.3.3. La introducción de cambios: Re-planificación

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, la flexibilidad es un factor importante a tener en cuenta al utilizar una herramienta 4D. De hecho, a veces es necesario adaptar el modelo 4D, porque hay una necesidad de cualquiera de reorientar las actividades del plan y volver a programar o la modificación de soluciones constructivas de diseño. En este capítulo algunas de las características de la introducción de cambios en el programa, así como en el modelo van a ser analizados por medio de un ejemplo sencillo.

Es común para detectar errores de diseño, mientras que un modelo 4D se está revisando y sería ideal para poder corregirlos de inmediato. Dado que el modelo original no puede ser modificado en Navisworks, es obligatorio volver a la plataforma de diseño si cualquier cambio tiene que ser hecho. Sin embargo, no es una herramienta para ayudar en todo este proceso: Switchback (Figura III-41). Esta opción se puede activar en Revit y funciona como una herramienta de comunicación entre ambas plataformas. Esos elementos seleccionados en Navisworks se reflejan en el modelo original medio de una vista que se abrió en Revit con el nombre 'Navisworks'. Esta función bastante mejora la conexión de Revit-Navisworks.

Figura III-51: Función "Switchback": Revit (izquierda) y Navisworks (derecha).

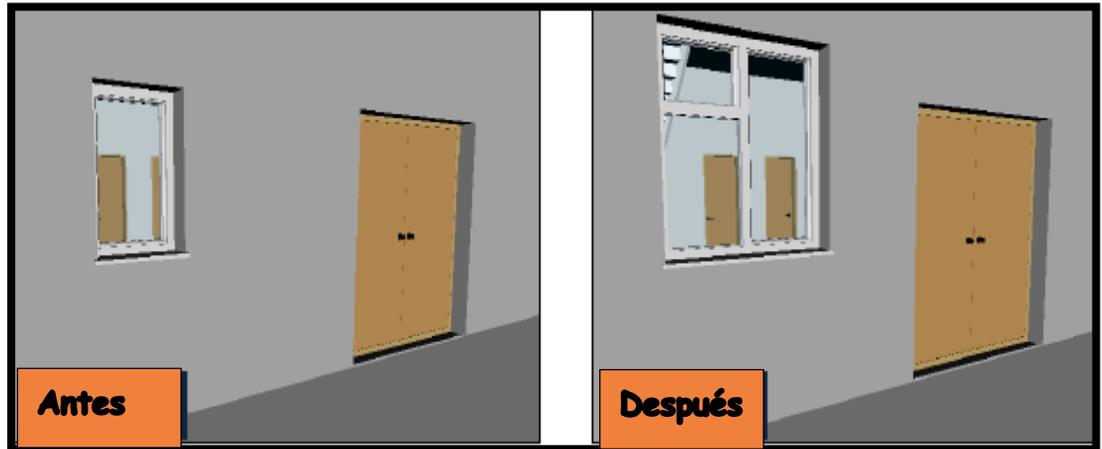


El cambio que se realiza se debe guardar en Revit y luego sincroniza en Navisworks. En este tipo de cambios no habría la necesidad de modificar el calendario y el ID de los elementos, estos se conservan. En consecuencia, la única cosa a hacer sería aplicar el comando *Clear Attachment* y a aplicar nuevamente la regla de vinculación. Para MÉTODO N°1 y MÉTODO N°2 este proceso es más complicado y engorroso, porque los conjuntos de selección tienen que volver a crearse continuamente.

Con respecto al tiempo previsto, no hay ninguna opción para cambiar el modelo y actualizar automáticamente el horario. Tiene que ser actualizado de forma independiente en MS Project.

Adaptaciones en el calendario y el modelo son continuamente necesarias y 4D BIM herramientas tienen para satisfacer estas necesidades. En este caso, ya que se emplean diferentes plataformas, es También es muy importante tener claro cómo saltar de uno a otro. La Figura III-43 explica el procedimiento típico para los cambios y re-planificación. Por último, la simulación 4D podría ser llevado a cabo de nuevo con la nueva disposición del modelo 4D.

Figura III-52: Cambiar refresco: modificación de la tipología de la ventana y la posición de la puerta (Navisworks Manage 2016).



Fuente: Elaboración Propia

Figura III-53: Pasos a seguir entre las diferentes plataformas para la re-planificación.



Fuente: Elaboración Propia

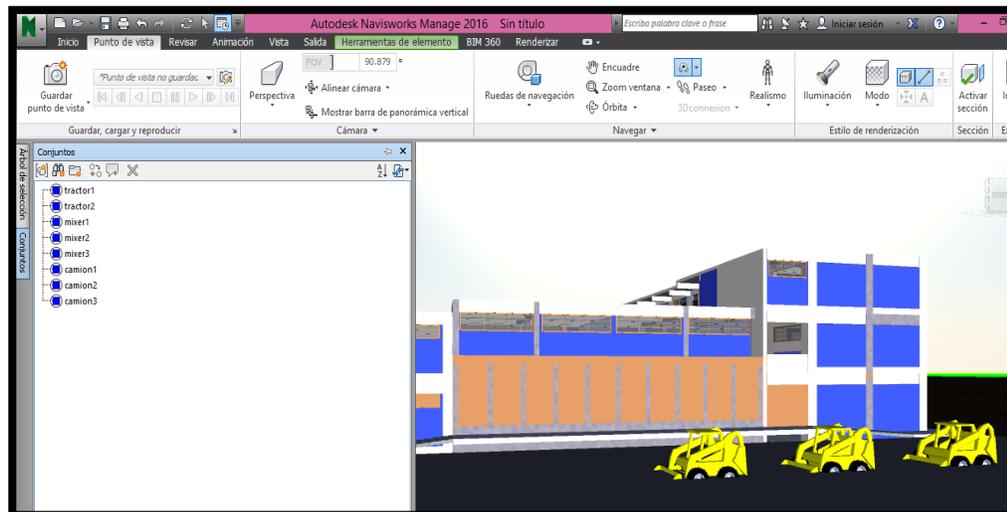
El proceso de introducción de un solo cambio puede parecer complicado y tiempo- consumir, pero puede ser fácilmente sistematizado siempre y cuando el proceso es claro. Sin embargo, como se puede apreciar en esta sección, se integra el motor de programación dentro de la herramienta BIM 4D, esto sería de gran ayuda. Por encima de todo, el valor del MÉTODO N°3 se refuerza contra los otros dos para replanificación.

3.3.4. La Utilización del Sitio

Equipos y elementos temporales se pueden añadir en Navisworks como RVT separado o incluso SKP (Sketchup) archivos (Figura III-44). El espacio ocupado por estos temporales elementos tiene que ser tenido en cuenta en la planificación logística de la obra cuando. Equipos como camiones y grúas pueden ser animados y el sitio de construcción y su dinamismo pueden ser mejor representado. Esto demuestra también la posibilidad de combinar diferentes modelos en Navisworks.

Estos tipos de elementos se pueden unir a las tareas como si fueran un modelo normal, pero clasificándolo como tipo de tarea “Temporal”, en lugar de 'Construir'. Cada elemento extra añadido en Navisworks implicaría otro modelo en el *Selection Tree*.

Figura III-54: Equipos para añadir en la utilización de sitio (Navisworks Manage 2016). Fuente:



IV. RESULTADOS

4.1. Detección de Incompatibilidades e Interferencias

4.1.1. Detección de Incompatibilidades e Interferencias Manualmente

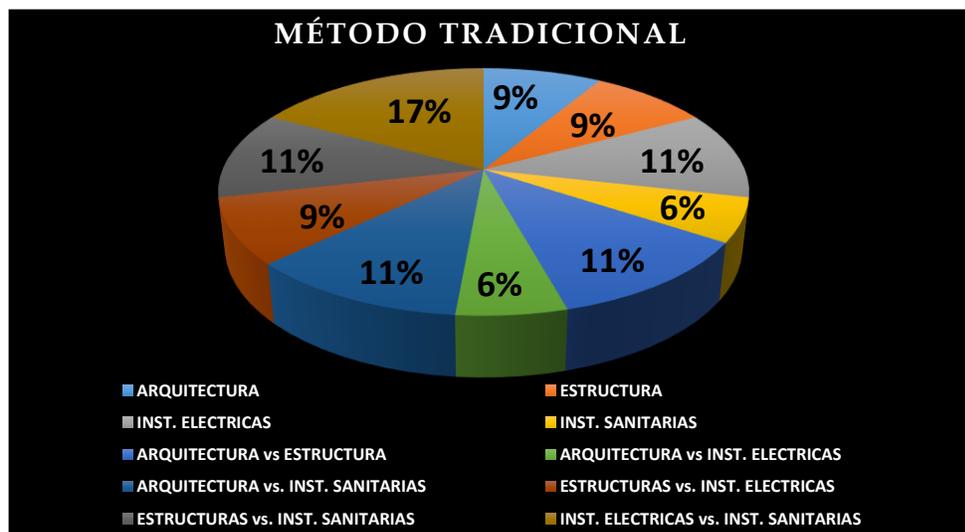
- Después de la revisión de los planos y de una entrevista realizada al jefe de proyectos sobre la cantidad de incompatibilidades e interferencias encontradas, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla IV-1: Incompatibilidades e Interferencias por el método tradicional

ÍTEMS	INCOMPATIBILIDADES (unid)	INCOMPATIBILIDADES (%)
ARQUITECTURA	3	9
ESTRUCTURA	3	9
INST. ELÉCTRICAS	4	11
INST. SANITARIAS	2	6
ARQUITECTURA vs ESTRUCTURA	4	11
ARQUITECTURA vs INST. ELÉCTRICAS	2	6
ARQUITECTURA vs. INST. SANITARIAS	4	11
ESTRUCTURAS vs. INST. ELÉCTRICAS	3	9
ESTRUCTURAS vs. INST. SANITARIAS	4	11
INST. ELÉCTRICAS vs. INST. SANITARIAS	6	17
TOTAL	35	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico IV-1: Incompatibilidades e Interferencias por el método tradicional



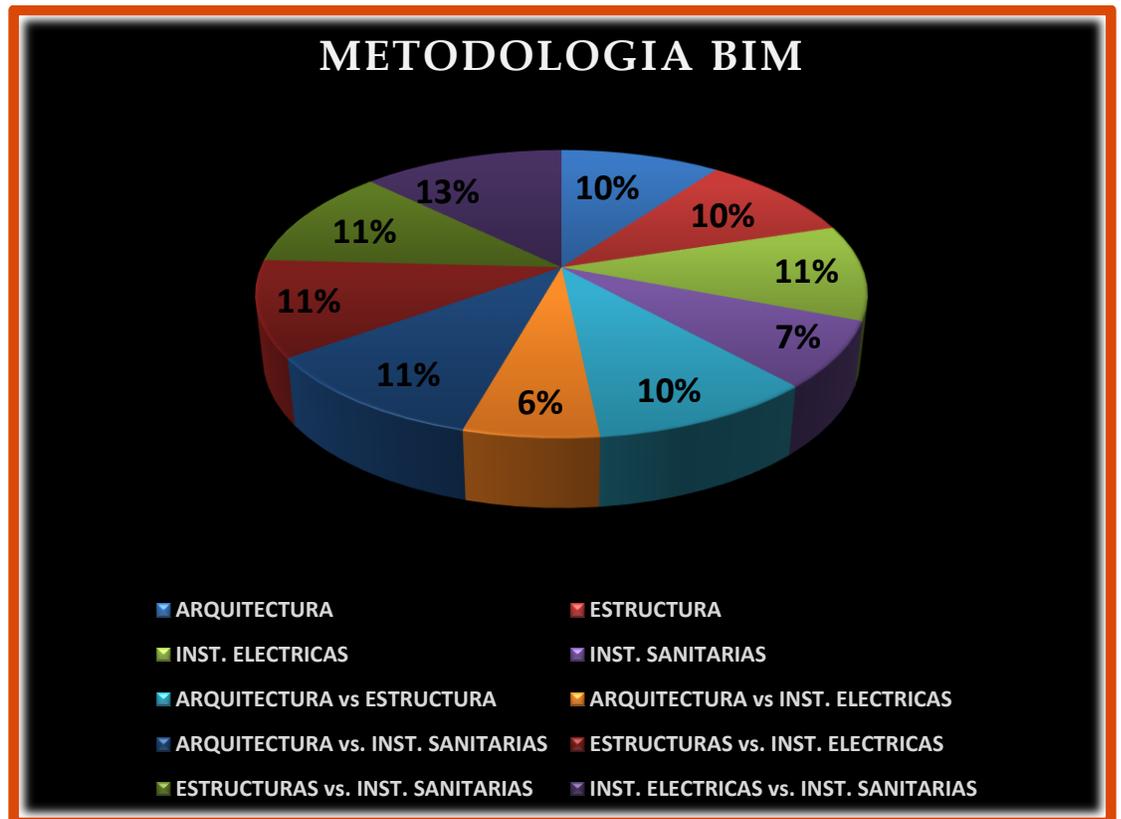
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-2: Interferencias e Incompatibilidades Navisworks

METODOLOGÍA BIM		
ÍTEMS	INCOMPATIBILIDADES (und)	INCOMPATIBILIDADES (%)
Arquitectura	15	10
Estructuras	15	10
Inst. Eléctricas	16	11
Inst. Sanitarias	11	7
Arquitectura Vs. estructura	15	10
Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas	9	6
Arquitectura Vs. Inst. Sanitarias	16	11
Estructuras Vs. Inst. Eléctricas	16	11
Estructuras Vs. Inst. Sanitarias	17	11
Inst. Eléctricas Vs. Inst. Sanitarias	19	13
TOTAL	149	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico IV-2: Interferencias e Incompatibilidades Autodesk Naviswork



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Metrados del Proyecto

4.2.1. Metrados del Proyecto (Navisworks)

Una aplicación directa de modelar la edificación en BIM-3D es la estimación de la cantidad de materiales, comúnmente conocida como metrados. Los programas de la generación BIM permiten una estimación de los metrados de forma automática. Sin embargo, si queremos que los programas computen los metrados y den resultados confiables que se ajusten a las condiciones reales del proyecto, los componentes de la edificación se deben modelar en 3D siguiendo la secuencia y lógica constructiva.

Para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos en Navisworks, se procederá a obtener los metrados manualmente de los planos 2D de Autocad y trabajados en Excel y se obtendrá el reporte de Metrados propio del programa BIM – Navisworks.

Tabla IV-3: Cuadro de Metrados de Muros y Tabiques de Albañilería - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA				
1.1		MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA, MEZCLA 1:4 E=1.5		1,375.23	m ²
1.2		MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA DOS CARAVISTA, MEZCLA 1:4 E=1.0CM		23.250	m ²
1.3		MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, CABEZA, MEZCLA 1:4 E=1.5CM		1,011.82	m ²
1.4		MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, CANTO, MEZCLA 1:4 E= 1.5 CM		42.980	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-4: Cuadro de Metrados de Revoques y Moldaduras - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
2	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS				
2.1		TARRAJEO EN MURO INTERIORES Y EXTERIORES CON MEZCLA 1:5		4,105.020	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-5: Cuadro de Metrados de Cielorrasos - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
3	CIELORRASOS				
3.1		CIELO RASO CON MEZCLA C:A 1:5		3,410.860	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-6: Cuadro de Metrados de Pisos y Pavimentos - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
4	PISOS Y PAVIMENTOS				
4.1		PISOS DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E=2" S/COLOREAR		3,540.47	m ²
4.2		PISO DE CEMENTO FROTACHADO Y BRUÑADO E=2" S/COLOREAR		1,263.52	m ²
4.5		CERÁMICA BLANCA 0.30x0.30M EN MESAS DE LABORATORIO		32.40	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-7: Cuadro de Metrados de Carpintería de Madera - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
7	CARPINTERÍA DE MADERA				
7.1		PUERTAS CONTRAPLACADAS S/PLANOS		12.75	m ²
7.2		DIVISIONES EN SS.HH. DE MELAMINE DE 15mm Y TUBO METÁLICO		157.02	m ²
7.3		PIZARRAS DE ACRÍLICA 4.80x1.20m		30.00	ea

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-8: Cuadro de Metrados de Carpintería Metálica y Cerrajería - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
8	CARPINTERIA METÁLICA				
8.1		PUERTA DE FIERRO CON PLANCHA METÁLICA		17.77	m ²
8.2		REJA METALICA EN INGRESO PRINCIPAL E INTERIORES		67.21	m ²
8.3		VENTANA METÁLICA CON PERFIL DE ALUMINIO		502.22	m ²
8.4		VENTANA METÁLICA CON TUBO DE ACERO		4.46	m ²
8.5		RAMPAS METÁLICAS		43.11	m ²
8.6		REJA EN CERCO PERIMÉTRICO		39.47	mll
8.7		COBERTURA METÁLICA EN AUDITORIO		1.00	glb

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-9: Cuadro de Metrados de Vidrios, Cristales y Similares - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
9	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES				
9.1		VENTANA CON VIDRIO TRANSPARENTE CRUDO SEMIDOBLE		6,114.49	p2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-10: Cuadro de Metrados de Pintura - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
11	PINTURA				
11.1		PINTURA LATEX 2 MANOS EN CIELO RASO		4,490.43	m ²
11.2		PINTURA LATEX 02 MANOS EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES		16,161.44	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-11: Cuadro de Metrados de Cubierta - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
12	CUBIERTA				
12.1		CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE OPACA - ARCOTECHO		612.97	m ²
12.2		CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE TRASLÚCIDA - ARCOTECHO		159.53	m ²
12.3		CERRAMIENTO DE TIMPANO FRONTAL Y POSTERIOR		138.99	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-12: Cuadro de Metrados de Varios - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	Resource	PrimaryQuantity	Units
13	VARIOS				
13.7		ASTA DE BANDERA SEGÚN DISEÑO		1.00	ea
13.8		ARCO Y TABLERO FULBITO-BASKET (MET.- MAD.)		2.00	ea
13.10		TOBOGÁN PARA EDUCACIÓN INICIAL		1.00	ea
13.11		COLUMPIO PARA EDUCACIÓN INICIAL		1.00	ea
13.14		JARDINERÍA (GRASS)		301.38	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-13: Cuadro de Metrados de Zapatas - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
6.1	ZAPATAS			
6.1.1	ZAPATAS - CONCRETO F'c=210KG/CM2		661.02	m ³
6.1.2	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		881.12	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-14: Cuadro de Metrados de Cimiento Corrido - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.2	CIMIENTO CORRIDO			
6.2.1	CIMIENTO CORRIDO - CONCRETO F'c=210KG/CM2		88.98	m ³
6.2.2	CIMIENTO CORRIDO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		152.76	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-15: Cuadro de Metrados de Vigas de Cimentación - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.3	VIGAS DE CIMENTACIÓN			
6.3.1	VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONCRETO f'C= 210 KG/CM2		62.29	m ³
6.3.2	VIGAS DE CIMENTACIÓN - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		415.98	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-16: Cuadro de Metrados de Sobrecimiento Reforzado - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.4	SOBRECIMIENTO REFORZADO			
6.4.1	SOBRECIMIENTO REFORZADO - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2		112.03	m ³
6.4.2	SOBRECIMIENTO REFORZADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		1,250.79	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-17: Cuadro de Metrados de Columnas - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.5	COLUMNAS			
6.5.1		COLUMNAS - CONCRETO 175 kg/cm ²	41.810	m ³
6.5.2		COLUMNAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	343.410	m ³
6.5.3		COLUMNAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	3.620	m ³
6.5.4		COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	3,835.430	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-18: Cuadro de Metrados de Placas - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.6	PLACAS			
6.6.1		PLACAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	60.190	m ³
6.6.2		PLACAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	55.370	m ³
6.6.3		PLACAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	915.98	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-19: Cuadro de Metrados de Muros de Contención - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.7	MUROS DE CONTENCIÓN			
6.7.1		MURO DE CONTENCIÓN - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	55.830	m ³
6.7.2		MURO DE CONTENCIÓN - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	116.180	m ³
6.7.3		MURO DE CONTENCIÓN - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1,193.24	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-20: Cuadro de Metrados de Vigas - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.8	VIGAS			
6.8.1		VIGAS - CONCRETO F'C= 175 KG/CM2	19.130	m ³
6.8.2		VIGAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	268.260	m ³
6.8.3		VIGAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	34.390	m ³
6.8.4		VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2,485.620	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-21: Cuadro de Metrados de Losa Aligerada - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.9	LOSA ALIGERADA			
6.9.1		LOSA ALIGERADA - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	286.110	m ³
6.9.2		LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	3,078.140	m ³

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-22: Cuadro de Metrados de Losa Maciza - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.10	LOSA MACIZA			
6.10.1		LOSA MACIZA.- CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	5.420	m ³
6.10.2		LOSA MACIZA.- CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	62.830	m ³
6.10.3		LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	345.610	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-23: Cuadro de Metrados de Escaleras - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.11	ESCALERAS			
6.11.1		ESCALERAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	280.460	m ³
6.11.2		ESCALERAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1,755.980	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-24: Cuadro de Metrados de Graderías - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.12	GRADERIAS			
6.12.1		GRADERÍAS - CONCRETO F'c=210kg/cm2	57.860	m ³
6.12.2		GRADERÍAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	66.760	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-25: Cuadro de Metrados de Rampas - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.13	RAMPAS			
6.13.1		RAMPAS - CONCRETO F'c= 210 KG/CM2	11.800	m ³
6.13.2		RAMPAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1.830	m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV-26: Cuadro de Metrados de Estrado - Navisworks 2016

WBS/RBS	Group1	Item	PrimaryQuantity	Units
6.14	ESTRADO			
6.14.1		ESTRADO - CONCRETO F'c= 210 KG/CM2	8.910	m ³
6.14.2		ESTRADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	60.15	m ²

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Metrados del Proyecto (Excel)

Tabla IV-27: Metrado Arquitectura Excel

Item	Descripción	Und.	Metrado
01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA		
01.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA, MEZCLA 1:4 E=1.5CM	m2	1,376.09
01.02	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA DOS CARAVISTA, MEZCLA 1:4 E=1.0CM	m2	23.34
01.03	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, CABEZA, MEZCLA 1:4 E=1.5CM	m2	1,021.83
01.04	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV, CANTO, MEZCLA 1:4 E= 1.5 CM	m2	42.84
02	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS		
02.01	TARRAJEO EN MURO INTERIORES Y EXTERIORES CON MEZCLA 1:5	m2	4,115.21
02.05	TARRAJEO EN MUROS DE CONTENCIÓN CON MEZCLA 1:5	m2	501.57
02.06	TARRAJEO DE VIGAS CON MEZCLA 1:5	m2	2,195.26
02.07	TARRAJEO DE VIGUETAS CON MEZCLA 1:5	m2	172.31
02.08	TARRAJEO EN ESCALERAS CON MEZCLA 1:5	m2	1,607.74
02.09	TARRAJEO C/IMPERMEABILIZANTE EN CISTERNA Y TANQUE ELEVADO CON MEZCLA 1:5	m2	187.49
02.10	FORJADO DE PASOS Y CONTRAPASOS DE CEMENTO PULIDO	m2	425.67
02.11	VESTIDURA DE DERRAMES CON MEZCLA 1:5	m	722.14
02.12	BRUÑAS 1/2" SEGUN DETALLE	m	3,214.68
03	CIELORRASOS		
03.01	CIELO RASO CON MEZCLA C:A 1:5	m2	3,410.86
04	PISOS Y PAVIMENTOS		
04.01	PISOS DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E=2" S/COLOREAR	m2	3,540.47
04.02	PISO DE CEMENTO FROTACHADO Y BRUÑADO E=2" S/COLOREAR	m2	1,263.52
04.03	PISO DE CERAMICO ANTIDESLIZANTE ALTO TRÁNSITO 30x30 COLOR GRIS O SIMILAR	m2	276.97
04.04	PISO CERÁMICO ANTIDESLIZANTE ALTO TRÁNSITO 45x45 COLOR	m2	165.27
04.05	CERAMICA BLANCA 0.30x0.30M EN MESAS DE LABORATORIO	m2	32.40
05	CARPINTERÍA DE MADERA		
05.01	PUERTAS CONTRAPLACADAS S/PLANOS	m2	12.77
05.02	PUERTAS APANELADAS DE MADERA CON FRESQUILLO S/PLANOS	m2	274.91
05.03	DIVISIONES EN SS.HH. DE MELAMINE DE 15mm Y TUBO METÁLICO	m2	156.99
05.04	TABLERO DE MADERA PARA DEPOSITO DE LIBROS S/PLANOS	und	1.00

05.05	PIZARRAS DE ACRÍLICA 4.80x1.20m	und	30.00
06	CARPINTERÍA METÁLICA Y CERRAJERÍA		
06.01	PUERTA DE FIERRO CON PLANCHA METÁLICA	m2	17.87
06.02	REJA METÁLICA EN INGRESO PRINCIPAL E INTERIORES, SEGUN DISEÑO	m2	67.51
06.03	VENTANA METÁLICA CON PERFIL DE ALUMINIO DE 4"x1 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	m2	502.30
06.04	VENTANA METÁLICA CON TUBO ACERO DE 2"x2" y DE 1x1", INCLUYE PINTURA ANTICORROSIVA	m2	4.04
06.05	VENTANA METALICA TIPO ENROLLABLE EN KIOSKO	m2	4.51
06.06	RAMPAS METÁLICAS EN PABELLONES	m2	44.56
06.07	REJA EN CERCO PERIMÉTRICO H=1.10M CON TUBOS 3" Y PLATINAS SEGUN DISEÑO	mll	21.50
06.08	REJA EN CERCO PERIMÉTRICO H=3.30M CON TUBOS 3" Y PLATINAS SEGUN DISEÑO	mll	17.87
07	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES		
07.01	VENTANA CON VIDRIO TRANSPARENTE CRUDO SEMIDOBLE	p2	6,114.59
08	PINTURA		
08.01	PINTURA LATEX 2 MANOS EN CIELO RASO	m2	4,490.53
08.02	PINTURA LATEX 02 MANOS EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES	m2	16,161.04
09	COBERTURA		
09.01	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE OPACA - ARCOTECHO	m2	611.06
09.02	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE TRASLÚCIDA - ARCOTECHO	m2	159.41
09.03	CERRAMIENTO DE TIMPANO FRONTAL Y POSTERIOR	m2	138.94
10	VARIOS		
10.01	ASTA DE BANDERA SEGÚN DISEÑO	und	1.00
10.02	TUBOS C.VOLEY,INC.RED Y DADOS CONCRETO	jgo	1.00
10.03	TOBOGÁN PARA EDUCACIÓN INICIAL	und	1.00
10.04	SUBE Y BAJA PARA EDUCACIÓN INICIAL	und	1.00
10.05	JARDINERÍA (GRASS)	m2	301.47

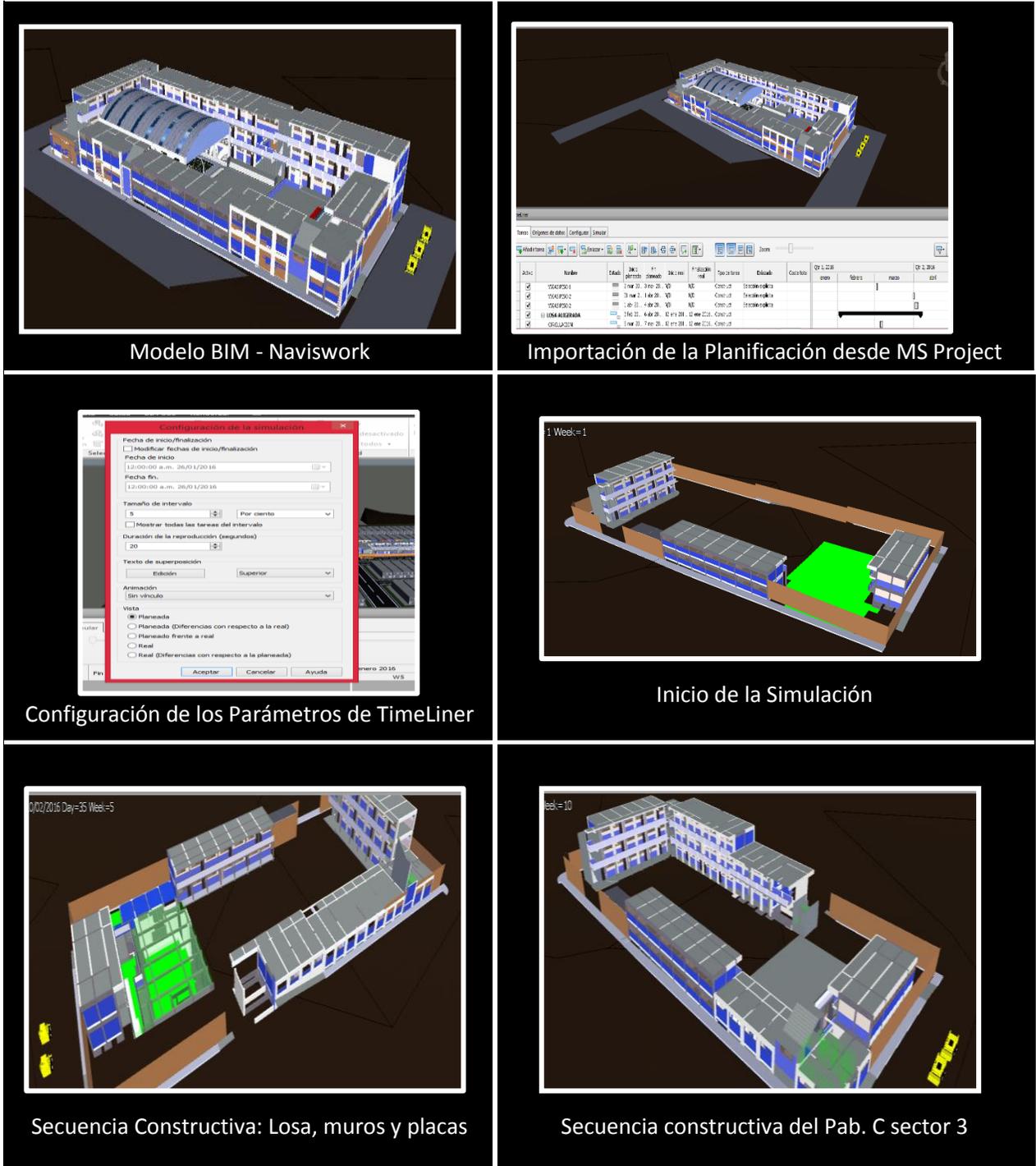
Tabla IV-28: Metrado Estructuras Excel

Ítem	Descripción	Und.	Metrado
06	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
06.01	ZAPATAS		
06.01.01	ZAPATAS - CONCRETO F'c=210KG/CM2	m3	661.00
06.01.02	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m3	881.26
06.02	CIMIENTO CORRIDO ARMADO		
06.02.01	CIMIENTO CORRIDO - CONCRETO F'c=210KG/CM2	m3	89.03
06.02.02	CIMIENTO CORRIDO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	152.84
06.03	VIGAS DE CIMENTACIÓN		
06.03.01	VIGAS DE CIMENTACION - CONCRETO f'C= 210 KG/CM2	m3	62.31
06.03.02	VIGAS DE CIMENTACION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	416.17
06.04	SOBRECIMENTOS REFORZADOS		
06.04.01	SOBRECIMIENTO REFORZADO - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	112.05
06.04.02	SOBRECIMIENTO REFORZADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1,250.69
06.05	COLUMNAS		
06.05.01	COLUMNAS - CONCRETO 175 kg/cm ²	m3	41.79
06.05.02	COLUMNAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	343.66
06.05.03	COLUMNAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	m3	3.78
06.05.04	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,836.14
06.06	PLACAS		
06.06.01	PLACAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	60.91
06.06.02	PLACAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	m3	55.31
06.06.03	PLACAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	916.06
06.07	MUROS DE CONTENCIÓN		
06.07.01	MURO DE CONTENCIÓN - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	56.33
06.07.02	MURO DE CONTENCIÓN - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	m3	117.80
06.07.03	MURO DE CONTENCIÓN - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1,193.38
06.08	VIGAS		
06.08.01	VIGAS - CONCRETO F'C= 175 KG/CM2	m3	18.53
06.08.02	VIGAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	269.26
06.08.03	VIGAS - CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	m3	34.93
06.08.04	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	2,485.12
06.09	LOSA ALIGERADA		
06.09.01	LOSA ALIGERADA - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	286.26

06.09.02	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,079.64
06.10	LOSA MACIZA DE E= 20 CM		
06.10.01	LOSA MACIZA.- CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	5.11
06.10.02	LOSA MACIZA.- CONCRETO F'C= 280 KG/CM2	m3	63.18
06.10.03	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	345.36
06.11	ESCALERAS		
06.11.01	ESCALERAS - CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	m3	280.26
06.11.02	ESCALERAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1,756.54
06.12	GRADERIAS EN AUDITORIO		
06.12.01	GRADERÍAS - CONCRETO F'c=210kg/cm2	m3	57.87
06.12.02	GRADERÍAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	66.79
06.13	RAMPAS DE CONCRETO		
06.13.01	RAMPAS - CONCRETO F'c= 210 KG/CM2	m3	11.81
06.13.02	RAMPAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1.83
06.14	ESTRADO		
06.14.01	ESTRADO - CONCRETO F'c= 210 KG/CM2	m3	8.90
06.14.02	ESTRADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	60.18

4.3. Programación (TimeLiner)

Figura IV-1: Simulación - TimeLiner



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Beneficios Sobre los Costos de Implementación

4.4.1. Método Tradicional

Tabla IV-29: Costos de Implementación Metodología BIM

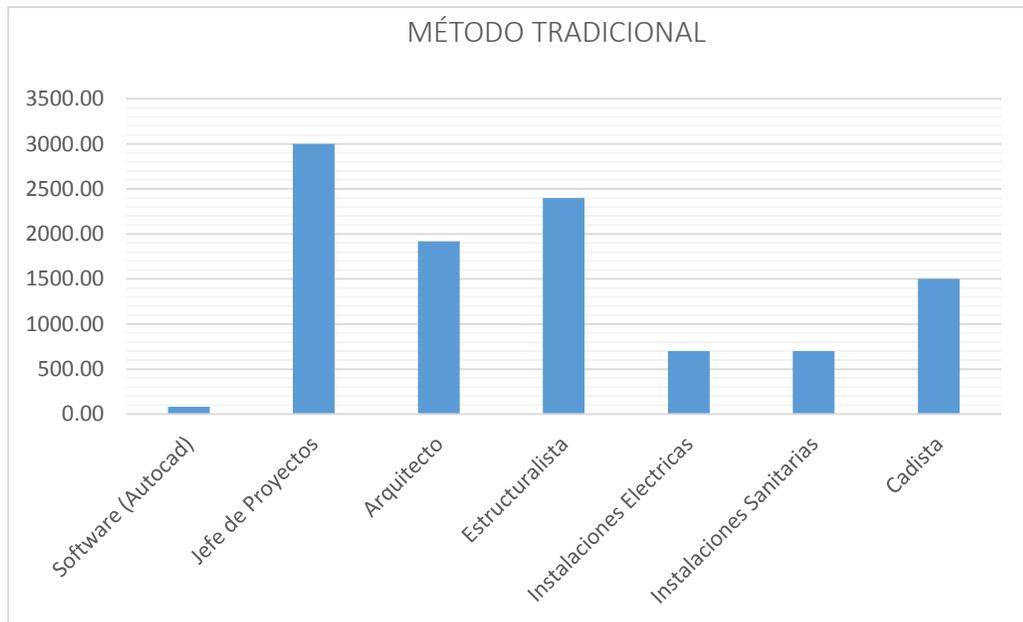
ESPECIALISTAS	UNID	COSTO X HORA	COSTO TOTAL
Software (AutoCAD)	-	-	80.93
Jefe de Proyectos	120 h	25	3000
Arquitecto	120 h	16	1920
Estructuralista	120 h	20	2400
Instalaciones Eléctricas	50 h	14	700
Instalaciones Sanitarias	50 h	14	700
Cadista	50 días	30 días	1500
N° de proyectos (año)	15		
Factor de Participación	0.066666667		
TOTAL	10,220		
INCOMPATIBILIDADES	35		
COSTO POR INCOMPATIBILIDAD	292		

Fuente: Elaboración Propia

Costo del software por proyecto = costo total del software (año) * *Factor de Participación*

$$\text{Factor de Participación} = \frac{1}{\text{N° de proyectos realizados (año)}}$$

Gráfico IV-3: Costos de Implementación Método tradicional



Fuente: Elaboración Propia

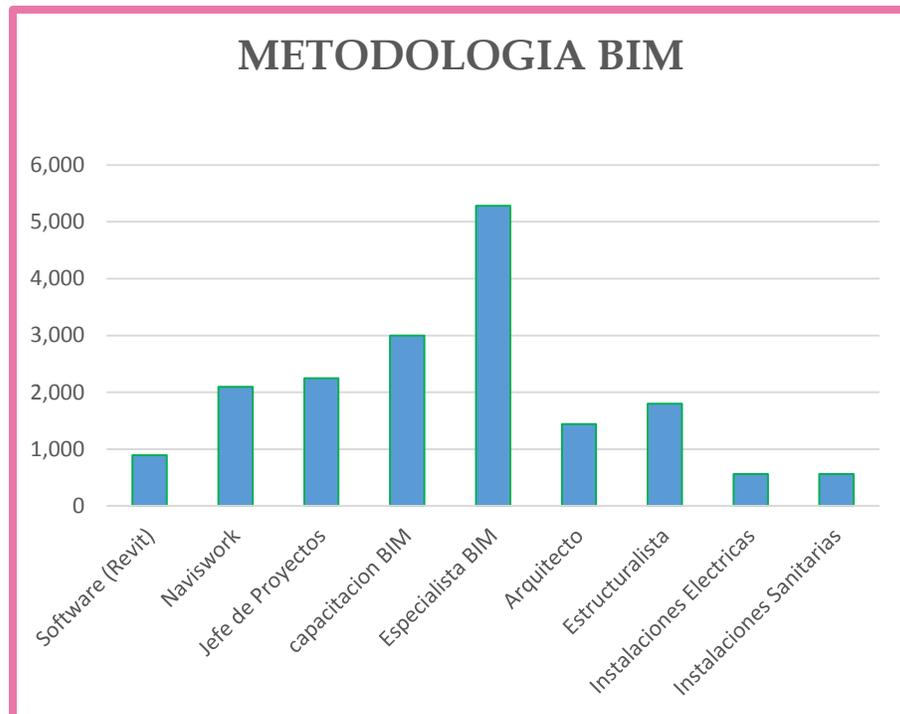
4.4.2. Metodología BIM

Tabla IV-30: Costos de Implementación - Metodología BIM

ESPECIALISTAS	UND.	COSTO X HORA	COSTO TOTAL
SOFTWARE (REVIT)	S./	-	892
NAVISWORK	S./	-	2,098
JEFE DE PROYECTOS	90 h	25	2250
CAPACITACIÓN BIM	2 pers.	-	3000
ESPECIALISTA BIM	2 pers.	2640	5280
ARQUITECTO	90 h	16	1440
ESTRUCTURALISTA	90 h	20	1800
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	40 h	14	560
INSTALACIONES SANITARIAS	40 h	14	560
N° DE PROYECTOS (AÑO)	15		
COEFICIENTE	0.07		
TOTAL	17,880		
INCOMPATIBILIDADES	149		
COSTO POR INCOMPATIBILIDAD	S/. 120.00		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico IV-4: Costos de Implementación Metodología BIM



Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

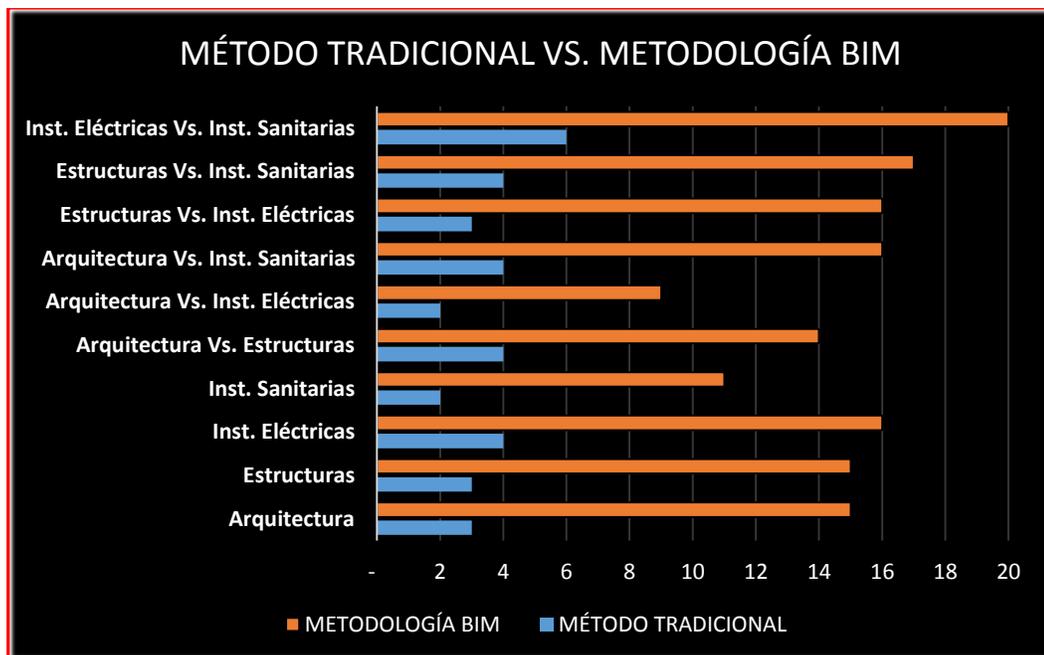
5.1. Detección e Interferencias

Tabla V-1: Clasificación de Incompatibilidades Bim y Tradicional

ÍTEMS	MÉTODO TRADICIONAL	METODOLOGÍA BIM
Arquitectura	3	15
Estructuras	3	15
Inst. Eléctricas	4	16
Inst. Sanitarias	2	11
Arquitectura Vs. Estructuras	4	14
Arquitectura Vs. Inst. Eléctricas	2	9
Arquitectura Vs. Inst. Sanitarias	4	16
Estructuras Vs. Inst. Eléctricas	3	16
Estructuras Vs. Inst. Sanitarias	4	17
Inst. Eléctricas Vs. Inst. Sanitarias	6	20
TOTAL	35	149

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico V-1: Clasificación de Incompatibilidades Método Tradicional y Metodología BIM



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico V-1 de la Clasificación de Incompatibilidades, se observa que con la Metodología BIM se puede identificar mayor cantidad de conflictos, para lo

cual se encontraron 149 incompatibilidades , mientras que con el Método Tradicional solo se obtuvieron 35 incompatibilidades. De acuerdo a estos datos hemos obtenido que la metodología BIM es 4.26 veces mas eficiente que la metodología tradicional.

5.2. Metrados del Proyecto con Navisworks Vs. Excel

Tabla V-2: Cuadro Comparativo Metrados de Muros y Tabiquería Navisworks Vs. Excel

MUROS Y TABIQUERIA				
FUENTE	MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA, MEZCLA 1:4 e=1.5	MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA 2 CARA VISTAS, MEZCLA 1:4 e=1	MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV, CABEZA MEZCLA 1:4 e=1.5	MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV, CANTO, MEZCLA 1:4 e=1.5
EXCEL	1,376.09	23.34	1,021.83	42.84
NAVISWORKS	1375.23	23.25	1,011.82	42.98
DIFERENCIAL	0.06%	0.39%	0.98%	0.33%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-1 podemos observar la diferencial es irrelevante debido a que son menores al 0.1%, de acuerdo a esto se puede decir que el metrado realizado con la metodología BIM los resultados son confiables y seguros.

Tabla V-3: Cuadro Comparativo Metrados de Revoques Enlucidos y Moldaduras Navisworks Vs. Excel

REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDADURAS	
FUENTE	TARRAJEO EN MURO INTERIOR Y EXTERIOR CON MEZCLA 1:5
EXCEL	4,115.21
NAVISWORKS	4105.02
DIFERENCIAL	0.25%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-2 podemos observar la diferencial es irrevelante debido a que son menores al 1%, de acuerdo a esto se puede decir que el metrado realizado con la metodología BIM los resultados son confiables y seguros.

Tabla V-4: Cuadro Comparativo Metrados de Cielorraso Navisworks Vs. Excel

CIELORRASO	
FUENTE	CIELO RASO CON MEXCLA 1:5
EXCEL	3,410.86
NAVISWORKS	3,410.86
DIFERENCIAL	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-3 se puede observar que la diferencia es de 0%, esto quiere decir que el metrado BIM los resultados son válido y confiable.

Tabla V-5: Cuadro Comparativo Metrados de Pisos y Pavimentos Navisworks Vs. Excel

PISOS Y PAVIMENTOS			
FUENTE	PISO DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO	PIRO DE CEMENTO FORTACHADO	CERAMICA BLANCA 0.30*0.30
EXCEL	3,540.47	1,263.52	32.40
NAVISWORKS	3,540.47	1,263.52	32.40
DIFERENCIAL	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-4 se puede observar que la diferencia es de 0%, esto quiere decir que el metrado BIM los resultados son válido y confiable.

Tabla V-6: Cuadro Comparativo Metrado de Carpintería de Madera Navisworks Vs. Excel

CARPINTERIA DE MADERA			
FUENTE	PUERTAS CONTRAPLACADAS	DIVISIONES DE SS.HH	PIZARRA ACRILICA
EXCEL	12.77	156.99	30.00
NAVISWORKS	12.77	157.02	30.00
DIFERENCIAL	0.00%	0.02%	0.00%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-5 se puede observar que la diferencia menor de 0.1 % respectivamente, esto quiere decir que el metrado BIM es válido y confiable.

Tabla V-7 Cuadro Comparativo Metrados de Carpinteria Metalica Navisworks Vs. Excel

CARPINTERIA DE METALICA						
FUENTE	PUERTA DE FIERRO CON PLANCHA METALICA	REJA DE INGRESO PRINCIPAL	RAMPAS METALICAS	VENTANAS METALICAS	REJA CERCO PERIMETRICO	COBERTURA METALICA EN AUDITORIO
EXCEL	17.87	67.51	44.56	506.34	39.37	1.00
NAVISWORKS	17.85	67.47	44.51	506.68	39.38	1.00
DIFERENCIAL	0.11%	0.06%	0.11%	0.07%	0.03%	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-6 se puede observar que la diferencia mayor es de 0.11% y menores del 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks no han considerado igual cantidad de metrado pero aún sigue siendo aceptable.

Tabla V-8: Cuadro Comparativo Metrados Vidrios y Cristales Navisworks Vs. Excel

VIDRIOS Y CRISTALES	
FUENTE	VIDRIOS DE VENTANAS
EXCEL	6,114.59
NAVISWORKS	6,114.49
DIFERENCIAL	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-7 se puede observar que la diferencia es de 0%, esto quiere decir que el metrado BIM es completamente válido y confiable.

Tabla V-9: Cuadro Comparativo Metrados de Pintura Navisworks Vs. Excel

PINTURA		
FUENTE	PINTURA LATEX PARA CIELO RASO	PINTURA LATES EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES
EXCEL	4,490.53	16,161.04
NAVISWORKS	4,490.43	16,161.44
DIFERENCIAL	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-8 se puede observar que la diferencia es de 0%, esto quiere decir que el metrado BIM es completamente válido y confiable

Tabla V-10: Cuadro Comparativo Metrados de Cobertura Navisworks Vs. Excel

COBERTURA			
FUENTE	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE OPACA	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE TRANSLUCIDA	CERRAMIENTO DE TIMPANO FRONTAL Y POSTERIOR
EXCEL	611.06	159.41	138.94
NAVISWORKS	612.12	159.53	138.99
DIFERENCIAL	0.17%	0.08%	0.04%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-9 se puede observar que la diferencia menor y mayor diferencia es de 0.04% y 0.17% respectivamente, esto quiere decir que el metrado BIM es válido y confiable.

Tabla V-11: Cuadro Comparativo Metrados de Varios Navisworks Vs. Excel

VARIOS				
FUENTE	ASTA DE BANDERA	TOBOGAN PARA EDUCACION	COLUMPIO PARA INICIAL	JARDINERIA
EXCEL	1.00	1	1	301.47
NAVISWORKS	1.00	1.00	1.00	301.38
DIFERENCIAL	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente:Elaboración Propia

En la Tabla V-10 se puede observar que la diferencia es de 0%, esto quiere decir que el metrado BIM es completamente válido y confiable

Tabla V-12: Cuadro Comparativo Metrados de Zapatas Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE ZAPATAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	661.00	881.26
NAVISWORKS	661.02	881.12
DIFERENCIAL	0.00%	0.02%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-11 se puede observar que la mayor diferencia es de 0.02%. Se puede decir que es irrelevante, esto quiere decir que el metrado BIM es totalmente válido y confiable.

Tabla V-13: Cuadro Comparativo Metrados de Cimientos Corridos Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE CIMIENTO CORRIDO		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	89.03	152.84
NAVISWORKS	88.98	152.76
DIFERENCIAL	0.06%	0.05%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-12 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-14: Cuadro Comparativo Metrados de Vigas de Cimentación Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE VIGAS DE CIMENTACION		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	62.310	416.17
NAVISWORKS	61.290	415.98
DIFERENCIAL	0.032%	0.046%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-13 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-15: Cuadro Comparativo Metrados de Sobrecimiento Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE SOBRECIMIENTO REFORZADO		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	112.05	1250.69
NAVISWORKS	112.03	1250.79
DIFERENCIAL	0.02%	0.01%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-14 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-16: Cuadro Comparativo Metrados de Columnas Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE COLUMNAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	389.23	3836.14
NAVISWORKS	389.17	3835.43
DIFERENCIAL	0.02%	0.02%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-15 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-17: Cuadro Comparativo Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE PLACAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	116.22	916.06
NAVISWORKS	116.20	915.98
DIFERENCIAL	0.02%	0.01%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-16 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-18: Cuadro Comparativo Metrados de Muros de Contención Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE MUROS DE CONTENCIÓN		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	174.13	1193.38
NAVISWORKS	173.98	1193.24
DIFERENCIAL	0.09%	0.01%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-17 se puede observar que la mayor diferencial es menor que 0.1%. Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-19: Cuadro Comparativo Metrados de Vigas Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE VIGAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	322.72	2485.12
NAVISWORKS	322.56	2485.62
DIFERENCIAL	0.05%	0.02%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-18 se puede observar que la mayor diferencial es menor que 0.1%. Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-20: Cuadro Comparativo Metrados de Losa Aligerada Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE LA LOSA ALIGERADA		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	286.26	3079.64
NAVISWORKS	286.11	3078.14
DIFERENCIAL	0.05%	0.05%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-19 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-21: Cuadro Comparativo Metrados de Losa Maciza Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE LOSA MACIZA		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	68.29	345.36
NAVISWORKS	68.25	345.61
DIFERENCIAL	0.06%	0.07%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-20 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-22: Cuadro Comparativo Metrados de Escaleras Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE ESCALERAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	280.26	1756.54
NAVISWORKS	280.46	1755.98
DIFERENCIAL	0.07%	0.03%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-21 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-23: Cuadro Comparativo Metrados de Graderias Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE GRADERIAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	57.87	66.79
NAVISWORKS	57.86	66.76
DIFERENCIAL	0.02%	0.04%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-22 se puede observar que la mayor diferencial en menor que 0.1% Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks es segura y confiable.

Tabla V-24: Cuadro Comparativo Metrados de Rampas Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DE RAMPAS		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	11.81	1.83
NAVISWORKS	11.80	1.84
DIFERENCIAL	0.08%	0.54%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-23 se puede observar que la mayor diferencia es de 0.54% y la menor diferencia es de 0.08%. Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks no han considerado igual cantidad de metrado pero aún sigue siendo aceptable.

Tabla V-25: Cuadro Comparativo Metrados de Estrado Navisworks Vs. Excel

METRADOS TOTALES DEL ESTRADO		
FUENTE	CONCRETO	ENCOFRADO
EXCEL	8.90	60.18
NAVISWORKS	8.91	60.15
DIFERENCIAL	0.11%	0.05%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla V-24 se puede observar que la mayor diferencia es de 0.11% y la menor diferencia es de 0.05%. Se puede decir que el metrado tradicional y Navisworks no han considerado igual cantidad de metrado pero aún sigue siendo aceptable.

Tabla V-26: Promedio de las diferenciales de los metrados (Excel Vs. Navisworks)

ÍTEMS	DIFERENCIAL	ÍTEMS	DIFERENCIAL
ENCOFRADO ZAPATAS	0.02%	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDADURAS	
CONCRETO ZAPATAS	0.00%	TARRAJEO EN MURO INTERIOR Y EXTERIOR CON MEZCLA 1:5	0.25%
ENCOFRADO ZAPATAS CORRIDAS	0.05%	CIELO RASO	
CONCRETO ZAPATAS CORRIDAS	0.06%	CIELO RASO CON MEXCLA 1:5	0.00%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	0.05%	PISO Y PAVIMENTOS	
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	0.03%	PISO DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO	0.00%
ENCOFRADO SOBRECIMIENTO REFORZADO	0.01%	PISO DE CEMENTO FORTACHADO	0.00%
CONCRETO SOBRECIMIENTO REFORZADO	0.02%	CERAMICA BLANCA 0.30*0.30	0.00%
ENCOFRADO COLUMNAS	0.02%	CARPINTERÍA DE MADERA	
CONCRETO COLUMNAS	0.02%	PUERTAS CONTRAPLACADAS	0.16%
ENCOFRADO PLACAS	0.01%	DIVISIONES DE SS.HH.	0.02%
CONCRETO PLACAS	0.02%	PIZARRA ACRÍLICA	0.00%
ENCOFRADO MUROS DE CONTENCION	0.01%	CARPINTERÍA METÁLICA	
CONCRETO MUROS DE CONTENCION	0.09%	PUERTA DE FIERRO CON PLANCHA METALICA	0.11%
ENCOFRADO VIGAS	0.02%	REJA DE INGRESO PRINCIPAL	0.06%
CONCRETO VIGAS	0.05%	RAMPAS METALICAS	0.11%
ENCOFRADO LOSA ALIGERADA	0.05%	VENTANAS METALICAS	0.11%
CONCRETO LOSA ALIGERADA	0.05%	REJA CERCO PERIMETRICO	0.03%
ENCOFRADO LOSA MACIZA	0.07%	COBERTURA METALICA EN AUDITORIO	0.00%
CONCRETO LOSA MACIZA	0.06%	VIDRIOS Y CRISTALES	
ENCOFRADO ESCALERA	0.03%	VIDRIOS DE VENTANAS	0.00%
CONCRETO ESCALERA	0.07%	PINTURA	
ENCOFRADO GRADERIAS	0.04%	PINTURA LATEX PARA CIELO RASO	0.00%
CONCRETO GRADERIAS	0.02%	PINTURA LATES EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES	0.00%
ENCOFRADO RAMPAS	0.54%	COBERTURA	
CONCRETO RAMPAS	0.08%	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE OPACA	0.17%
ENCOFRADO ESTRADO	0.05%	CUBIERTA TECHO AUTOPORTANTE TRANSLUCIDA	0.08%
CONCRETO ESTRADO	0.11%	CERRAMIENTO DE TIMPANO FRONTAL Y POSTERIOR	0.04%
MUROS Y TABIQUERÍA		JARDINERIA	0.03%
MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV, SOGA, MEZCLA 1:4 e=1.5	0.06%	VARIOS	
SOGA 2 CARA VISTAS, MEZCLA 1:4 e=1	0.39%	ASTA DE BANDERA	0.00%
CABEZA MEZCLA 1:4 e=1.5	0.98%	TOBOGAN PARA EDUCACION	0.00%
CANTO MEZCLA 1:4 e=1.5	0.33%	COLUMPIO PARA INICIAL	0.00%
		JARDINERIA	0.03%
PROMEDIO		0.08%	

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Implementación BIM

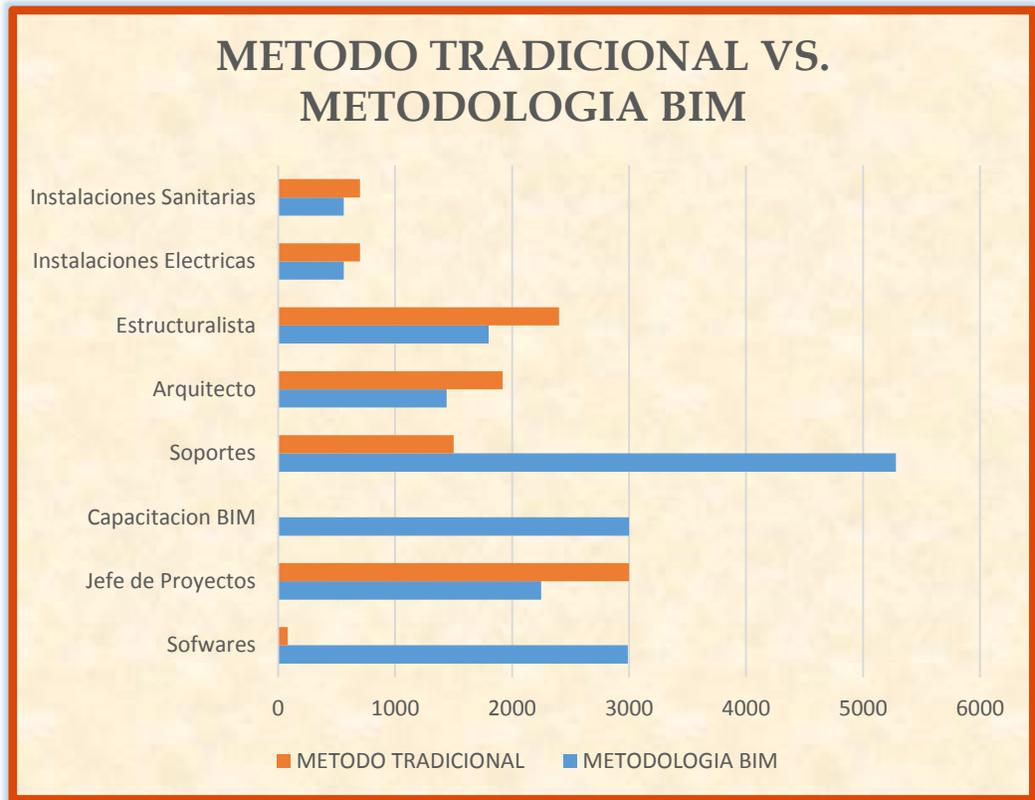
Tabla V-27: Costos de Implementación BIM y Tradicional

ÍTEMS	MÉTODO TRADICIONAL	METODOLOGÍA BIM
SOFWARES	80.93	2989.87
JEFE DE PROYECTOS	3000	2250
CAPACITACION BIM	0	3000
SOPORTES	1500	5280
ARQUITECTO	1920	1440
ESTRUCTURALISTA	2400	1800
INSTALACIONES ELECTRICAS	700	560
INSTALACIONES SANITARIAS	700	560
TOTAL	10300.93	17879.87
COSTO POR INCOMPATIBILIDAD	292	120

Fuente: Elaboración propia

Según a los datos de la tabla V-28 obtuvios un ahorro de 41.10% de la metogologia BIM con respecto a la metodologia tradicional

Gráfico V-2: Costos de Implementación BIM Vs. Tradicional

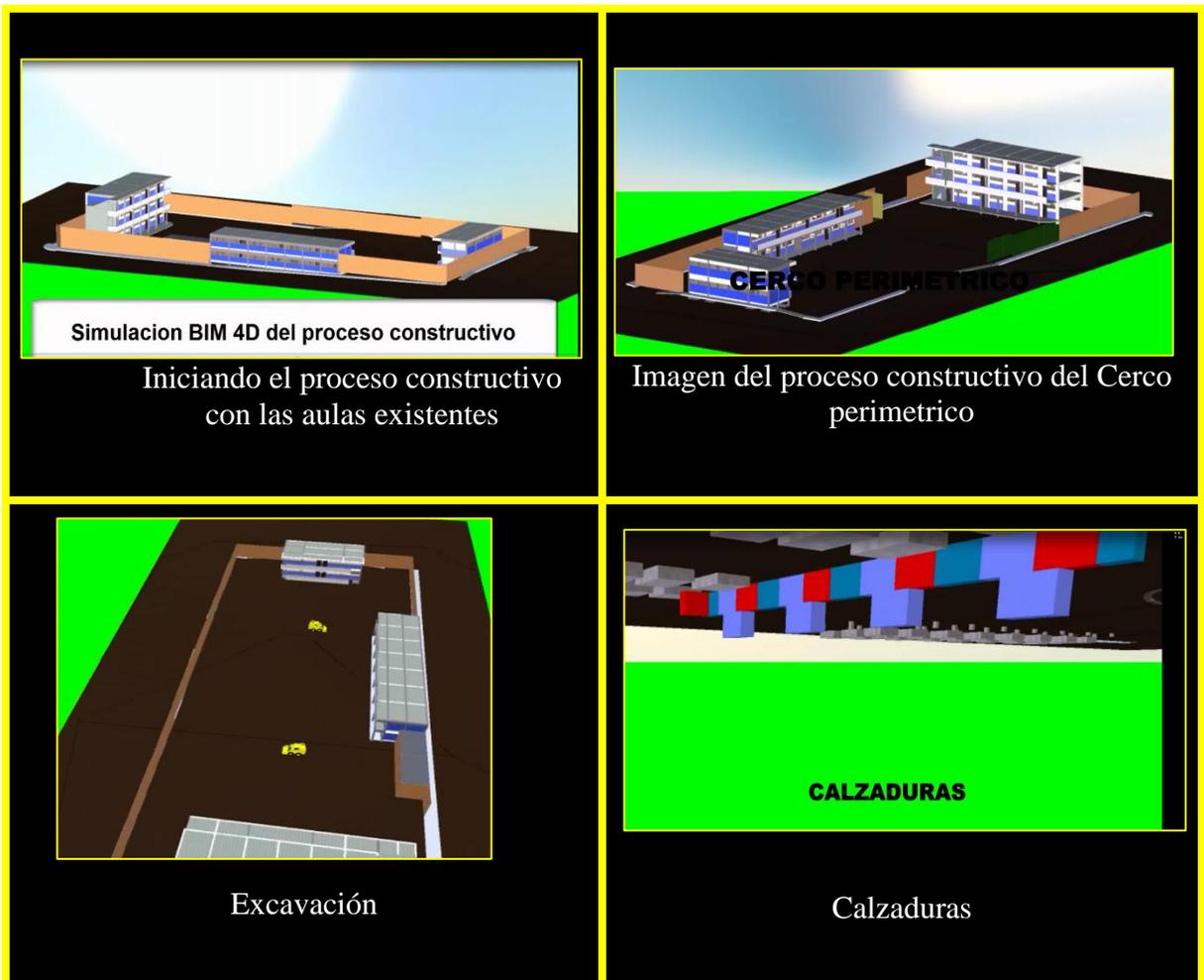


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico V-2 de Costos de Implementacion nos muestra que la implementación de la metodología BIM tiene un costo mas elevado que la del método tradicional, sin embargo y como se ha visto anteriormente con BIM se pueden obtener muchos beneficios. Representando un ahorro del 58.9% frente al método tradicional.

5.4. Planificación 4D

Luego de la modulación del proyecto y con la información del producto terminado, utilizando los datos del software Revit, con la ayuda del software Navisworks se generó un video del proceso constructivo. En la primera parte se utilizó el TimeLiner con la animación de diferentes equipos de obra para darle mayor realismo y en la segunda parte se observa un recorrido virtual por las diferentes partes del proyecto. Para ello se presenta un StoryBoard del mencionado video.





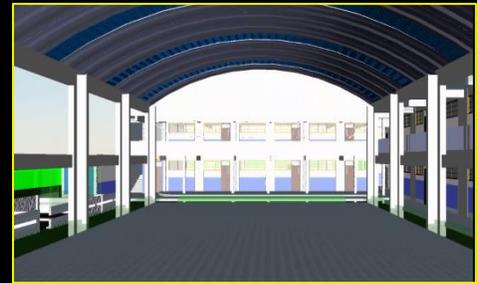
proceso constructivo del PAB C block 1



Proceso constructivo del PAB D



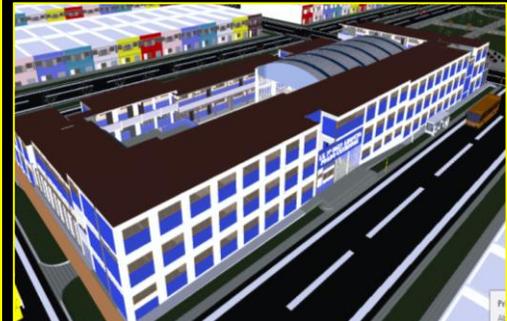
Imagen del proceso constructivo del PAB C block 3.



Proceso constructivo del arco techo



Puerta principal del colegio



Proyecto terminado

Fuente: Elaboración propia

Tabla V-28: Funciones de Gestión de Proyectos

FUNCIONES DE GESTION DE PROYECTOS				
¿Navisworks 2016 cumple las siguientes funcionalidades de gestión de proyectos?		SI	NO	Comentarios
Horario de Visualización		x		La planificación importada de MS Project puede ser visualizada. Esta función es totalmente compatible.
Simulación 4D		x		La opción 'Simulate' incluida en el 'Timeliner' permite simular el proceso de construcción en diferentes niveles de detalle. Esta función es totalmente compatible.
Integración y comunicación de los participantes en el proyecto		x		Las 2 unciones anteriores facilitan la colaboración en equipo del proyecto. Esta función es totalmente compatible.
Toma de decisiones		x		Es compatible continuamente en el proceso de toma de decisiones en las diferentes especialidades a través de una óptima visualización
Re-planificación		x		Las opciones de sincronización y la función 'Switchback' pueden ser muy útiles en estos casos a pesar de no tener una programación totalmente integrada.
Supervisión del tiempo		x		Comparación entre las planificaciones previstas y reales se da por medio de colores.
Análisis	Detención de incompatibilidades	x		La navegación en tiempo real en el modelo 4D puede mejorar la detección de incompatibilidades en el diseño.
	Utilización del Entorno	x		Una construcción dinámica puede dar un panorama completo debido a la inclusión de elementos temporales y maquinaria.
	Asignación de recursos		x	Limitado solo a las capacidades de MS Project. Ninguna función parece estar incluida en Navisworks para la asignación de recursos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla V-29: Capacidades BIM 4D

CAPACIDADES 4D				
¿Navisworks 2016 incluye las siguientes características entre sus capacidades?		SI	NO	Comentarios
Capacidades de Importación	Modelo de Importación	X		Los datos se conservan y se pueden usar perfectamente cuando se utiliza un archivo RVT.
	Importaciones Del Cronograma	X		Cronogramas de software de planificación tales como MS Project o primavera pueden ser importados. Funcionó bien para los archivos MPP de MS Project.
Capacidades de Exportación	Formatos de archivo	X		Los 3 formatos de archivo diferentes dentro Navisworks (NWC, NWF y NWD) son concebidos para asegurar un uso adecuado y para un mejor funcionamiento
	Reducción del tamaño del archivo	X		Los archivos NWF tienen un tamaño muy reducido (hasta 90% de compresión) para una buena navegabilidad.
	Imágenes	X		Diferentes imágenes de la fase de construcción pueden ser exportados en formatos como JPEG o PNG.
	Película	X		Clips animados se pueden exportar en formato AVI para crear clips de simulación.
Intercambio de datos bidireccional			X	El intercambio de datos se realiza generalmente en una dirección mediante sincronización. Los archivos importados originales no son modificables en Navisworks, sin embargo. Esto es de una manera compensado con el "Switchback" opción como lo que se refiere a la re-planificación.
Opciones para fusionar Modelo		X		Múltiples modelos pueden combinarse en el mismo modelo 4D.
Reorganización de datos		X		Los conjuntos de selección son una buena manera de reorganizar el modelo. Sin embargo, Navisworks no permite la reorganización de los elementos del modelo, por ejemplo, en partes o zonas.
Vinculación automática de tareas de geometría		X		Cuenta con opciones de vinculación automática basado en reglas. La posibilidad de utilizar el 'Método Tarea ID' es uno de los puntos fuertes.
Elementos temporales y equipos		X		Estos tipos de elementos pueden ser también anexados de Revit o archivos de SketchUp para visualizar la utilización sitio.
Animación		X		Diferentes elementos pueden ser animados para representar mejor la realidad.
Aplicación independiente			X	'TimeLiner' no es en absoluto suficiente para horarios complejos. Este necesita ayuda de softwares de planificación más avanzados.

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

Luego de establecer el proceso metodológico desarrollado de acuerdo a la tecnología BIM y de generar la modulación del proyecto, se puede determinar las siguientes conclusiones:

- El desarrollo de la planificación del Colegio Leoncio Prado de El Porvenir es mucho más beneficioso aplicando softwares especializados BIM 4D; ya que brinda una mejor visualización del proyecto a través de una preconstrucción virtual que permite encontrar errores de interferencia entre especialidades; los cuales, por medio del sistema tradicional, se encontraban insitu y detenían el flujo del proyecto constructivo. BIM provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto.
- Al realizar un modelado BIM 4D permite identificar conflictos interdisciplinarios generando un reporte automático de Detección de Conflictos. Para lo cual se encontraron 149 incompatibilidades aplicando nuevas metodologías frente a 35 incompatibilidades encontradas por el método tradicional. Demostrando que la aplicación de la metodología BIM 4D es 4.26 veces más eficiente que la metodología tradicional.

- Con respecto a la estimación de las hojas de metrados, luego que el proyecto fue modelado completamente, se generó de manera automática e inmediata conforme a la necesidad del usuario. Esto significa que si hubiera habido algún cambio en el proyecto, la hoja de metrados se recalcularía de manera instantánea. Se hizo una comparación de resultados entre el método tradicional y el software arrojándonos una diferencia promedio de 0.08% entre las distintas partidas.
- Se realizó la programación usando el MS Project y se obtuvo un tiempo de ejecución de 7 meses, este a su vez se trasladó al Naviswork para evidenciar la secuencia real de actividades en una programación semanal, eliminando así posibles restricciones en su ejecución.
- Al evaluar el costo por incompatibilidad se obtuvo que con el uso del modelamiento BIM 4D asciende a S./120.00. Mientras que el enfoque tradicional nos arroja un costo de S./292.00. Esto demuestra que usando las metodologías BIM 4D representa un ahorro del 41.10% frente al método tradicional.

VII. RECOMENDACIONES

Frente a los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación podemos establecer las siguientes recomendaciones:

- BIM debe ser implementado en las empresas del sector construcción sin importar el tamaño de ésta como una estrategia de mejora en la gestión de los procesos de diseño y construcción.
- Hacer uso de tecnologías BIM para encontrar problemas de incompatibilidades e interferencias entre las especialidades involucradas a fin eliminar las restricciones antes de su ejecución
- Implementar BIM para una precisa estimación de metrados de manera automática, ahorrando tiempo en la estimación de costos del proyecto.
- Concientizar al personal de la empresa acerca de la metodología BIM, empezando por la gerencia general, ya que al aplicar nuevas tecnologías en el rubro de la construcción permite implementar un eficiente modelo de gestión y éste a su vez se vera reflejado en el aumento de la productividad.
- Sería conveniente incorporar BIM con el propósito de obtener mejores beneficios del proyecto en función de solución de incompatibilidades.
- A manera general, no es suficiente tener el mejor software y hardware implementado en la empresa. Si el personal no está capacitado, no es el idóneo y mucho menos está motivado en la implementación de este nuevo sistema, el modelo simplemente no funcionará.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Rojas, P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basadas en la construcción virtual usando tecnologías BIM*. Lima.
- Arce Manrique, S. (2009). *Identificación de los principales problemas de la logística*.
Bogotá.
- C., Q. C. (2013). *Revit Structure*. Lima: Megabyte.
- Don Bokmiller, S. W. (2013). *Mastering Autodesk Revit MEP*. Canada.
- F., B. (2008). *Tecnologías Informáticas para la Visualización de la Información y su uso en la Construcción - Los Sistemas 3D Inteligentes*. Lima.
- Hanvey, C. L. (2007). *Design Documents and Design - Related Claims, Interface Consulting*.
- Hernandez, N. D. (2011). *Procedimiento para la Coordinación de Especialidades en Proyectos con Plataforma BIM*. Santiago, Chile.
- Jason Dodds, S. J. (2013). *Mastering Autodesk Navisworks*. Canada.
- Nigro, W. (1987). *Contract Documents: A Quality Control Guide*.
- Phil Read, E. K. (2013). *Mastering Autodesk Revit Architecture*. Canada.
- Sampieri, H. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico.
- Urbina Velasco, A. (2013). *Assessment of 4D BIM Application for Project Management Functions*. Valencia.
- Valdes Indo, A. (2014). *Estudio de Viabilidad del Uso de la Tecnología BIM en un Proyecto Habitacional en Altura*. Santiago, Chile.

IX. ANEXOS

9.1. ANEXO N° 1: Proceso de modelado 3D del Proyecto

Figura IX-1: Vista principal del trabajo

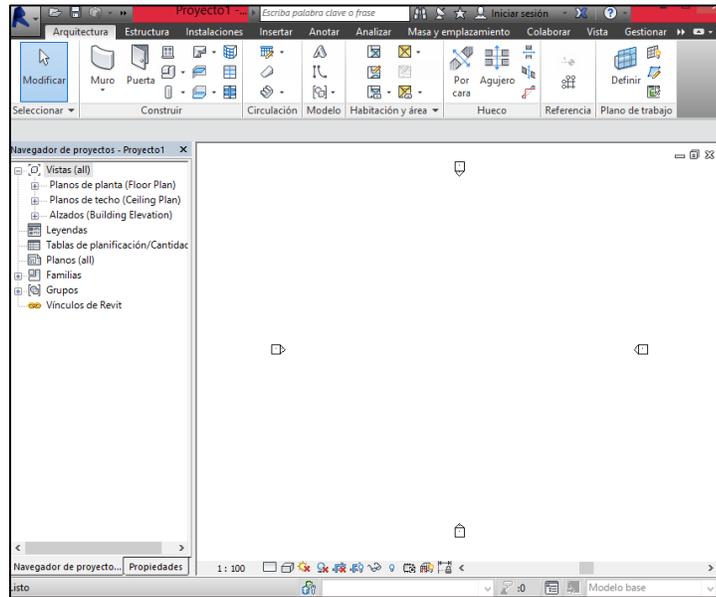


Figura IX-2: Determinación de las unidades

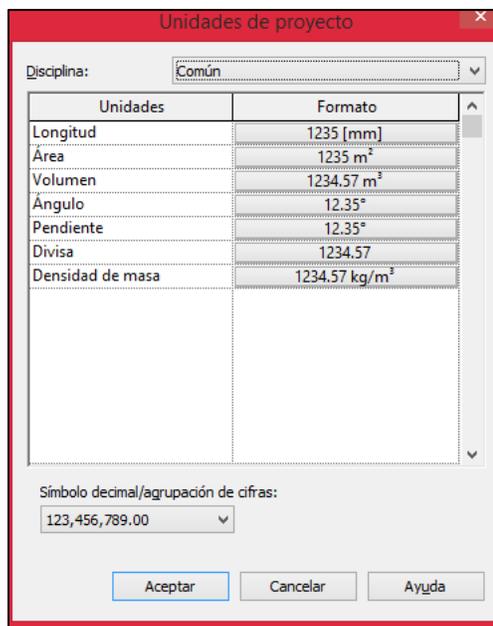


Figura IX-3: Elección de las Unidades

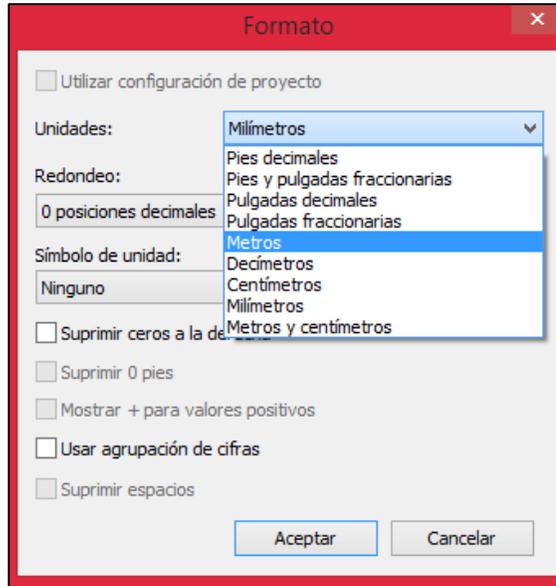


Figura IX-4: Vista para niveles

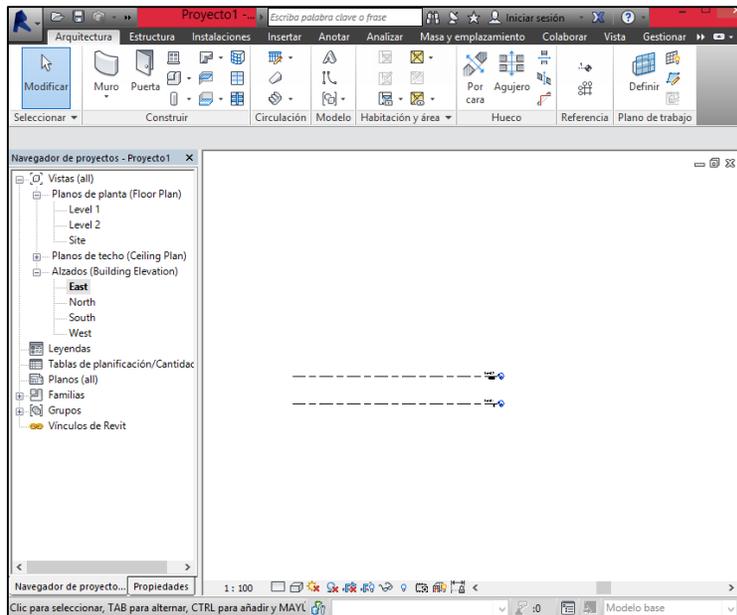


Figura IX-6: Inserción de los Niveles

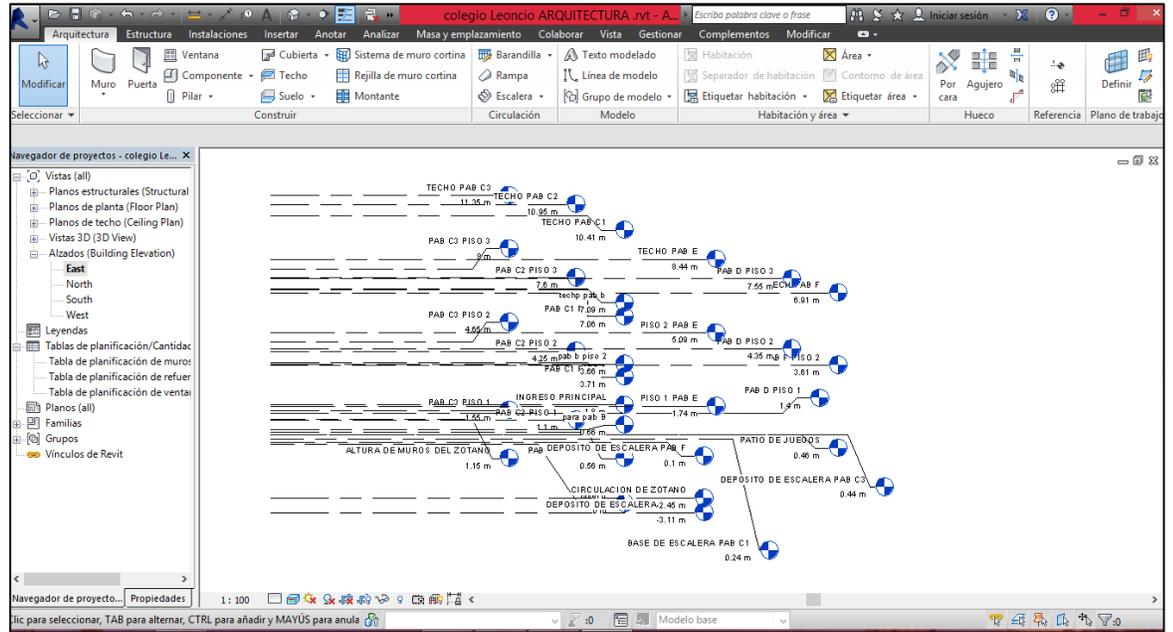


Figura IX-5: Plano de planta "SITE" para rejillas

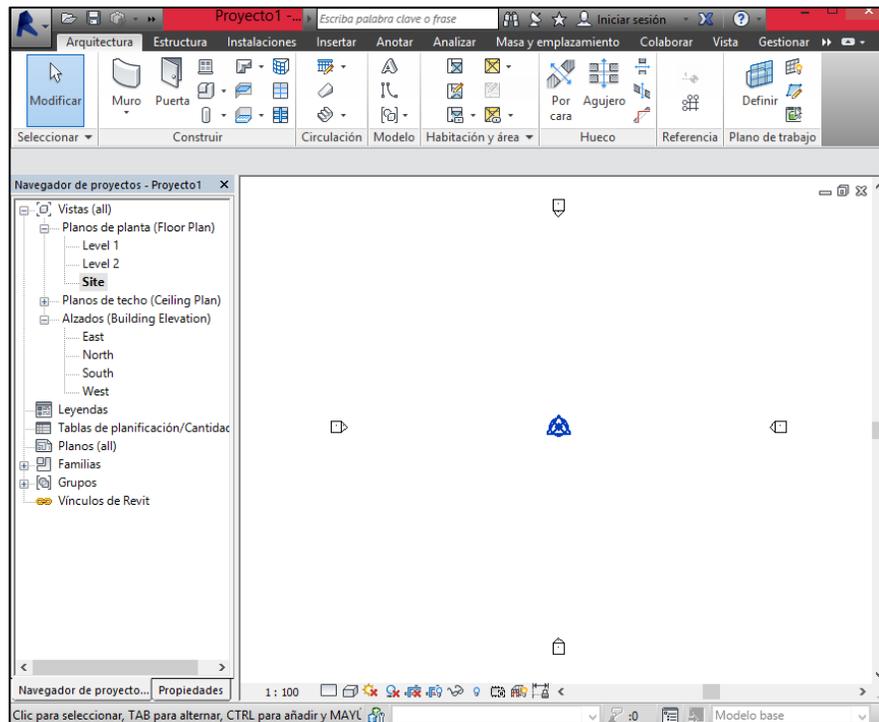


Figura IX-7: Rejillas del proyecto

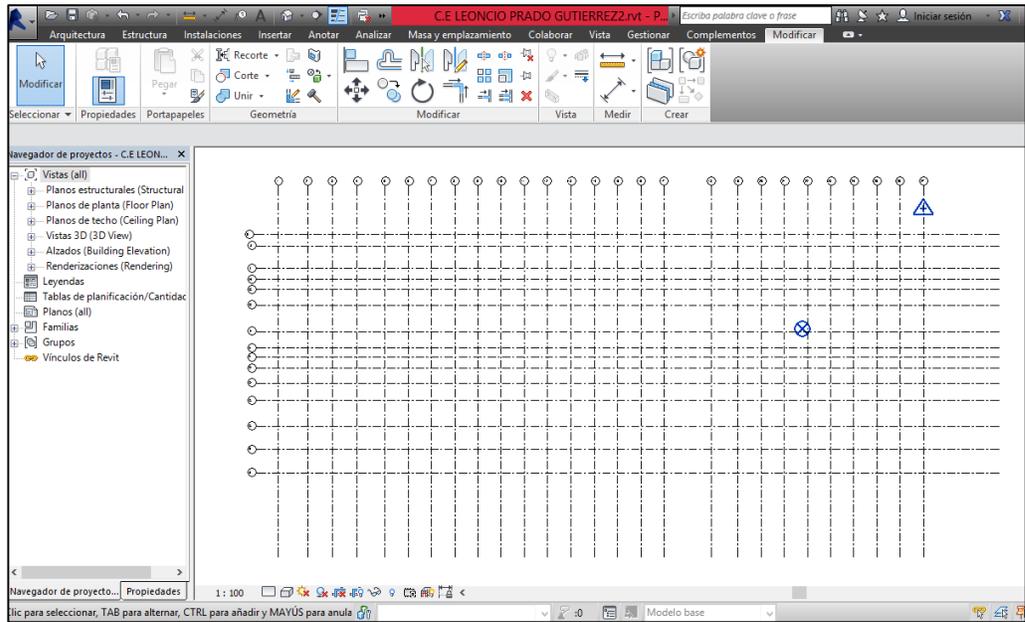


Figura IX-8: Zapatas

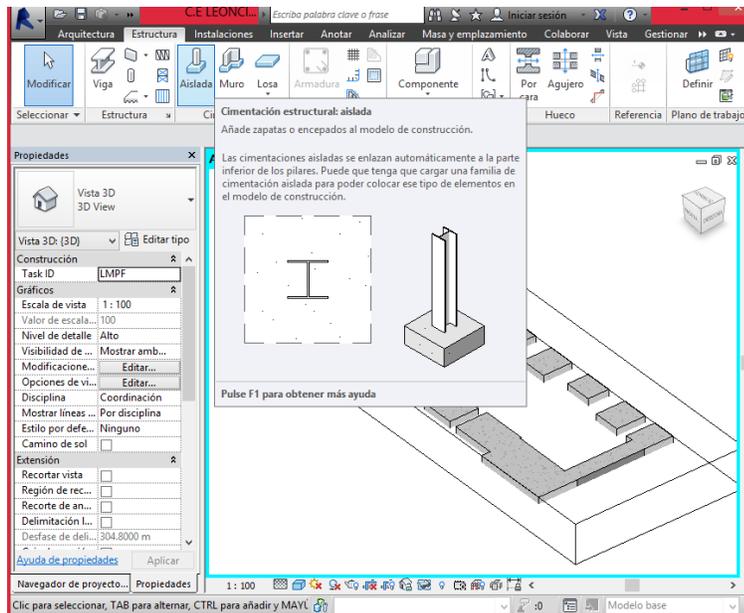


Figura IX-9: Editar el tipo de Zapata

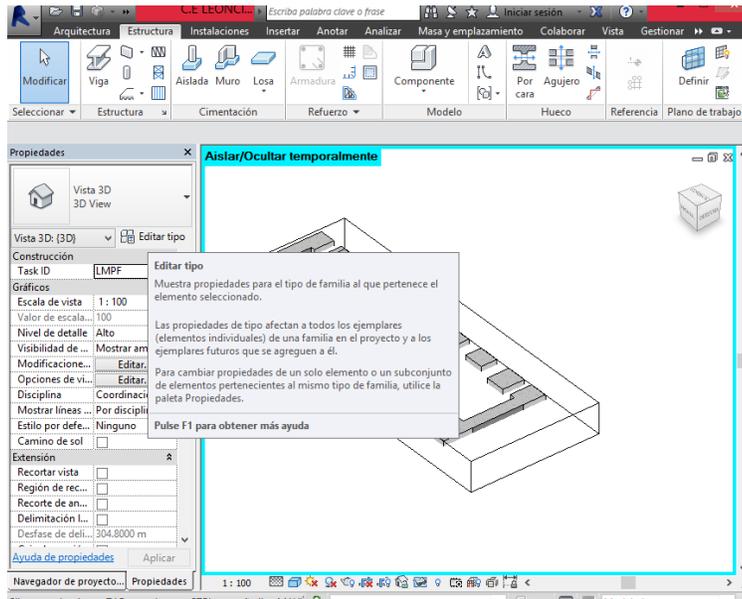


Figura IX-10: Zapata del Pab. "C"

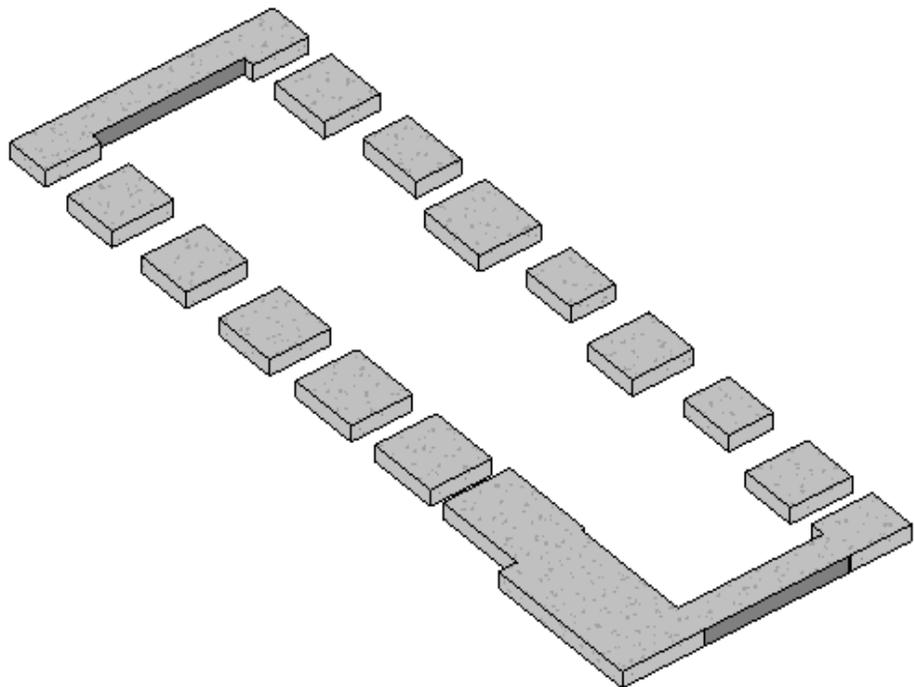


Figura IX-11: Sobrecimiento del proyecto

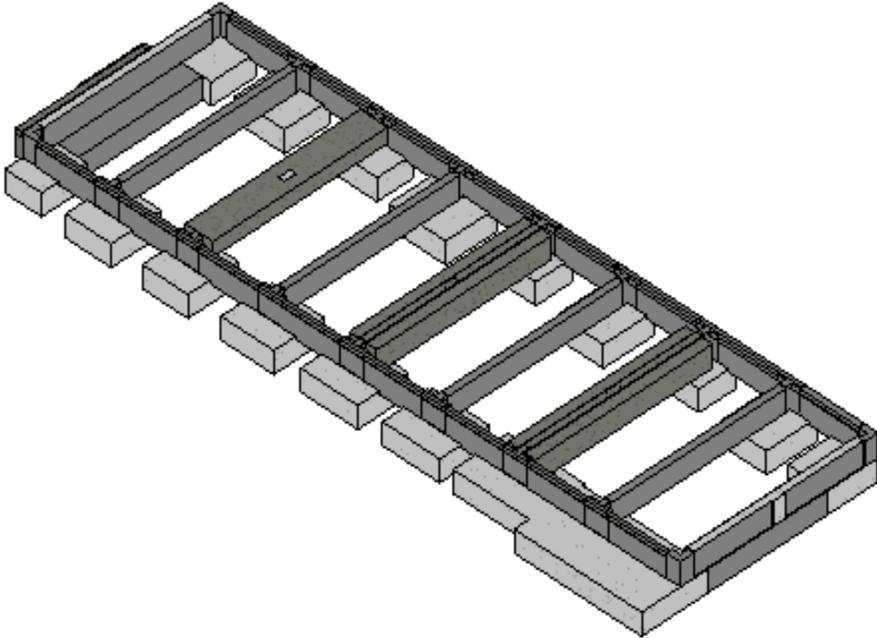


Figura IX-12: Muros

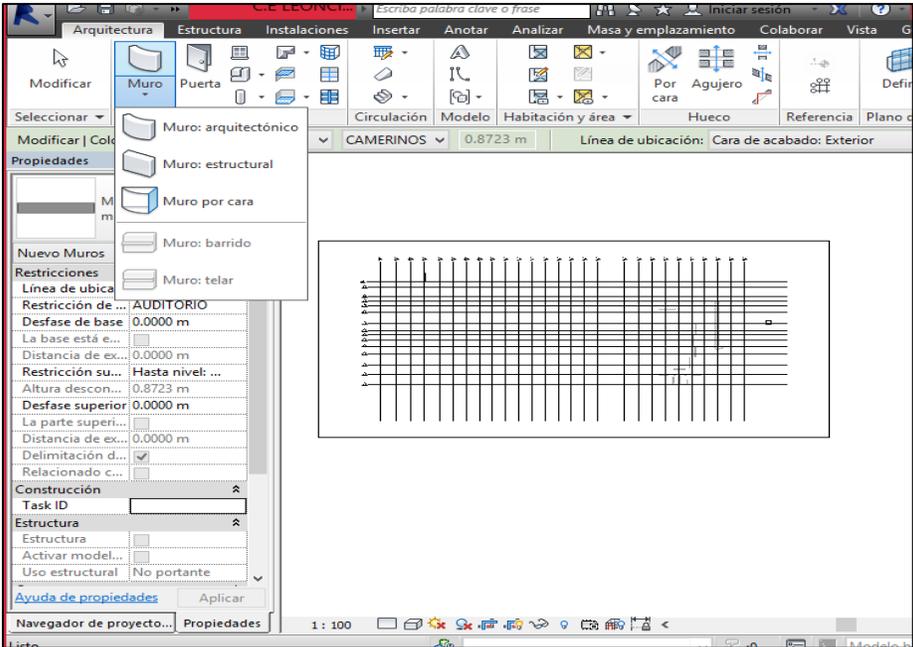


Figura IX-13: Muro básico

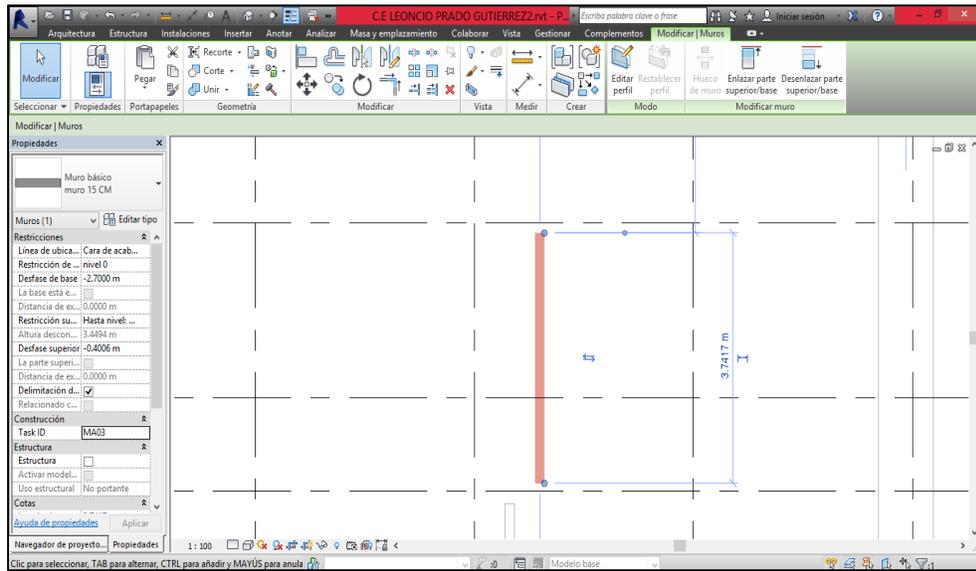


Figura IX-14: Propiedades del muro

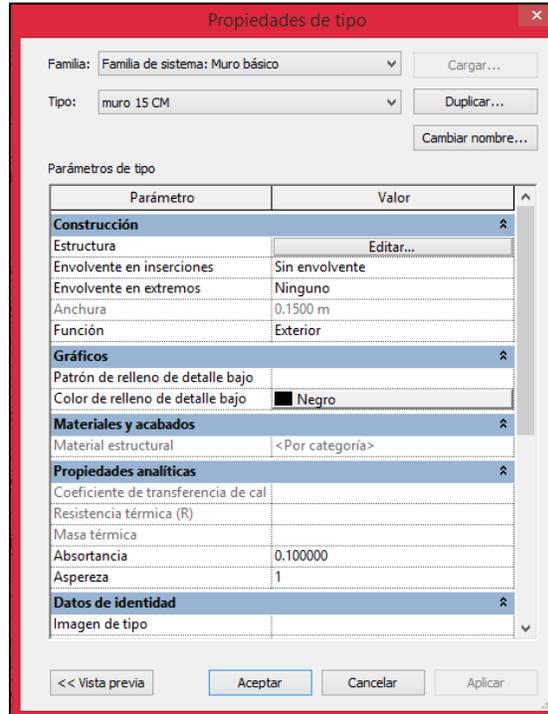


Figura IX-15: Editar montaje del muro

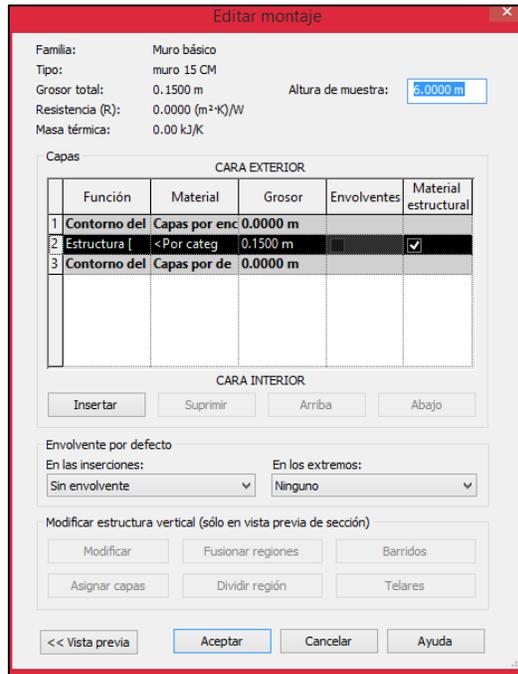


Figura IX-16: Explorador de materiales

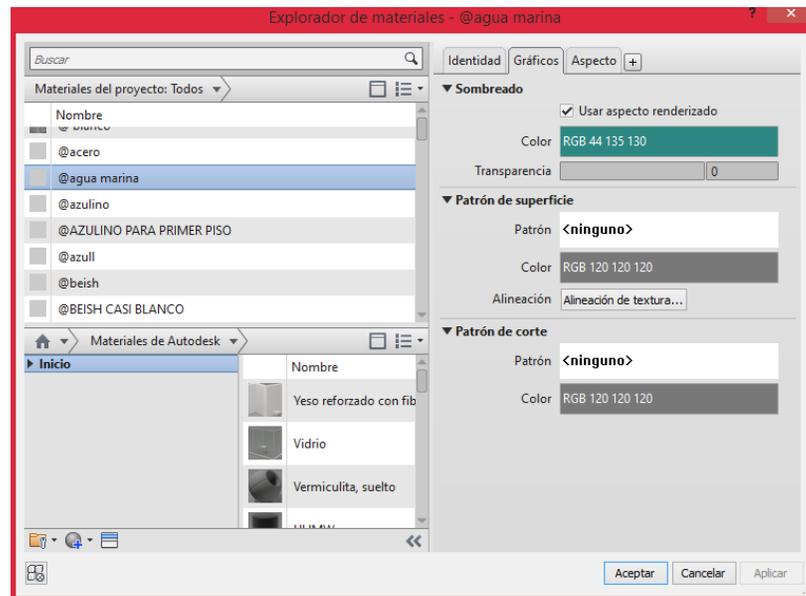


Figura IX-17: Detalle de columnas

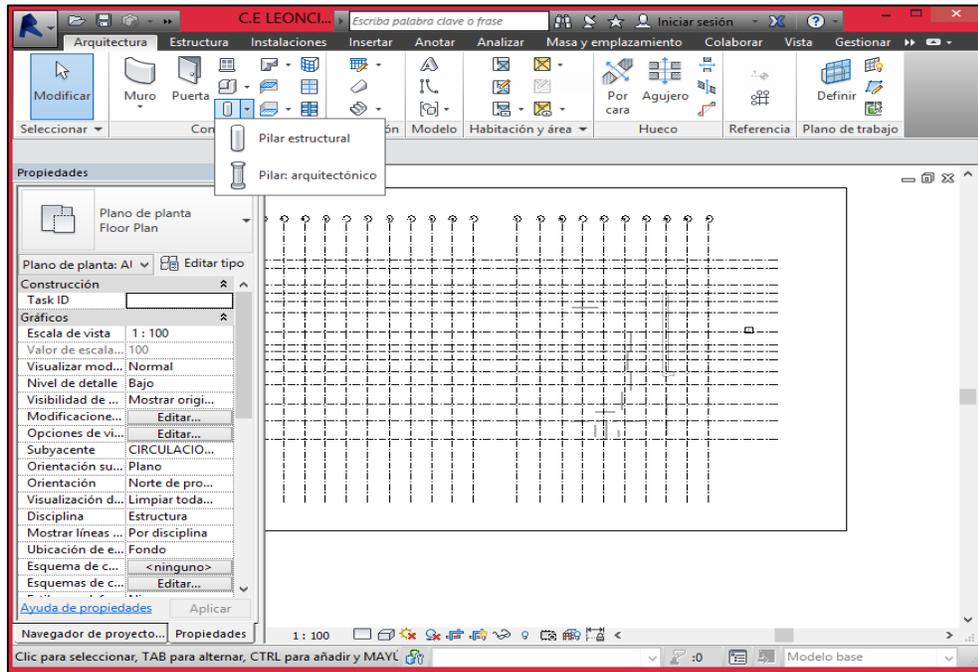


Figura IX-18: Propiedades del tipo de columna

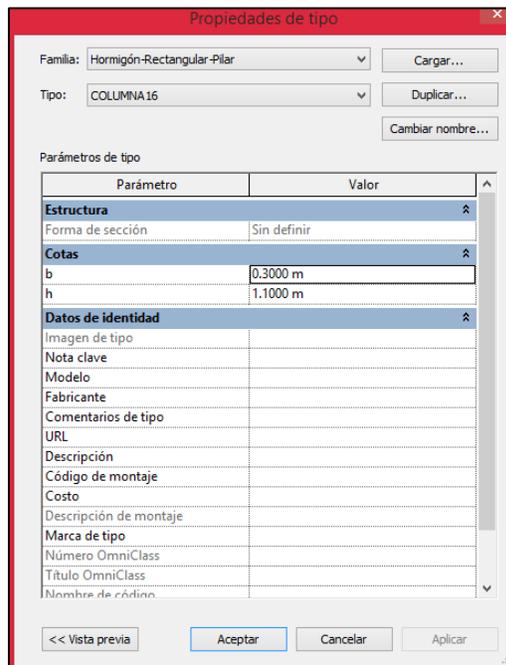


Figura IX-19: Editar familia

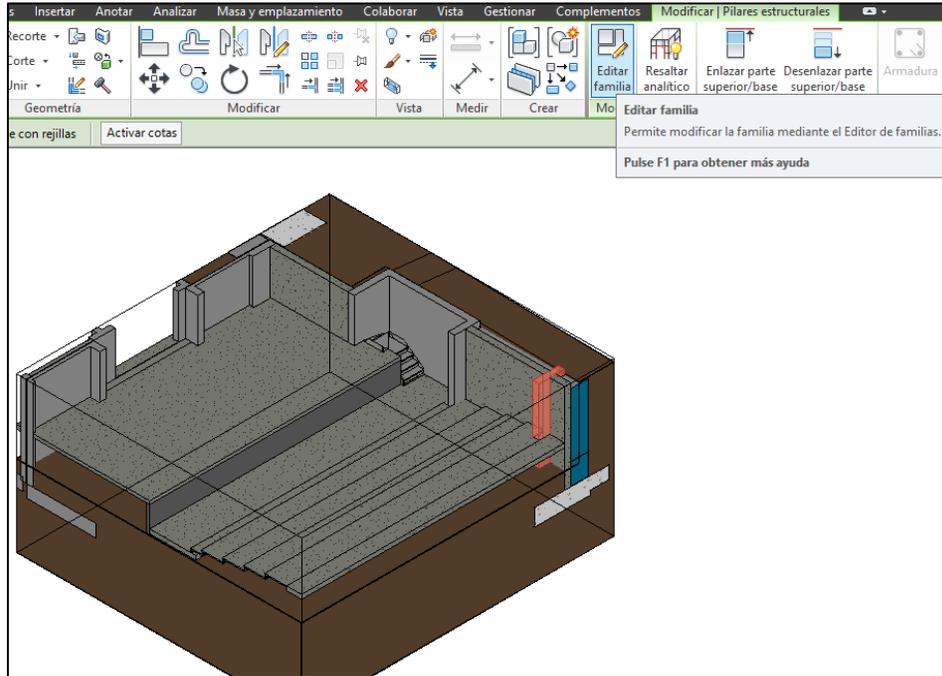


Figura IX-20: Columna "L"

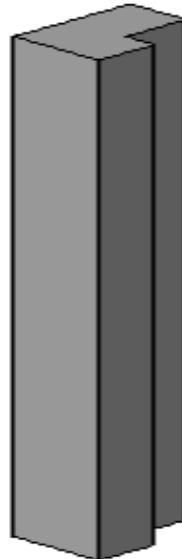


Figura IX-21: Columna "T"

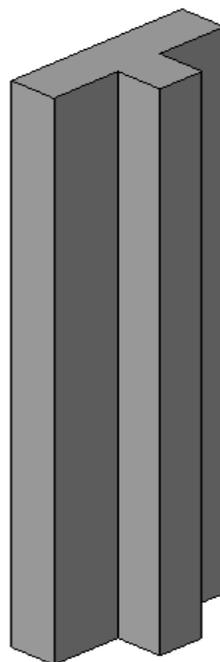


Figura IX-22: Placas

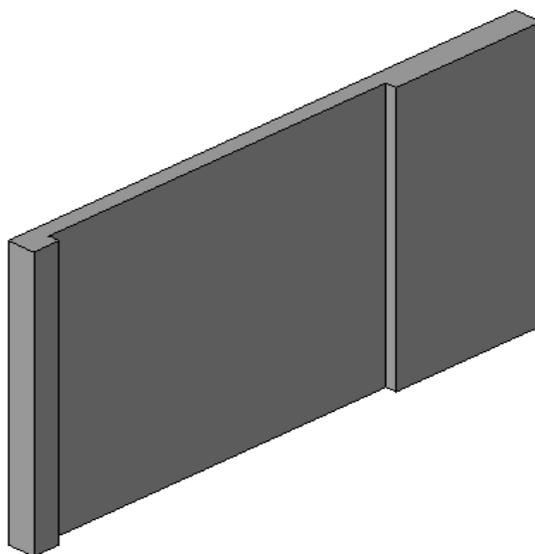


Figura IX-23: Columnas y Placas

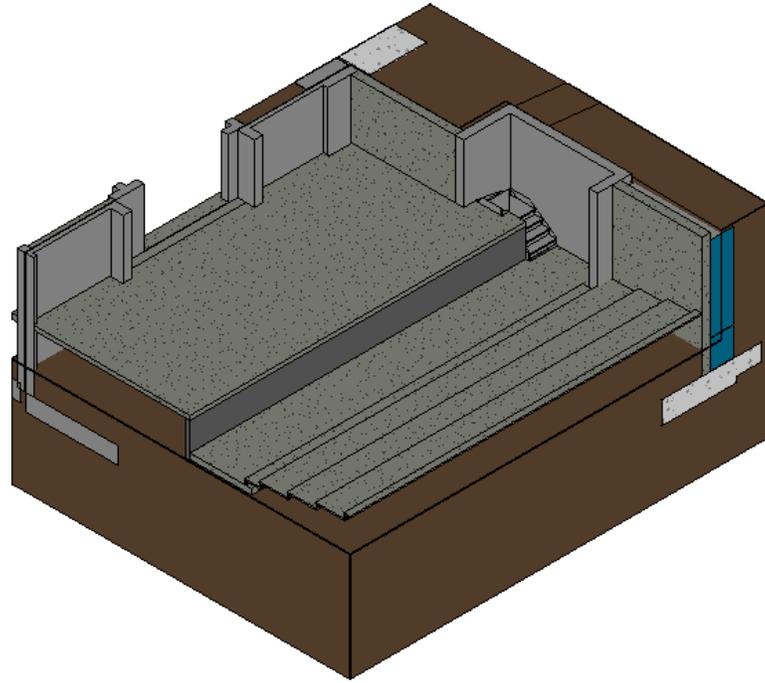


Figura IX-24: Suelo

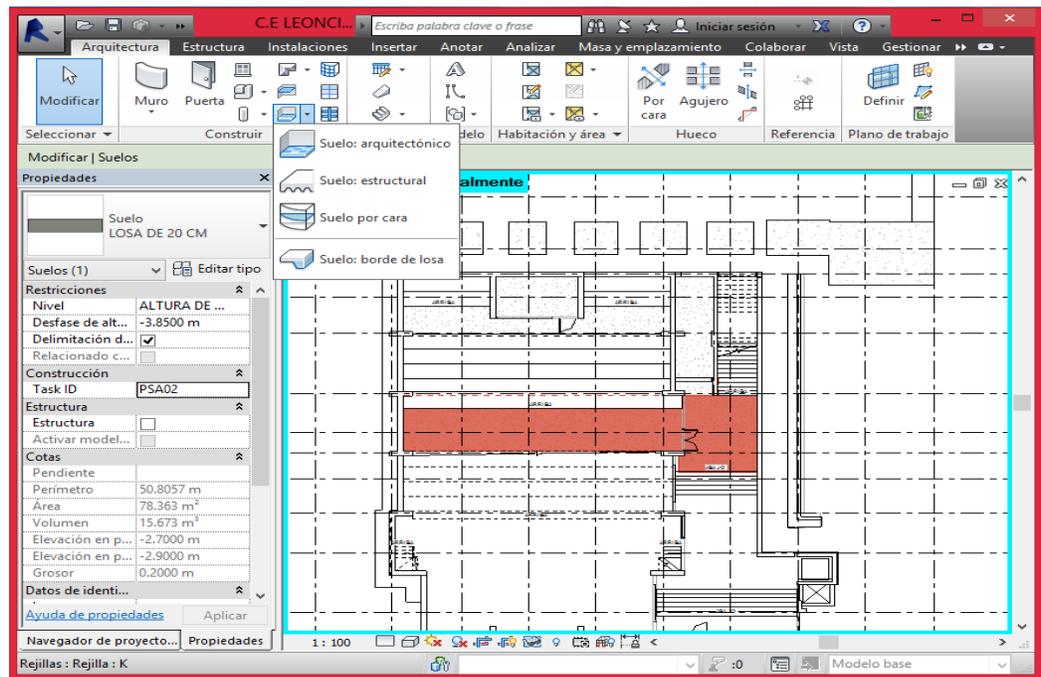


Figura IX-25: Modificar contorno del suelo

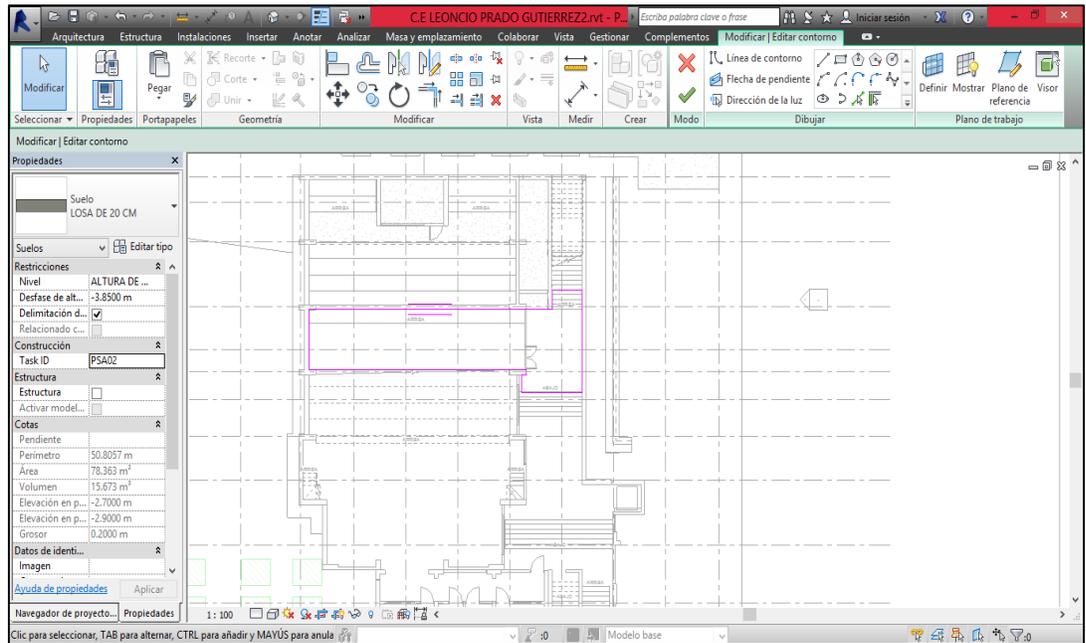


Figura IX-26: Boceto de escalera

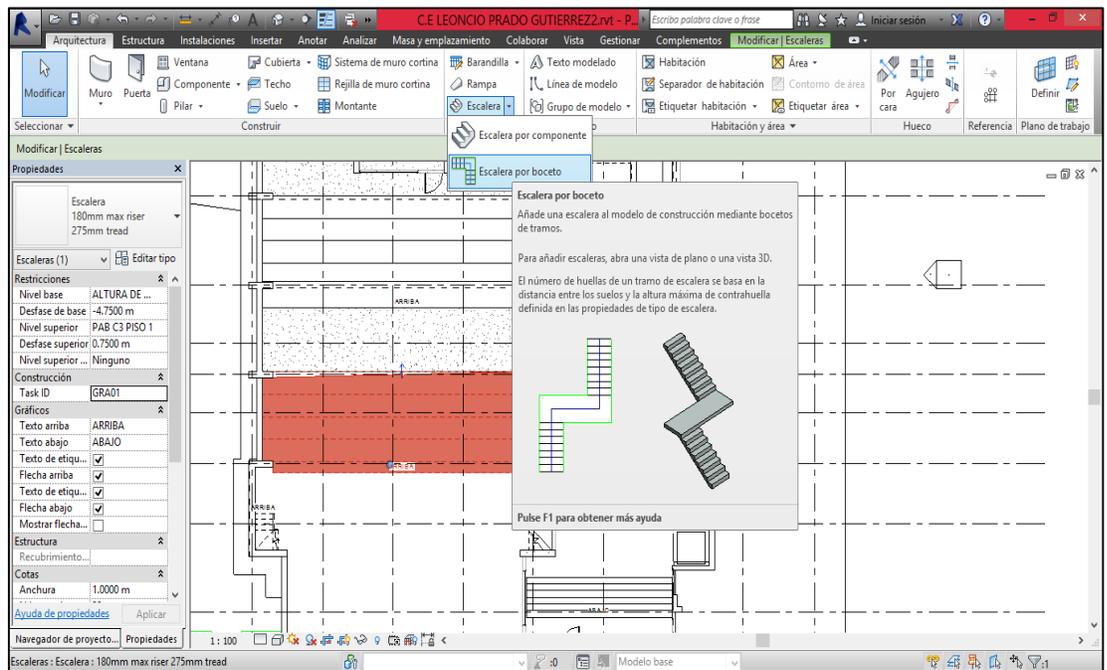


Figura IX-27: Contorno de escalera

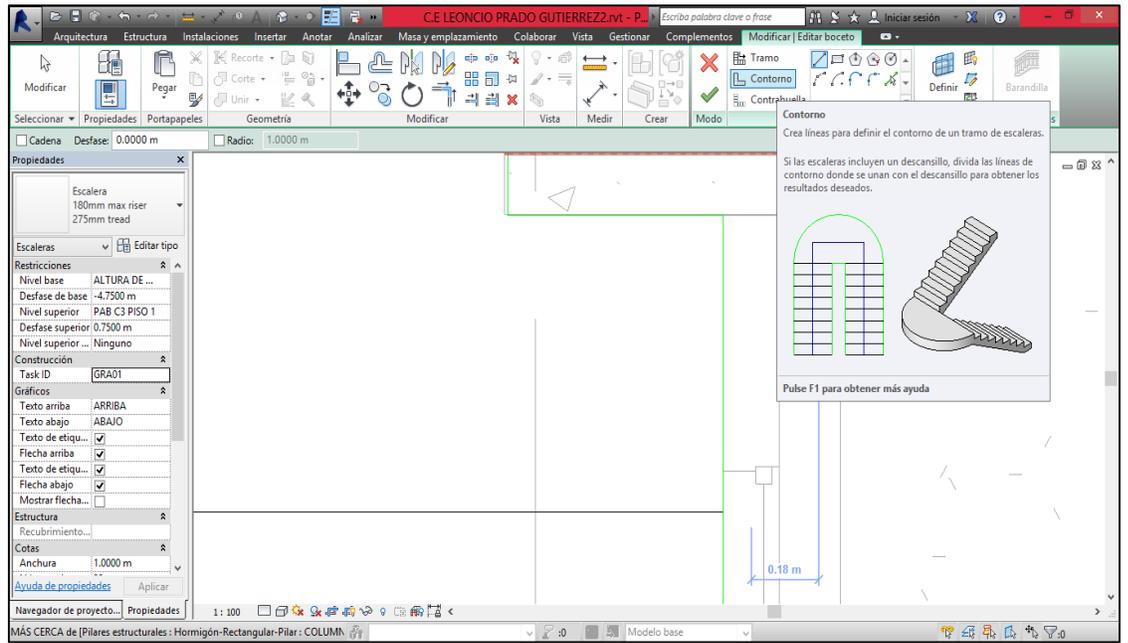


Figura IX-28: Contrahuella de escalera

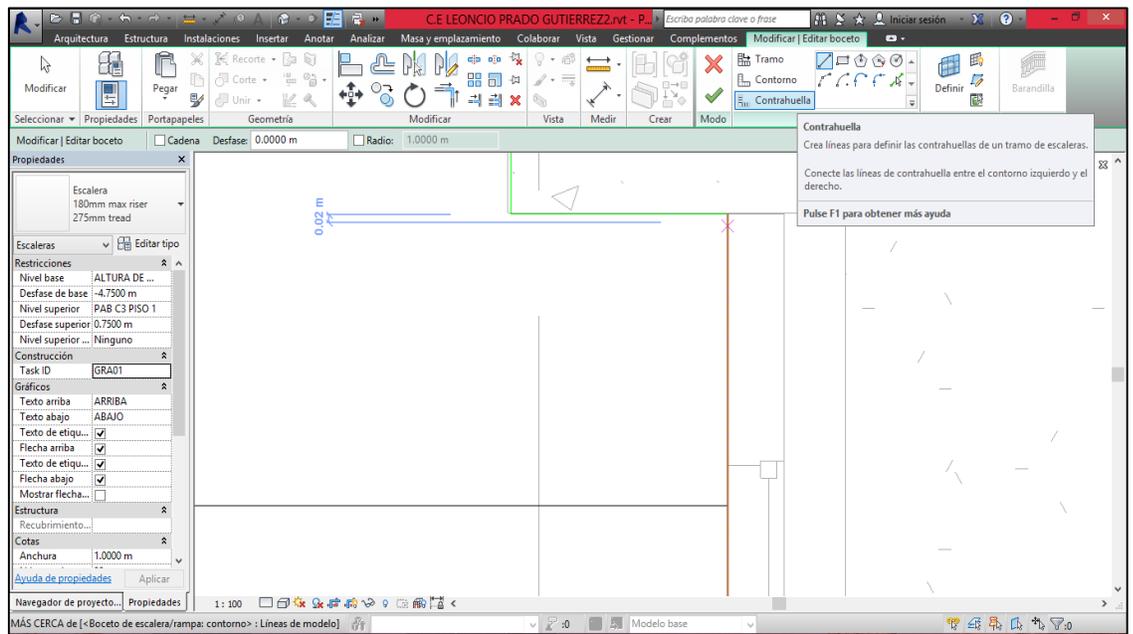


Figura IX-29: Graderías de Auditorio

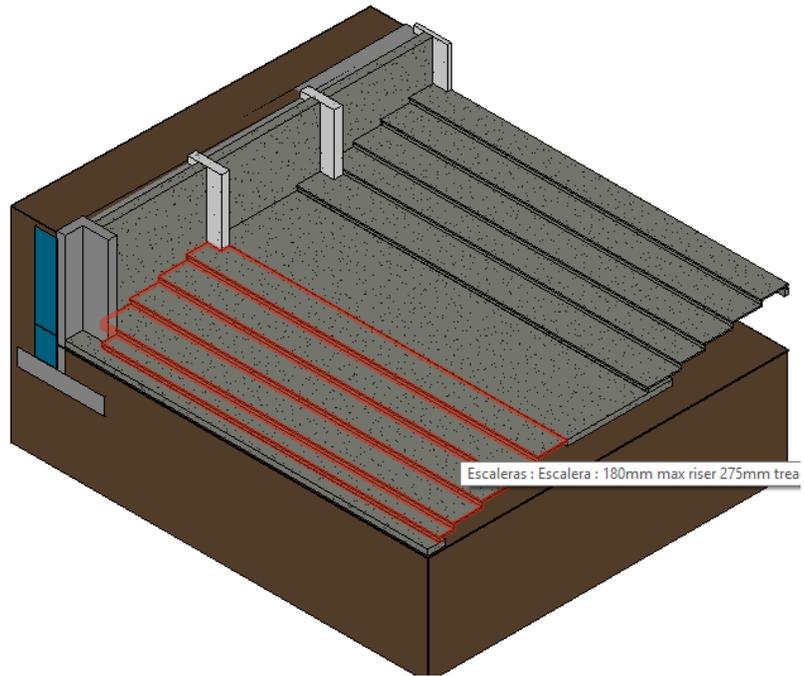


Figura IX-30: Escalera 1

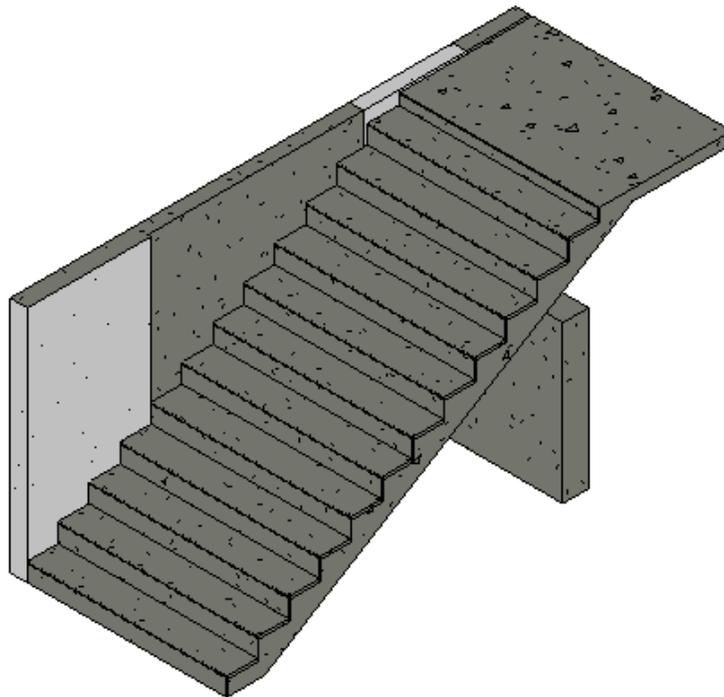


Figura IX-31: Escalera 2

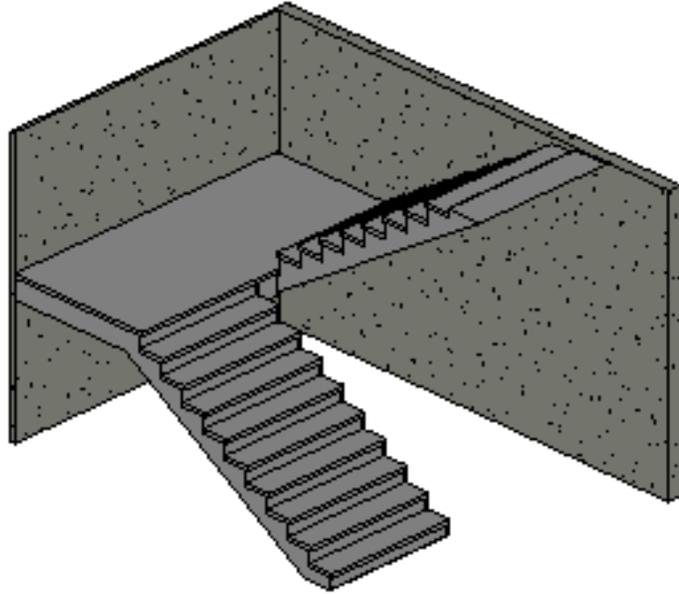


Figura IX-32: Base estructural del Sótano

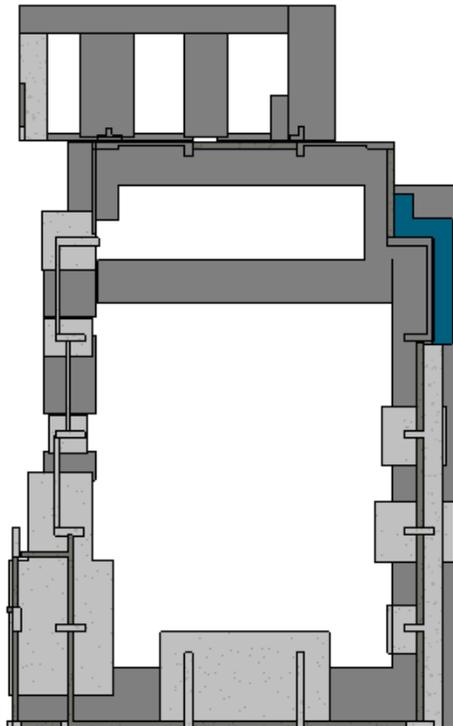


Figura IX-33: Calzadura del Sótano

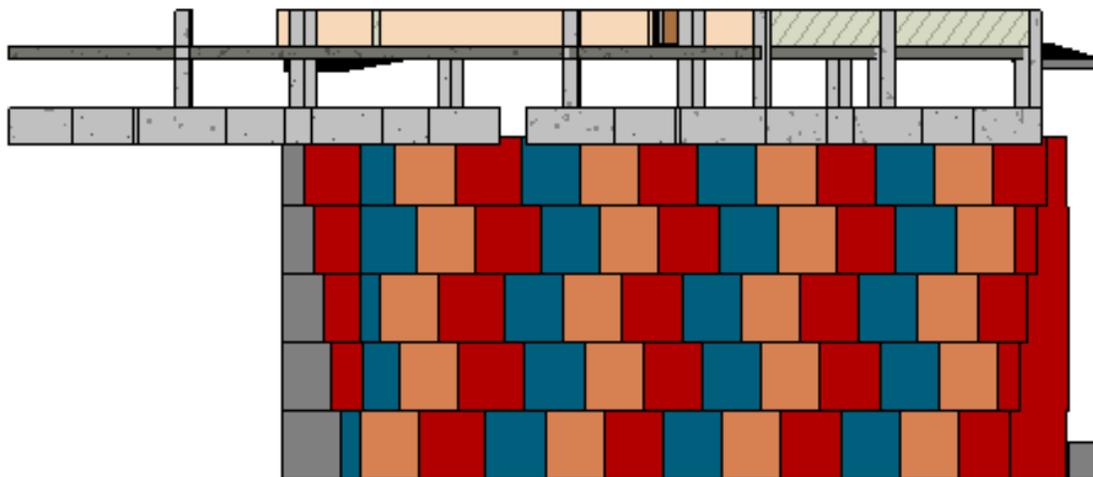


Figura IX-34: Sótano

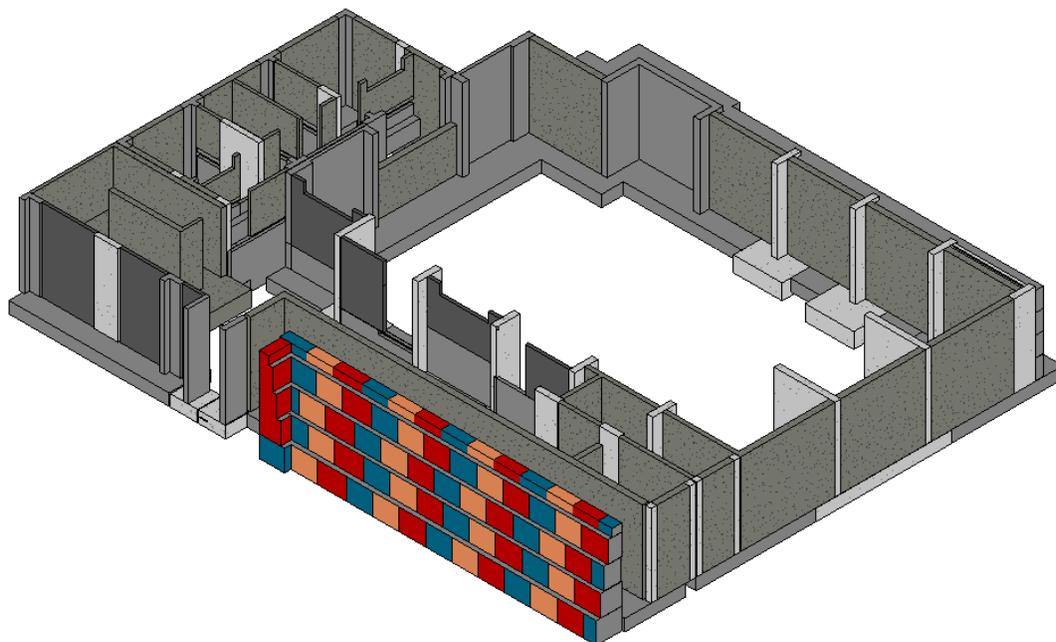


Figura IX-35: Sótano con placas, muros de contención, graderías y escaleras

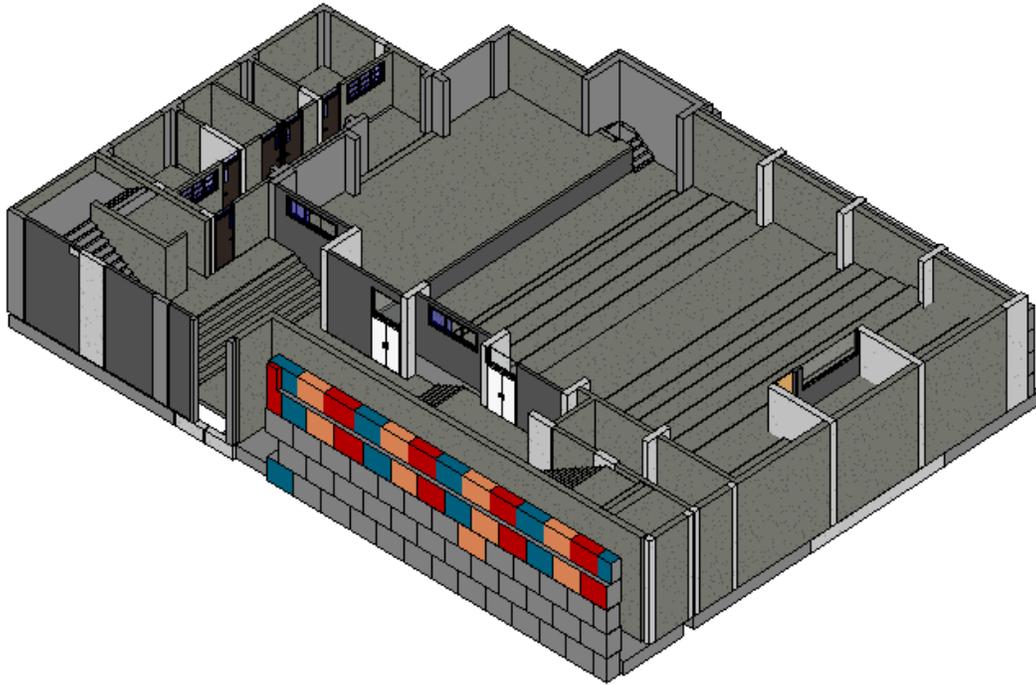


Figura IX-36: Puertas

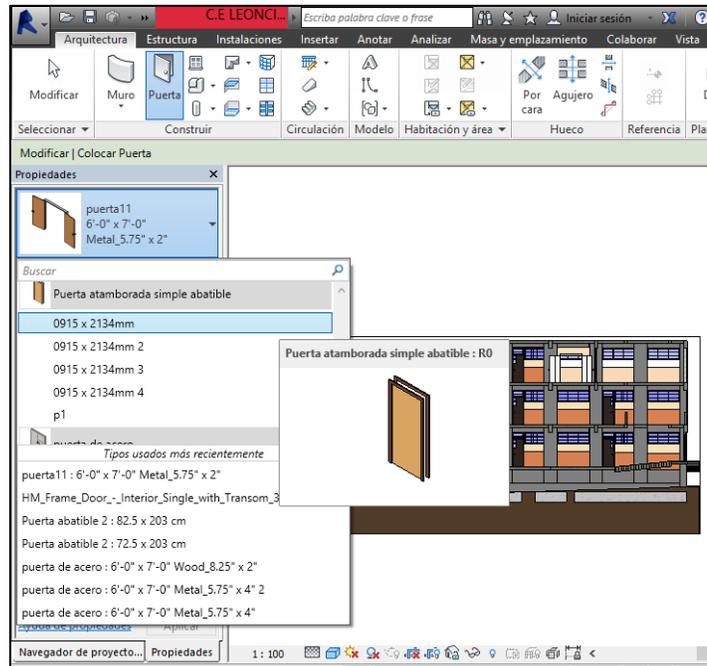


Figura IX-37: Ventanas

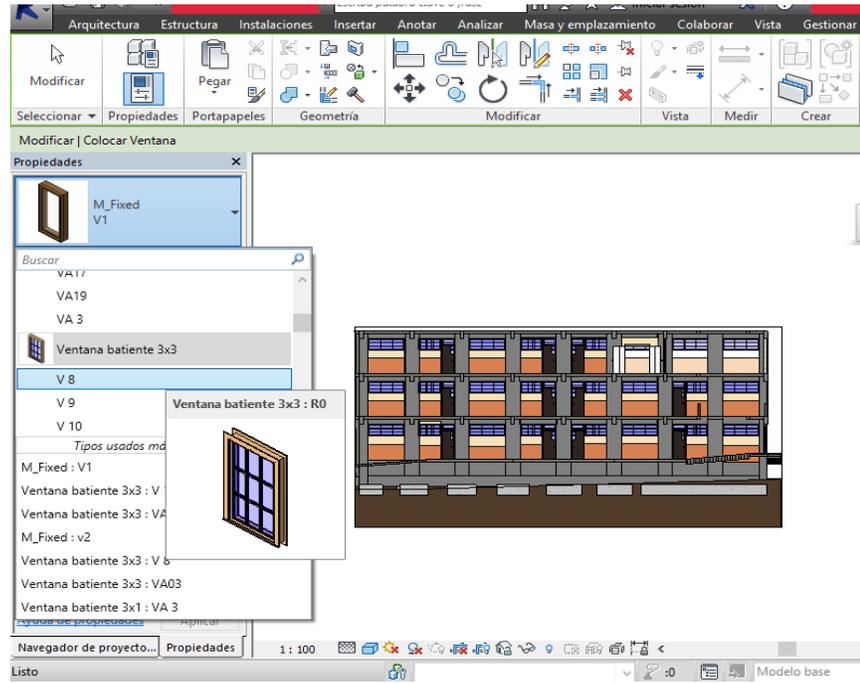


Figura IX-38: Pab. "D" primer piso: Columnas, muros y placas

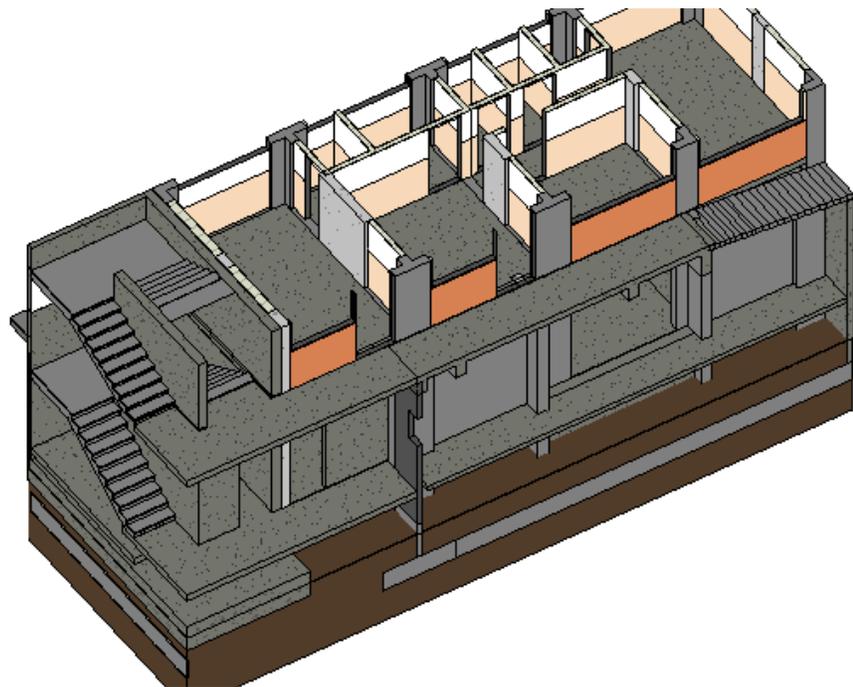


Figura IX-39: PAB C: Primer piso de los Bloques 1,2,3

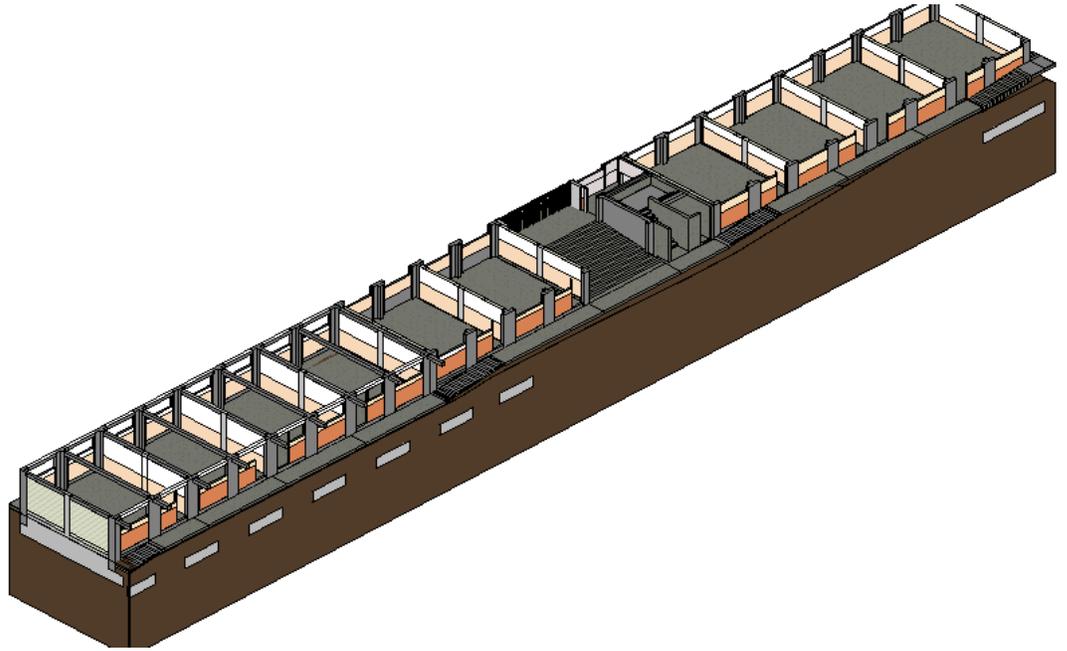


Figura IX-40: PAB A: Comedor inicial, Psicomotrocidad caseta de transformador.

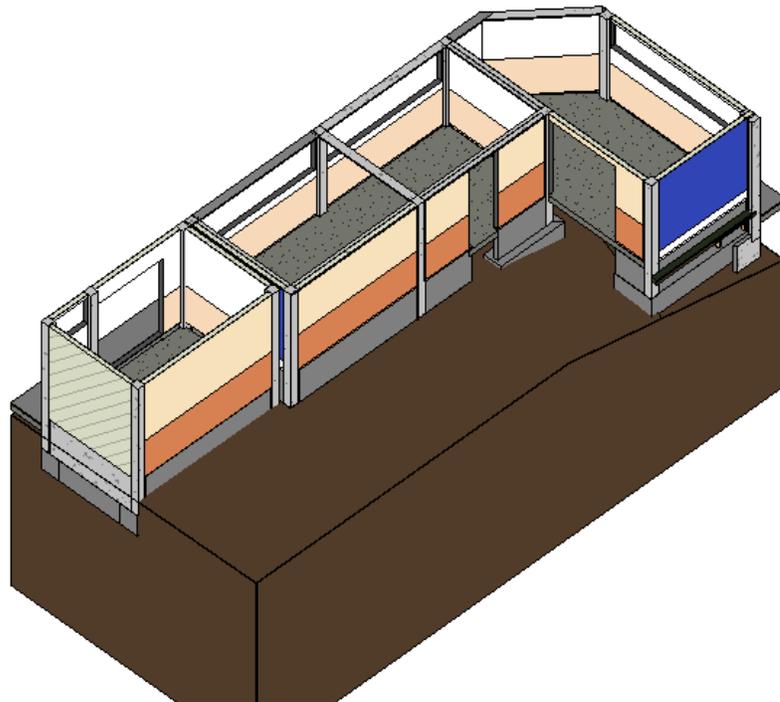


Figura IX-41: PAB F: Primer piso.

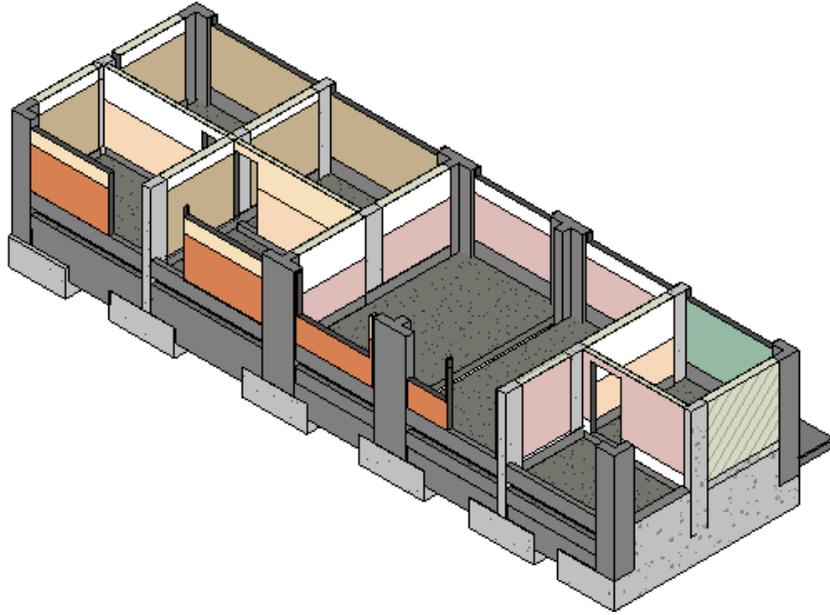


Figura IX-42: Modelado de los pabellones

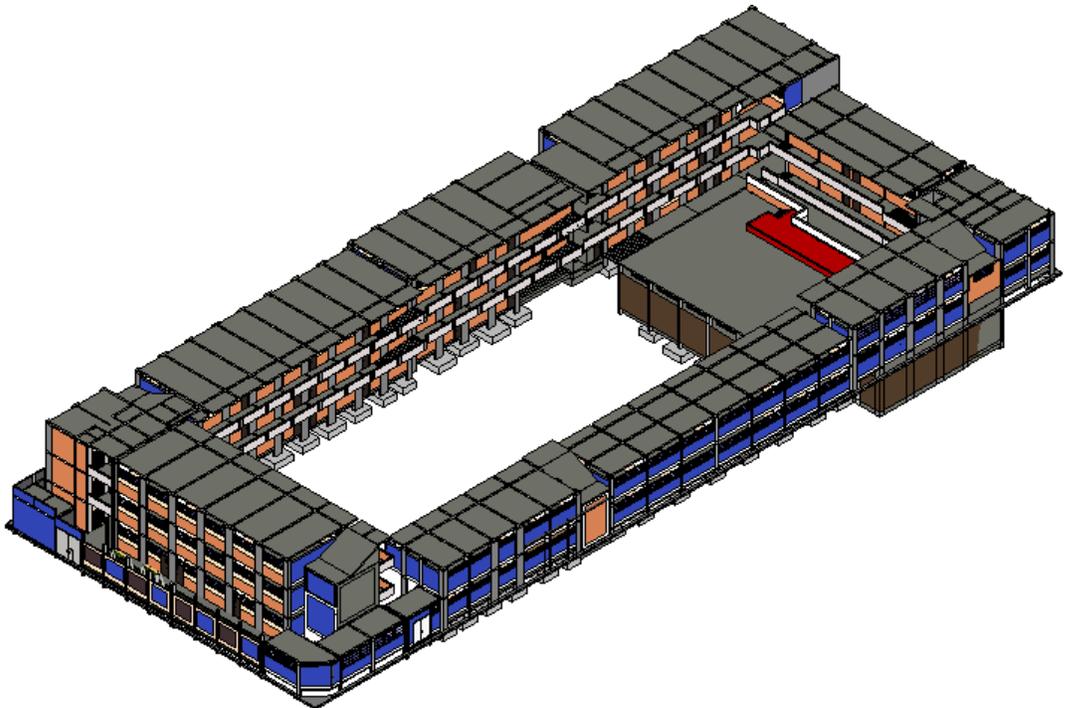


Figura IX-43: Zonas



Figura IX-44: Intersección de Rejillas

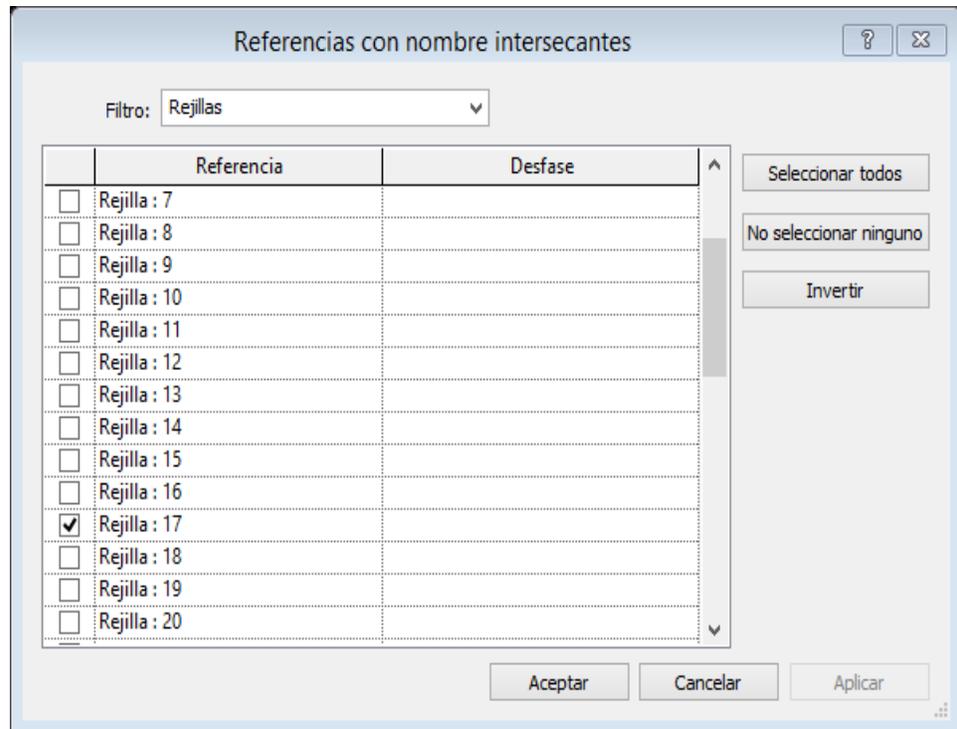


Figura IX-45: Losa deportiva intersectadas por Rejillas

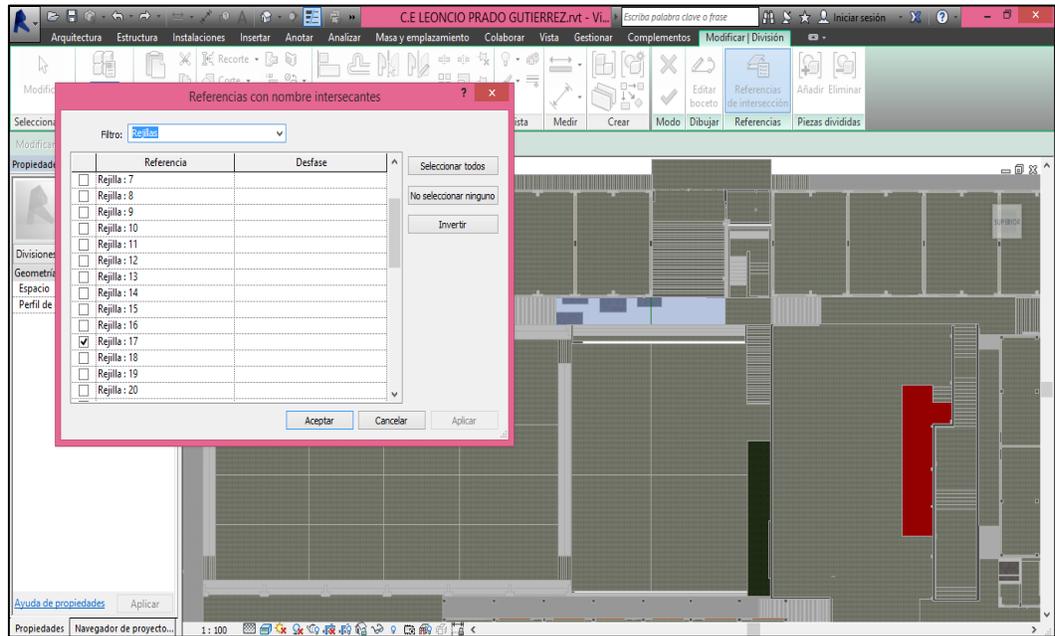


Figura IX-46: Fases: Pab. Existente (verde) , Pab Nueva Construcción (rojo)

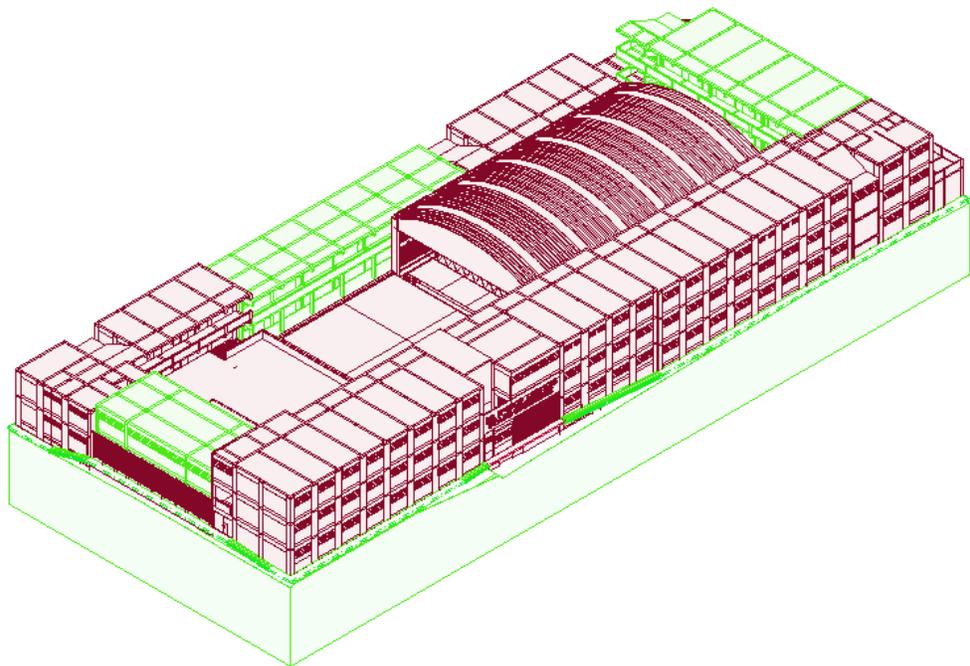
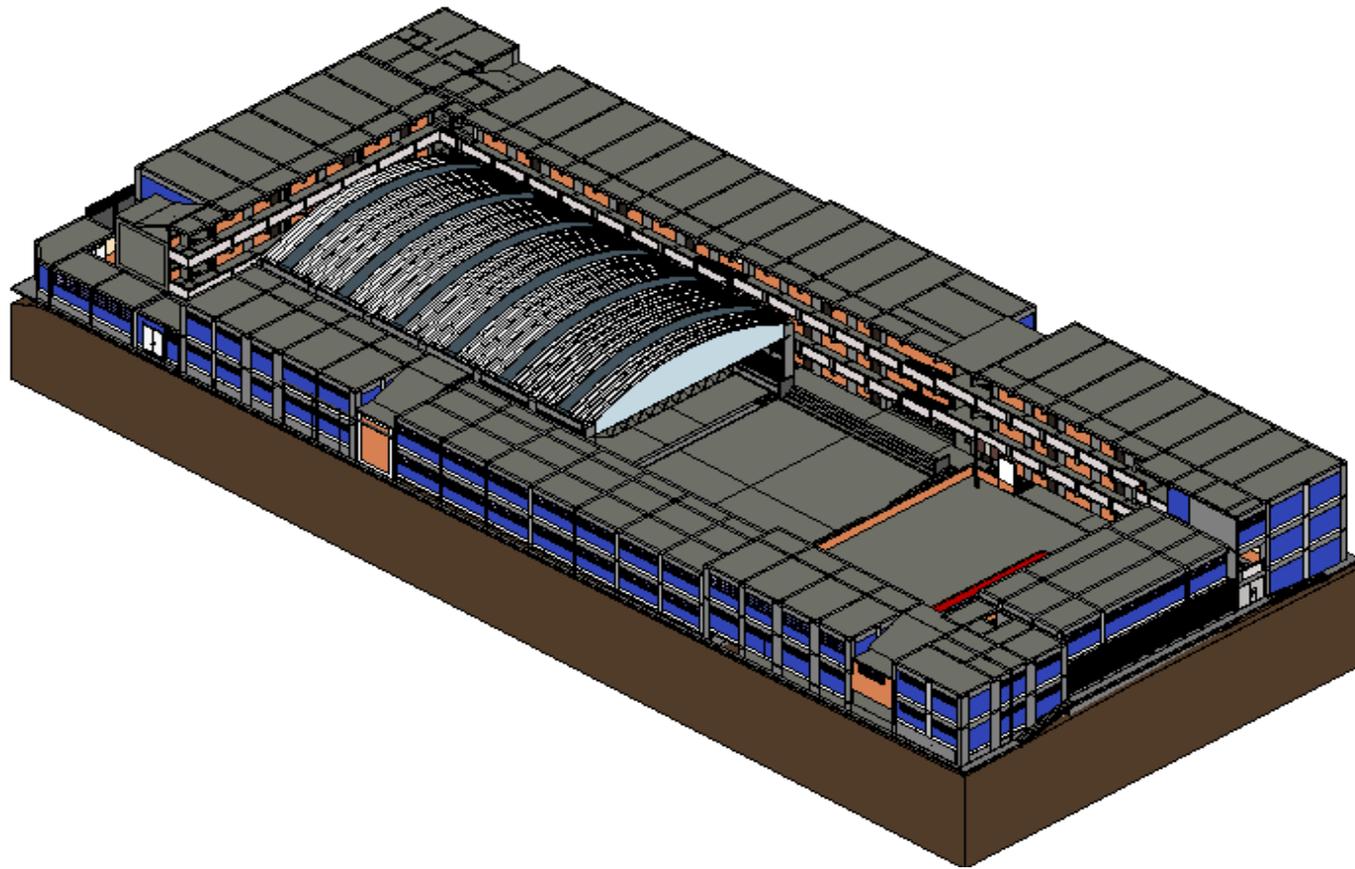


Figura IX-47: Colegio Leoncio Prado Gutierrez



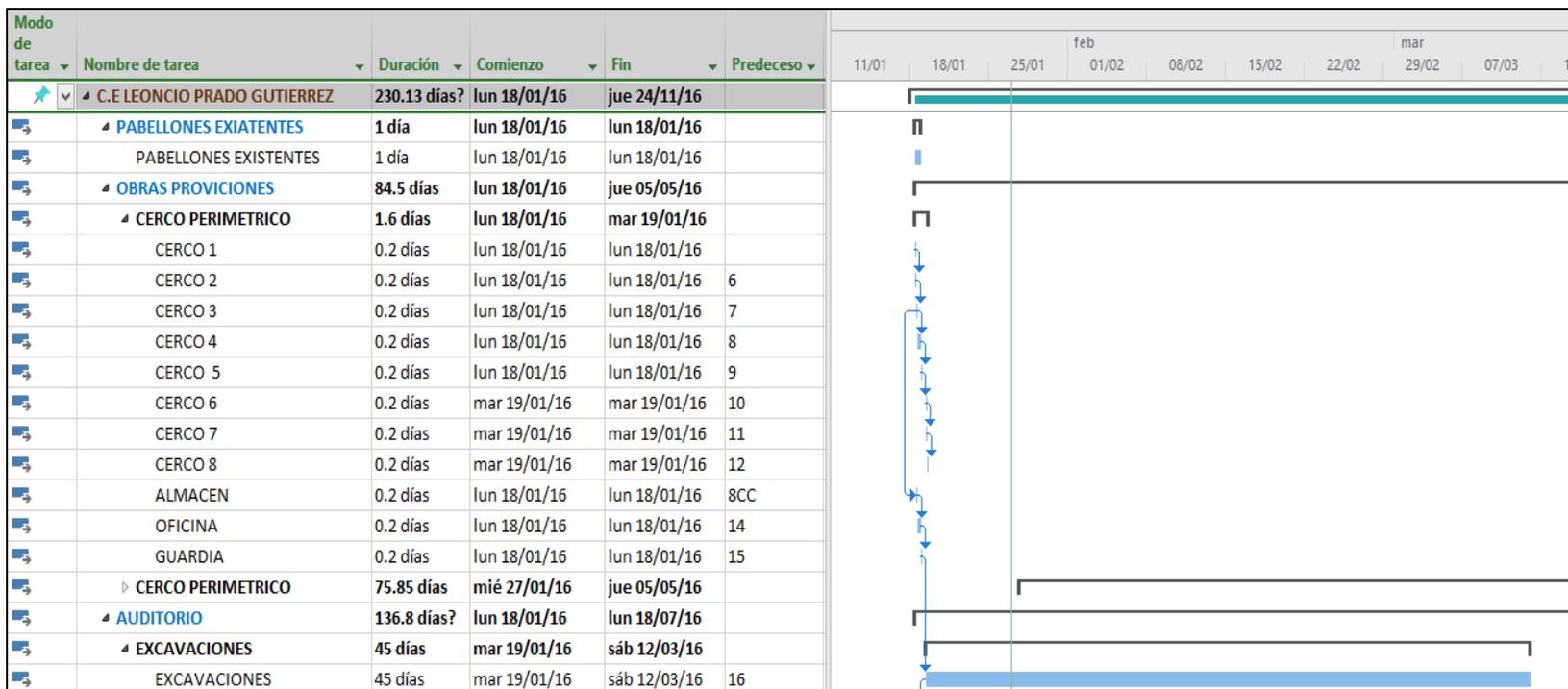
Fuente: Elaboración propia

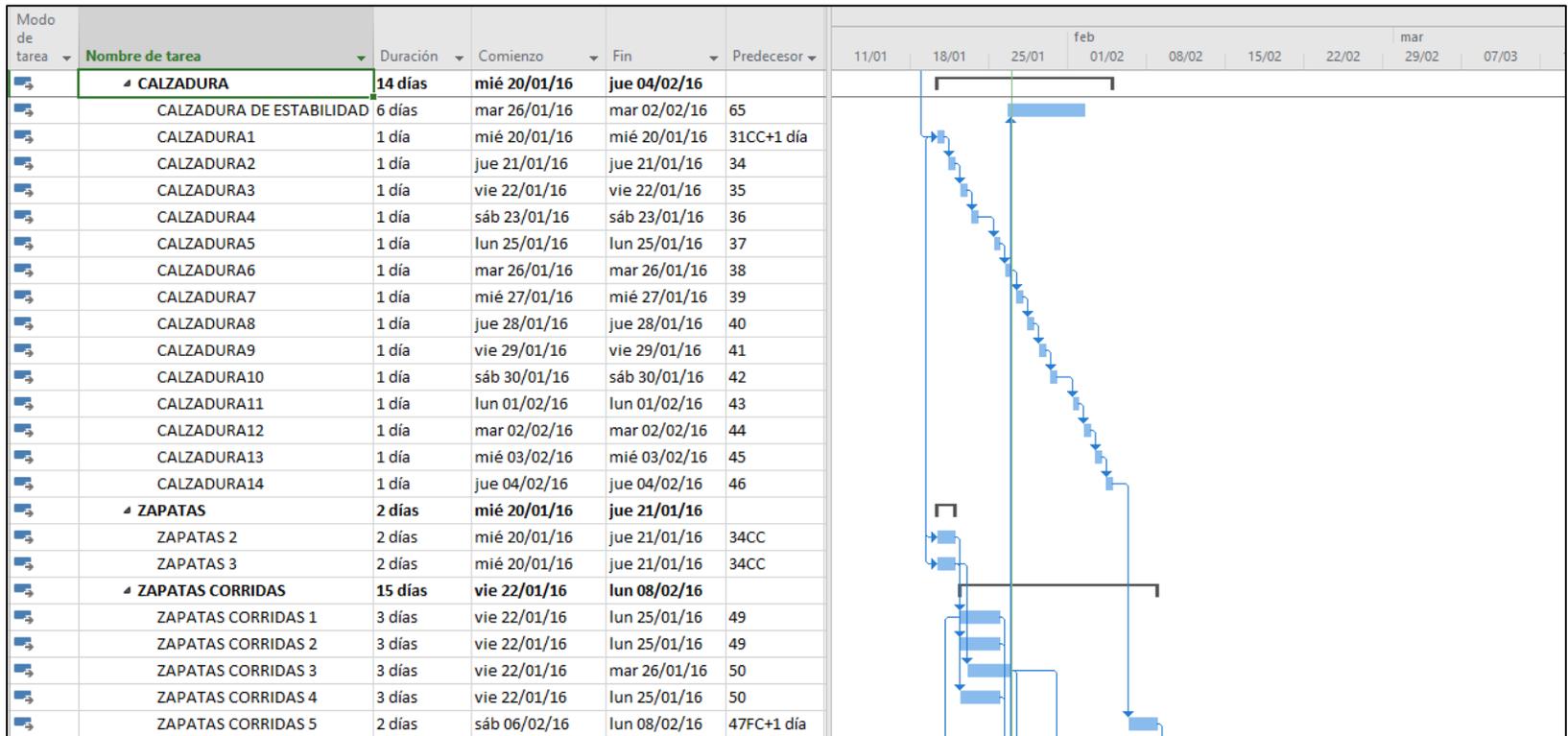
Cronograma de Actividades PAB C Blok 3

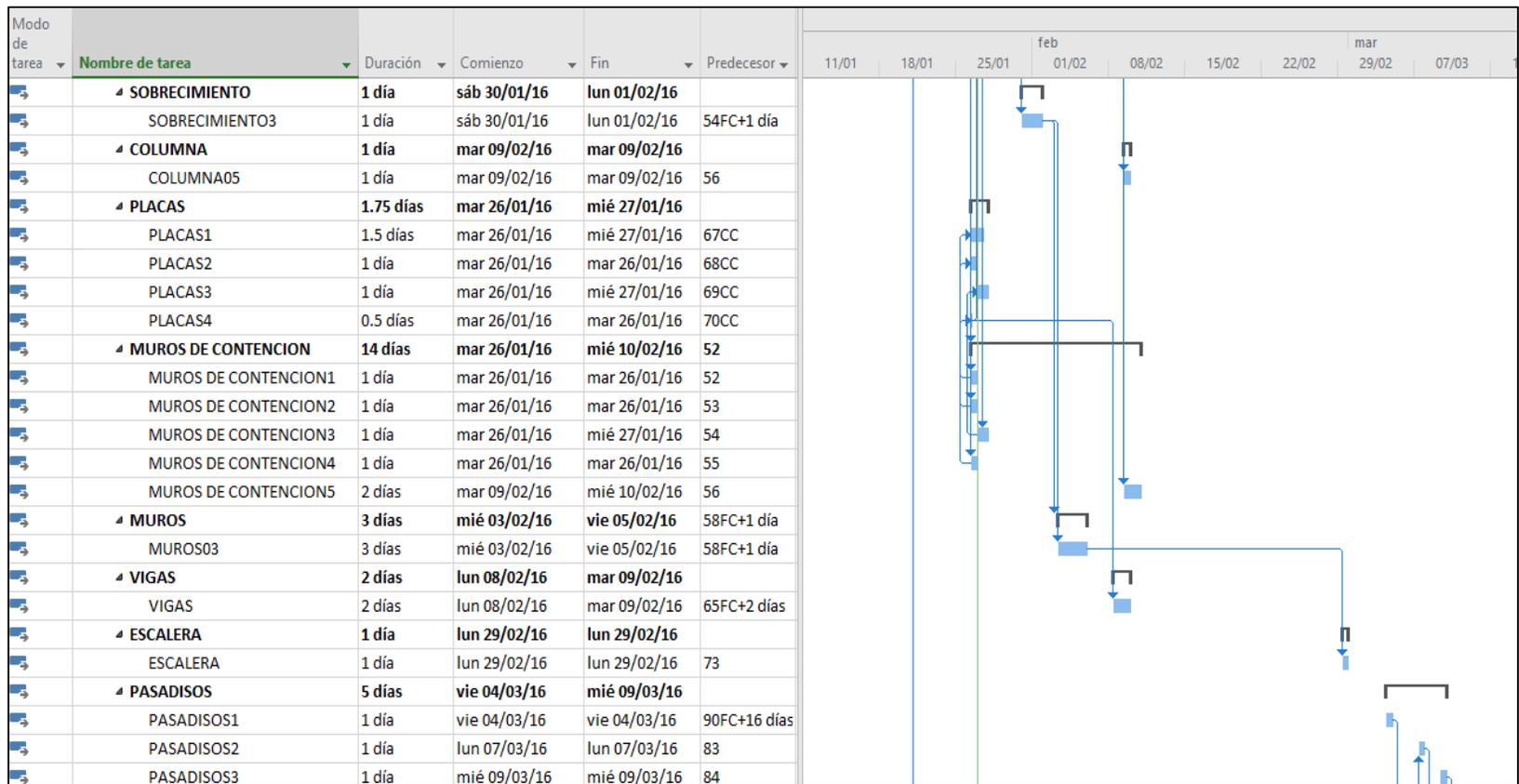
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																																							
AUDITORIO	CONCRETO (M3)	CUADRILLA	RENDIMIENTO	DIA	SEMANA9	SEMANA10	SEMANA11	SEMANA12	SEMANA13	SEMANA14	SEMANA15	SEMANA16	SEMANA17	SEMANA18																									
					4	5	6	1	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	5	6	1	2	3	4	5	6				
PAB C BLOK 3																																							
ZAPATAS	76.33	1	20	3.82																																			
CIMENTO CORRIDO	26.69	1	20	1.33																																			
VIGAS DE CIMENTACION	11.39	1	20	0.57																																			
PLACAS	10.21	1	10	1.02																																			
SOBRECIMIENTO	20.27	1	15	1.35																																			
COLUMNAS PISO 1	66.01	1	12	5.50																																			
COLUMNAS PISO 2	66.01	1	12	5.50																																			
COLUMNAS PISO 3	66.01	1	12	5.50																																			
VIGAS DE ARRIOSTRE PISO 1	0.79	1	18	0.04																																			
VIGA ARRIOSTRE PISO 2	1.88	1	18	0.10																																			
VIGA ARRIOSTRE PISO 3	1.05	1	18	0.06																																			
VIGAS PISO 1	19.72	1	20	0.99																																			
VIGA PISO 2	19.72	1	20	0.99																																			
VIGA PISO 3	20.19	1	20	1.01																																			
LOSA ALIGERADA PISO 1	25.46	1	20	1.27																																			
LOSA ALIGERADA PISO 2	26.24	1	20	1.31																																			
LOSA ALIGERADA PISO 3	26.24	1	20	1.31																																			

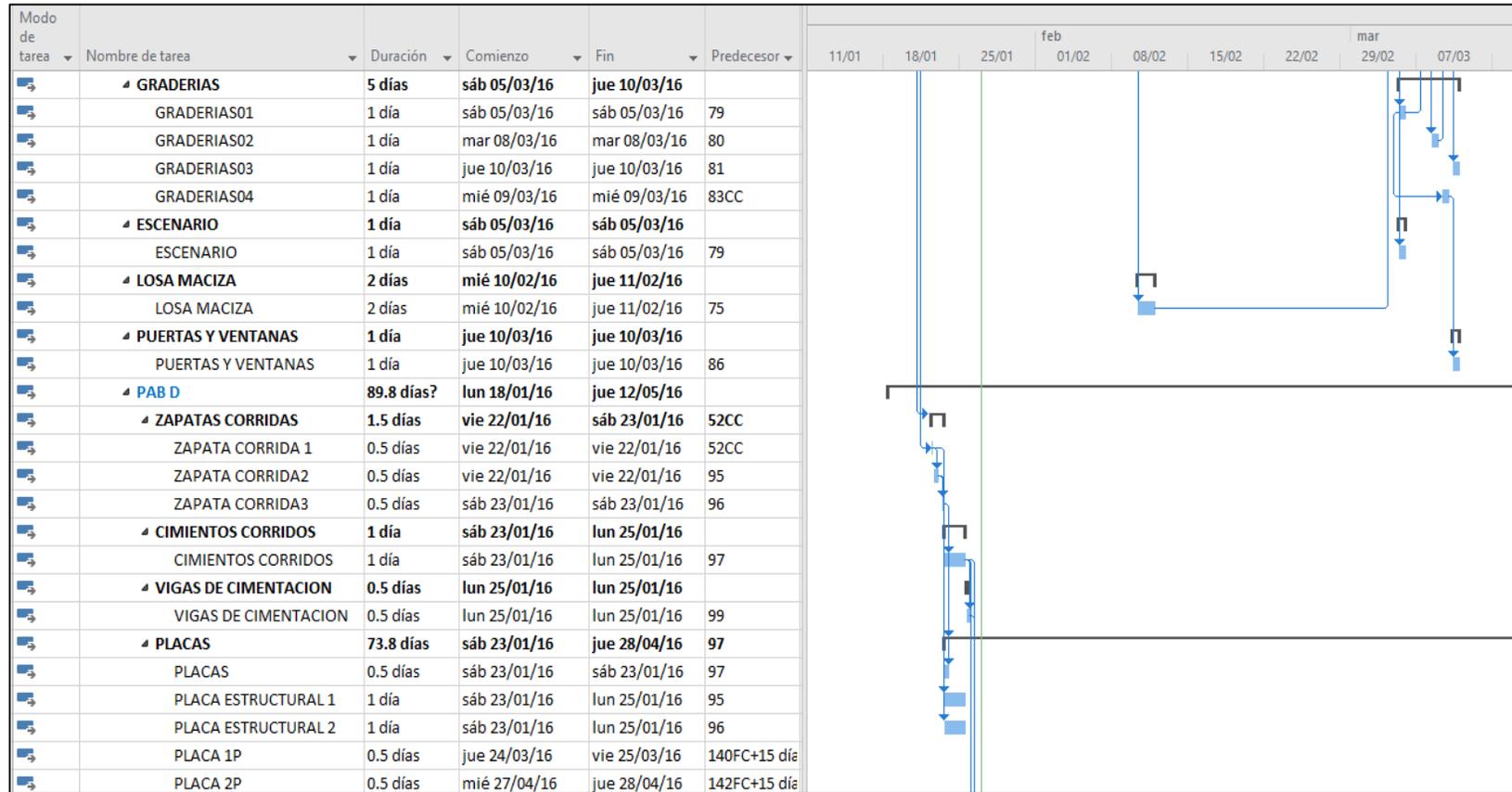
9.2.2. Programación de Obra - MS. Project

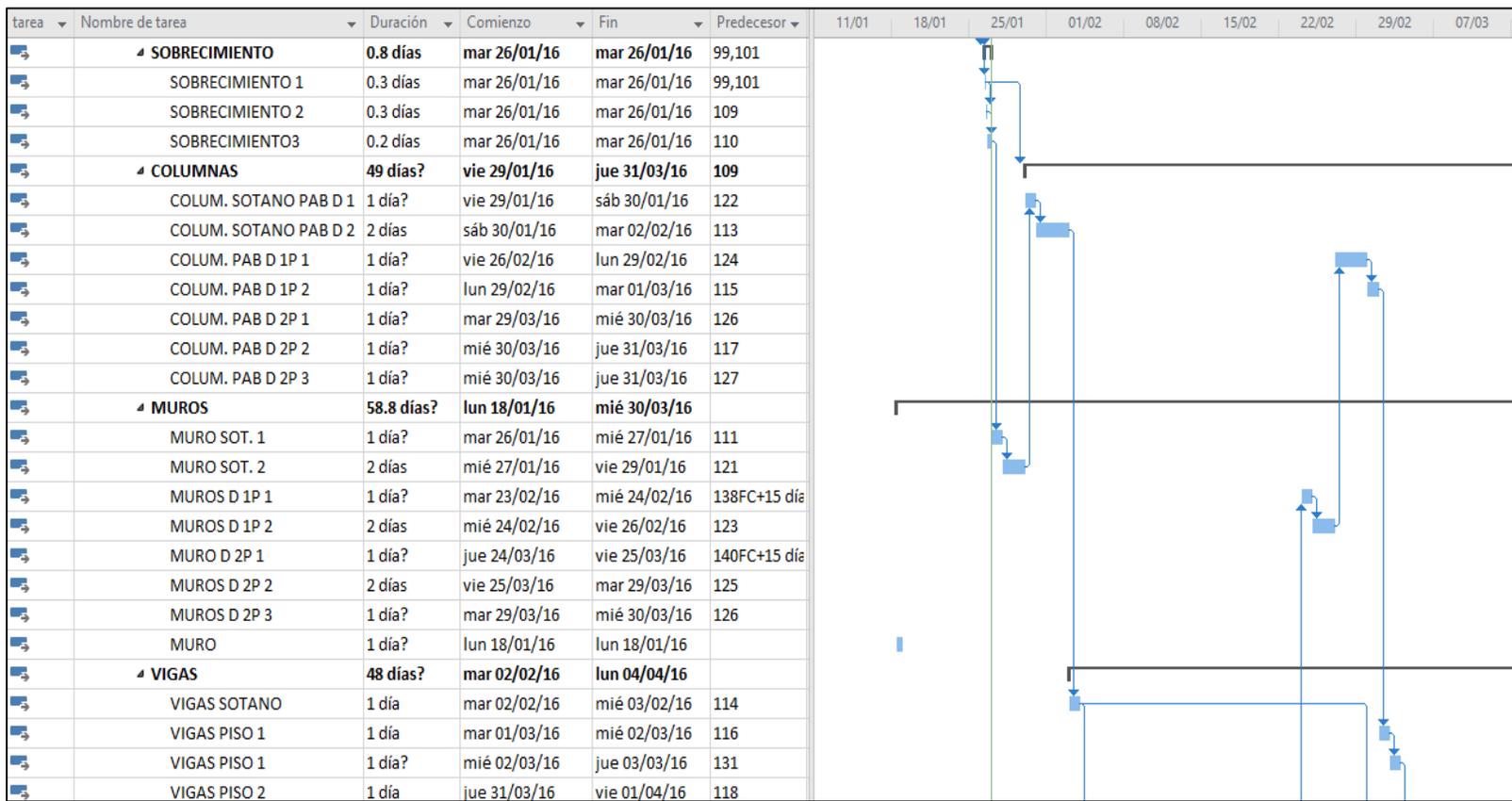
Figura IX-49: Programación de Obra

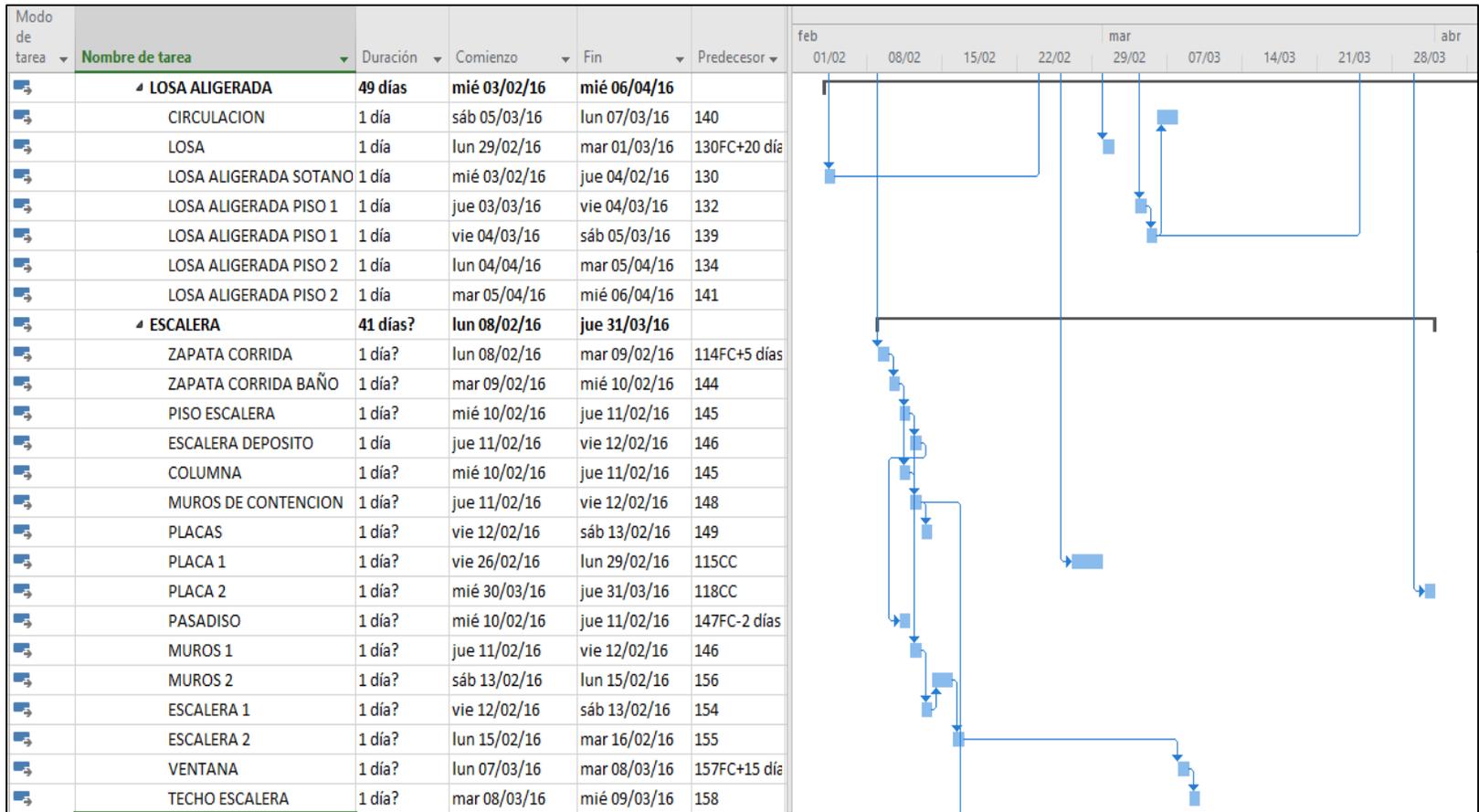


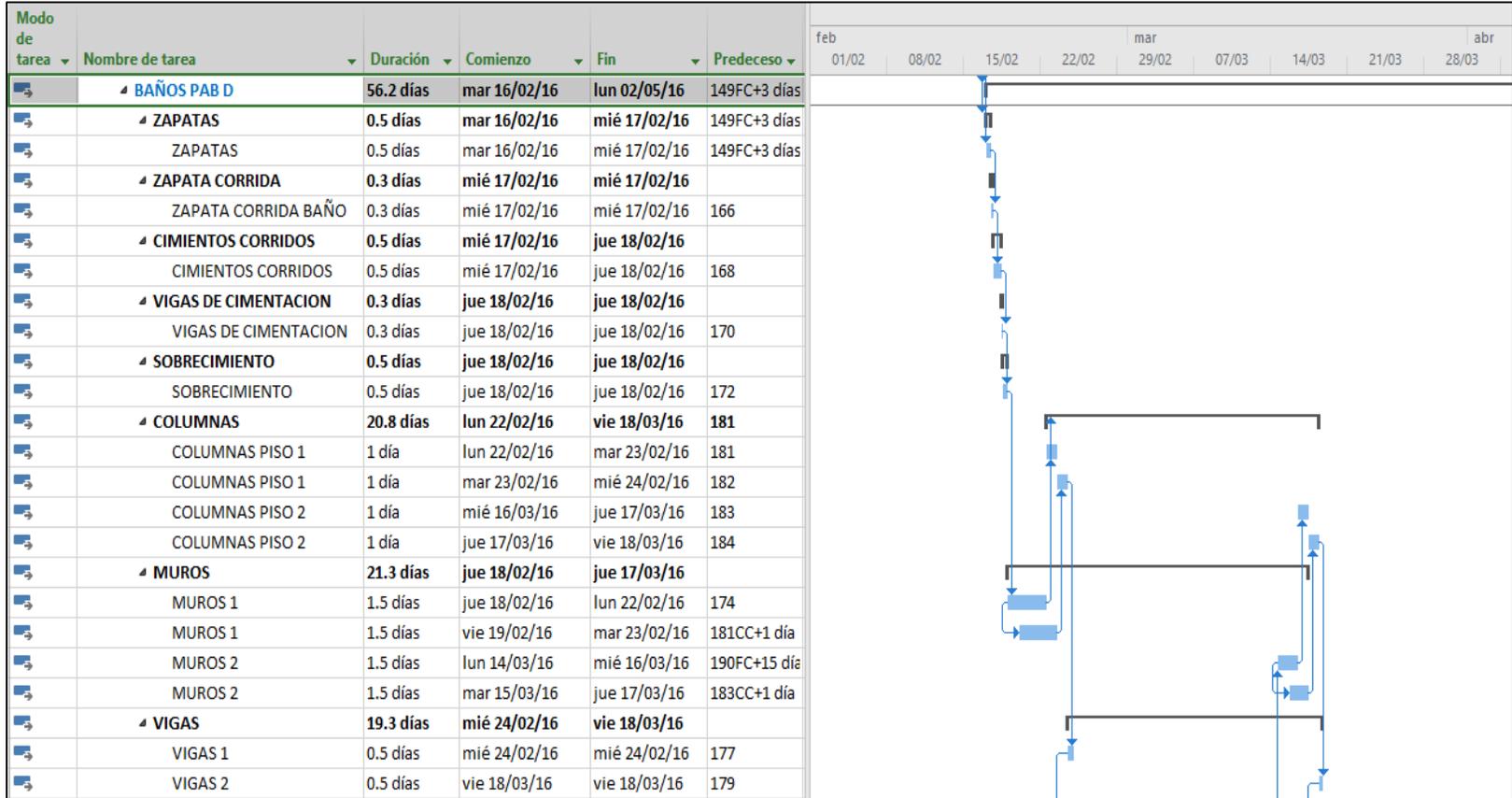




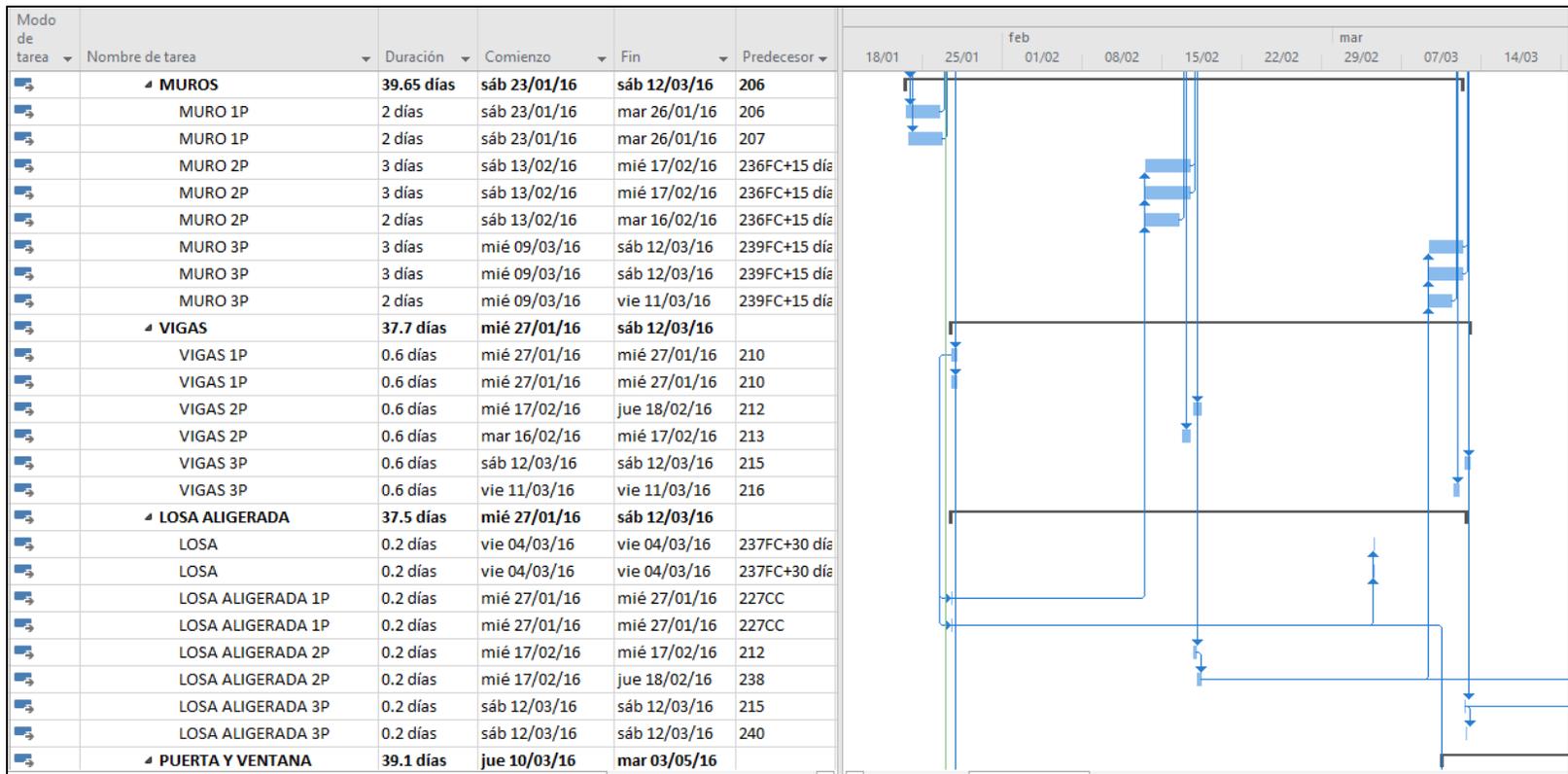


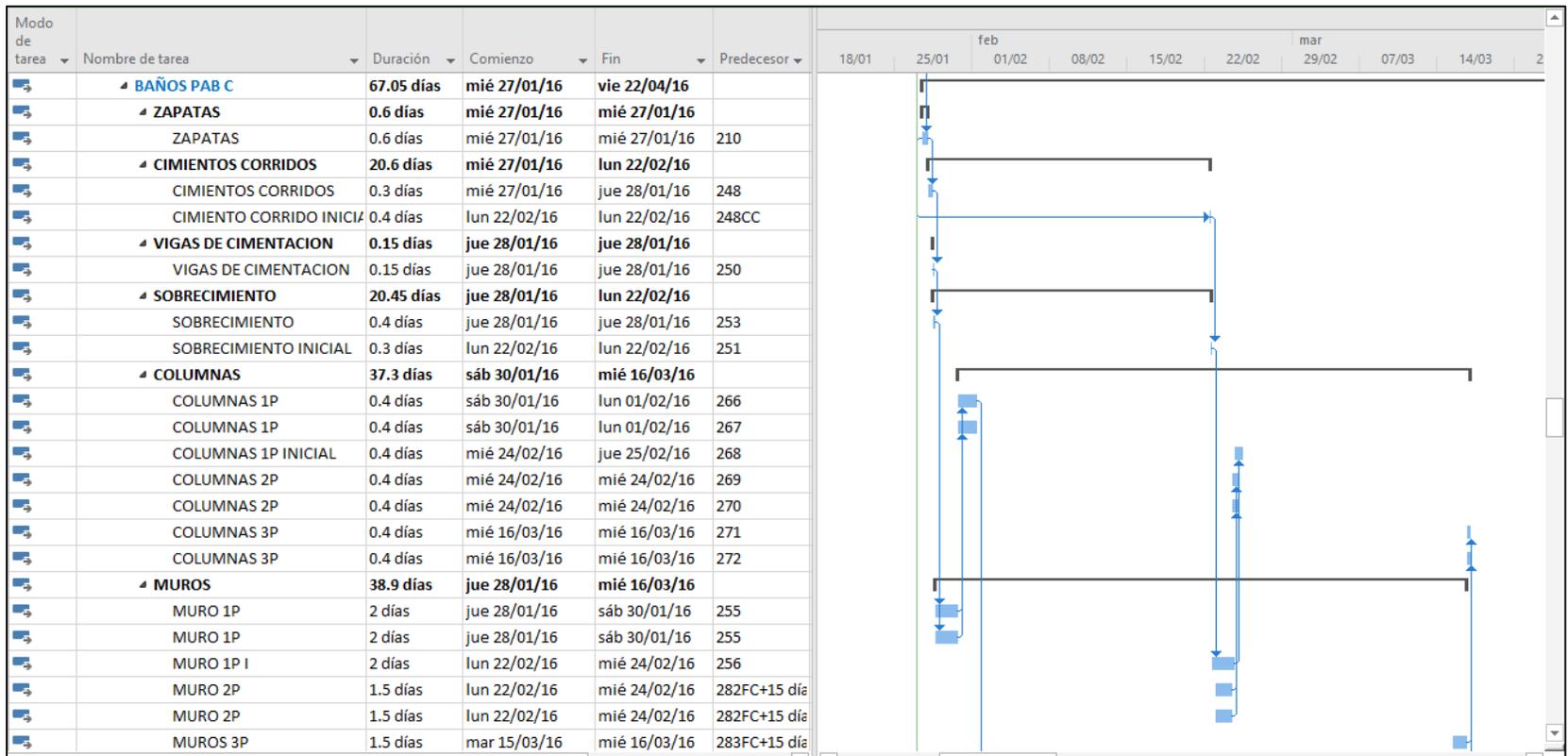


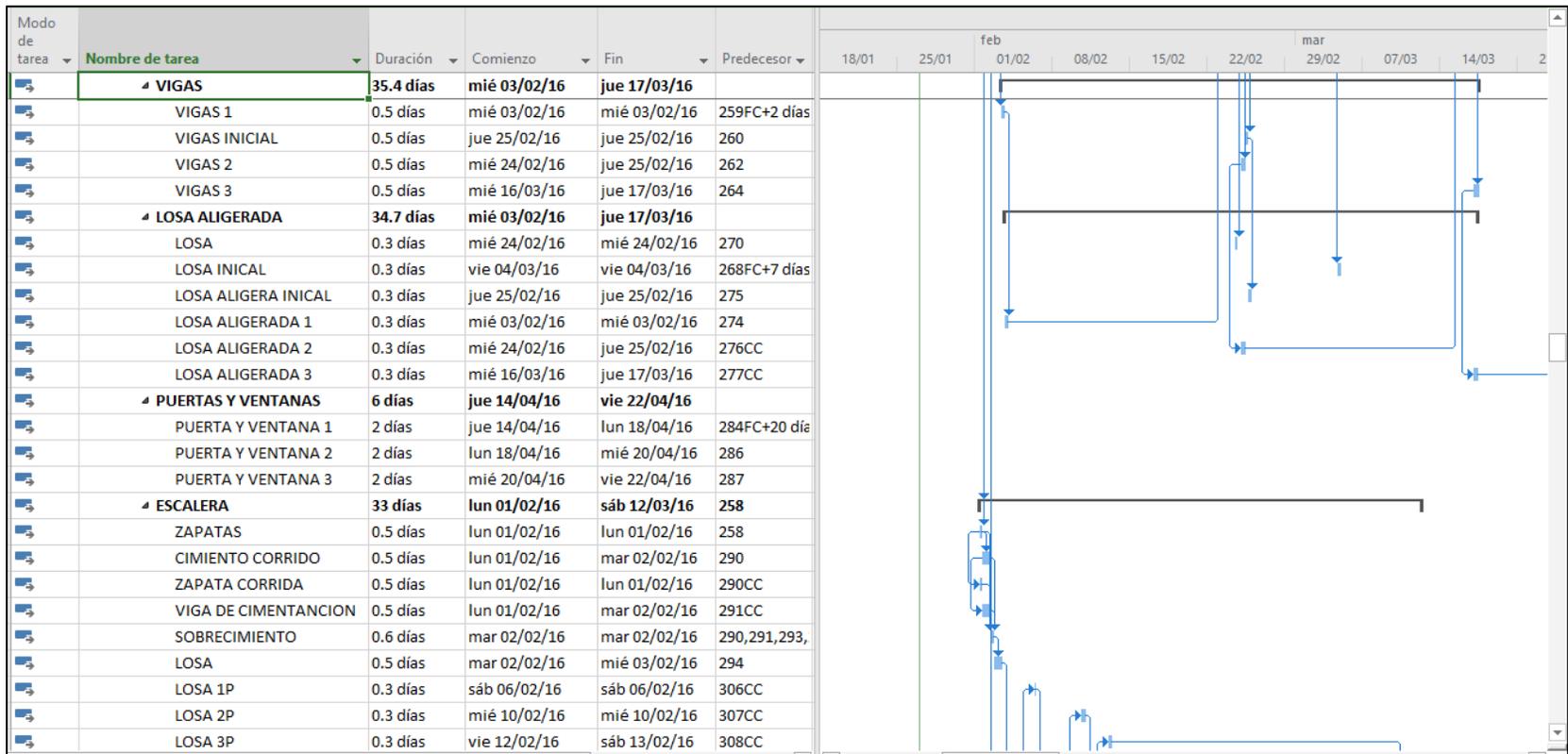


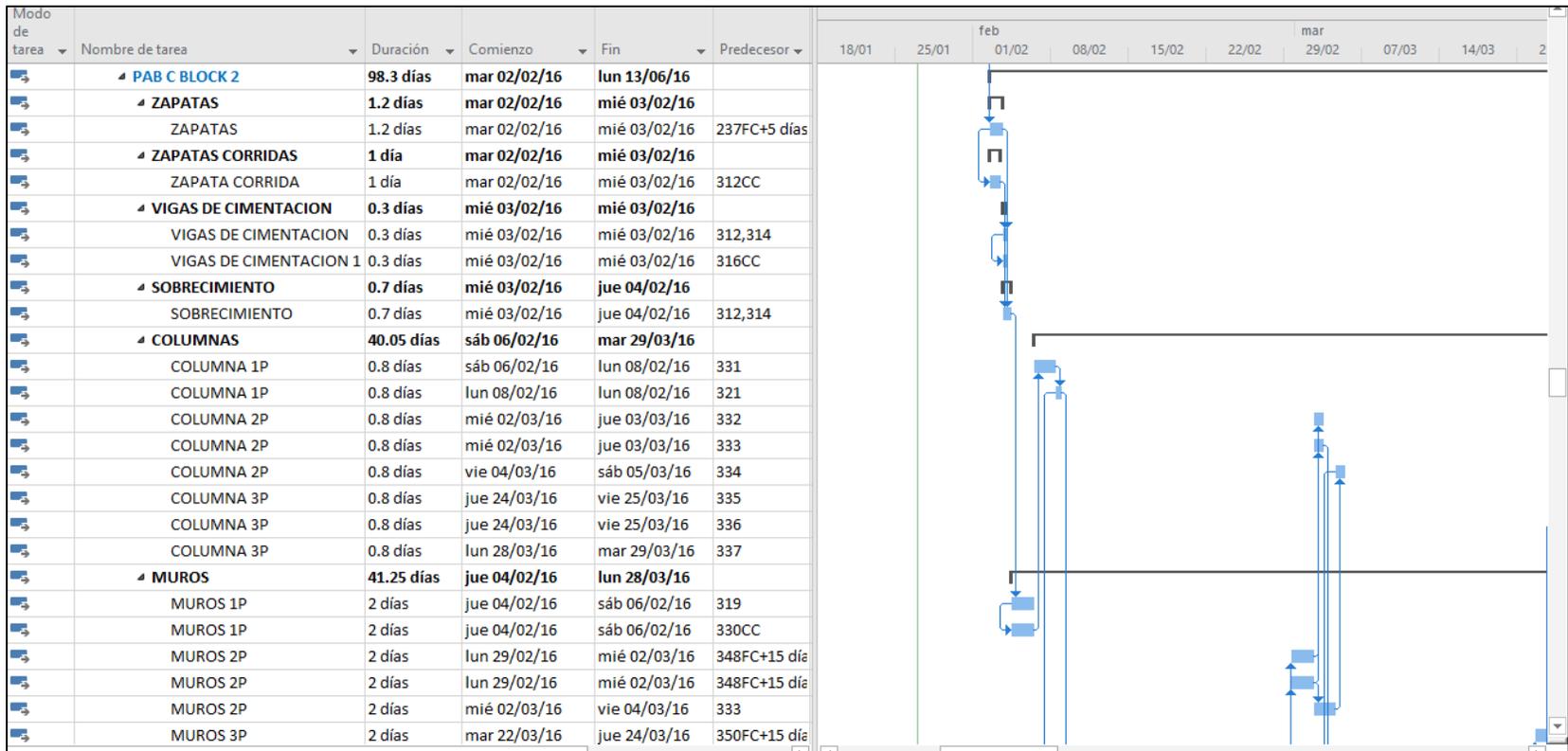


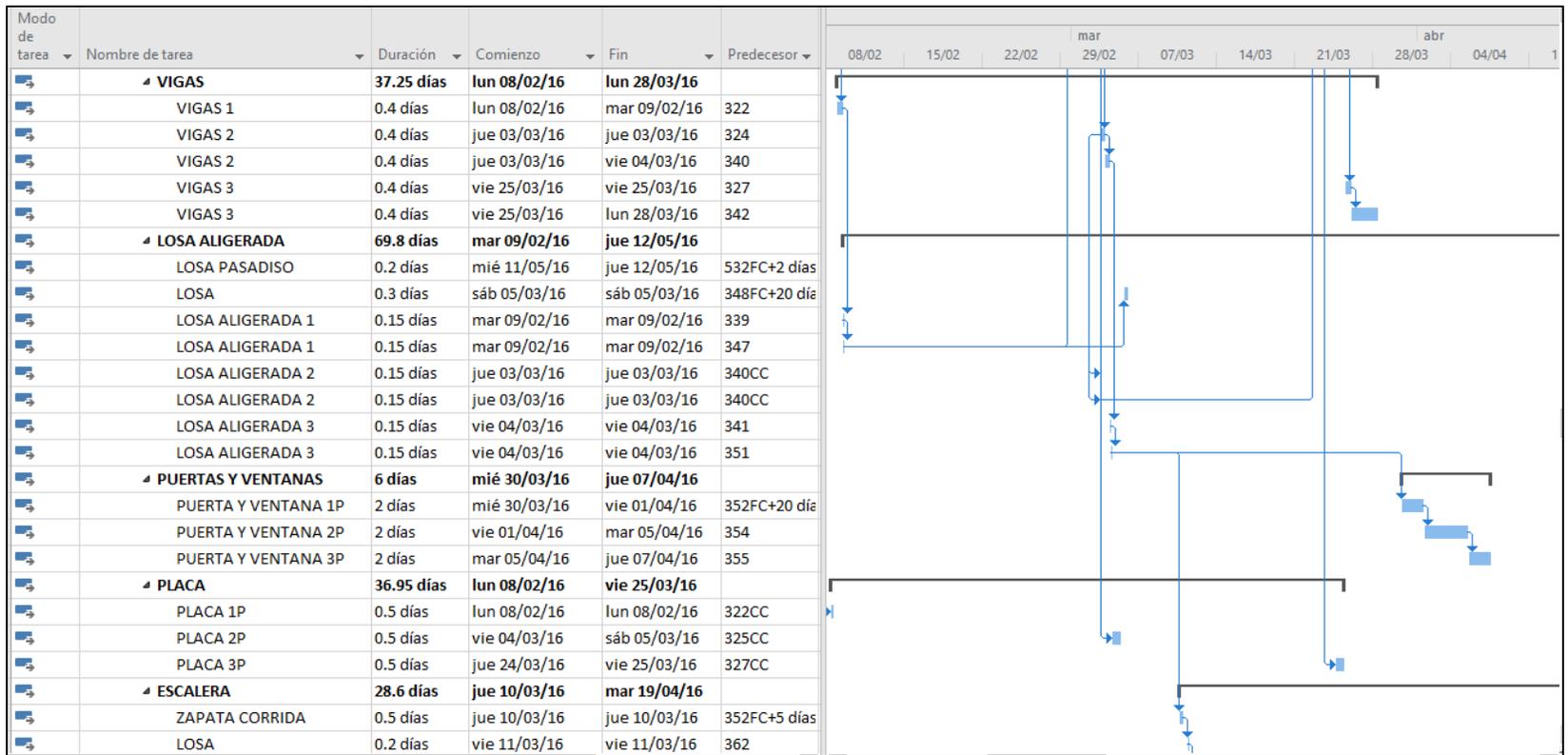
Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesor	04/01	11/01	18/01	25/01	feb 01/02	08/02	15/02	22/02	mar 29/02
	LOSA MACIZA	24.7 días	mar 16/02/16	vie 18/03/16										
	LOSA MACIZA	0.3 días	mar 16/02/16	mié 17/02/16										
	LOSA ALIGERADA 1	0.3 días	mié 24/02/16	mié 24/02/16	186CC									
	LOSA ALIGERADA 2	0.3 días	vie 18/03/16	vie 18/03/16	187CC									
	PUERTAS Y VENTANAS	20.3 días	lun 04/04/16	lun 02/05/16										
	PUERTAS Y VENTANAS 1	1.5 días	lun 04/04/16	mié 06/04/16	190FC+30 día									
	PUERTAS Y VENTANAS 2	1.5 días	vie 29/04/16	lun 02/05/16	191FC+30 día									
	PAB C BLOCK 1	80.5 días	mié 20/01/16	mar 03/05/16										
	ZAPATAS	2 días	mié 20/01/16	jue 21/01/16										
	ZAPATAS 1	1 día	mié 20/01/16	mié 20/01/16	34CC									
	ZAPATA 2	1 día	jue 21/01/16	jue 21/01/16	197									
	ZAPATA CORRIDA	0.7 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16										
	ZAPATA CORRIDA 1	0.4 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16	198									
	ZAPATA CORRIDA 2	0.3 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16	200									
	VIGAS DE CIMENTACION	0.6 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16										
	VIGAS DE CIMENTACION 1	0.3 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16	200									
	VIGAS DE CIMENTACION 2	0.3 días	vie 22/01/16	vie 22/01/16	201									
	SOBRECIMIENTO	1 día	vie 22/01/16	sáb 23/01/16										
	SOBRECIMIENTO 1	0.7 días	vie 22/01/16	sáb 23/01/16	203									
	SOBRECIMIENTO 2	0.7 días	sáb 23/01/16	sáb 23/01/16	204									
	COLUMNA	37.9 días	mar 26/01/16	sáb 12/03/16										
	COLUMNAS 1P	0.5 días	mar 26/01/16	mar 26/01/16	218									
	COLUMNAS 1P	0.5 días	mar 26/01/16	mié 27/01/16	219									
	COLUMNAS 2P	0.25 días	mié 17/02/16	mié 17/02/16	220									
	COLUMNAS 2P	0.25 días	mié 17/02/16	mié 17/02/16	221									
	COLUMNAS 2P	0.25 días	mar 16/02/16	mar 16/02/16	222									

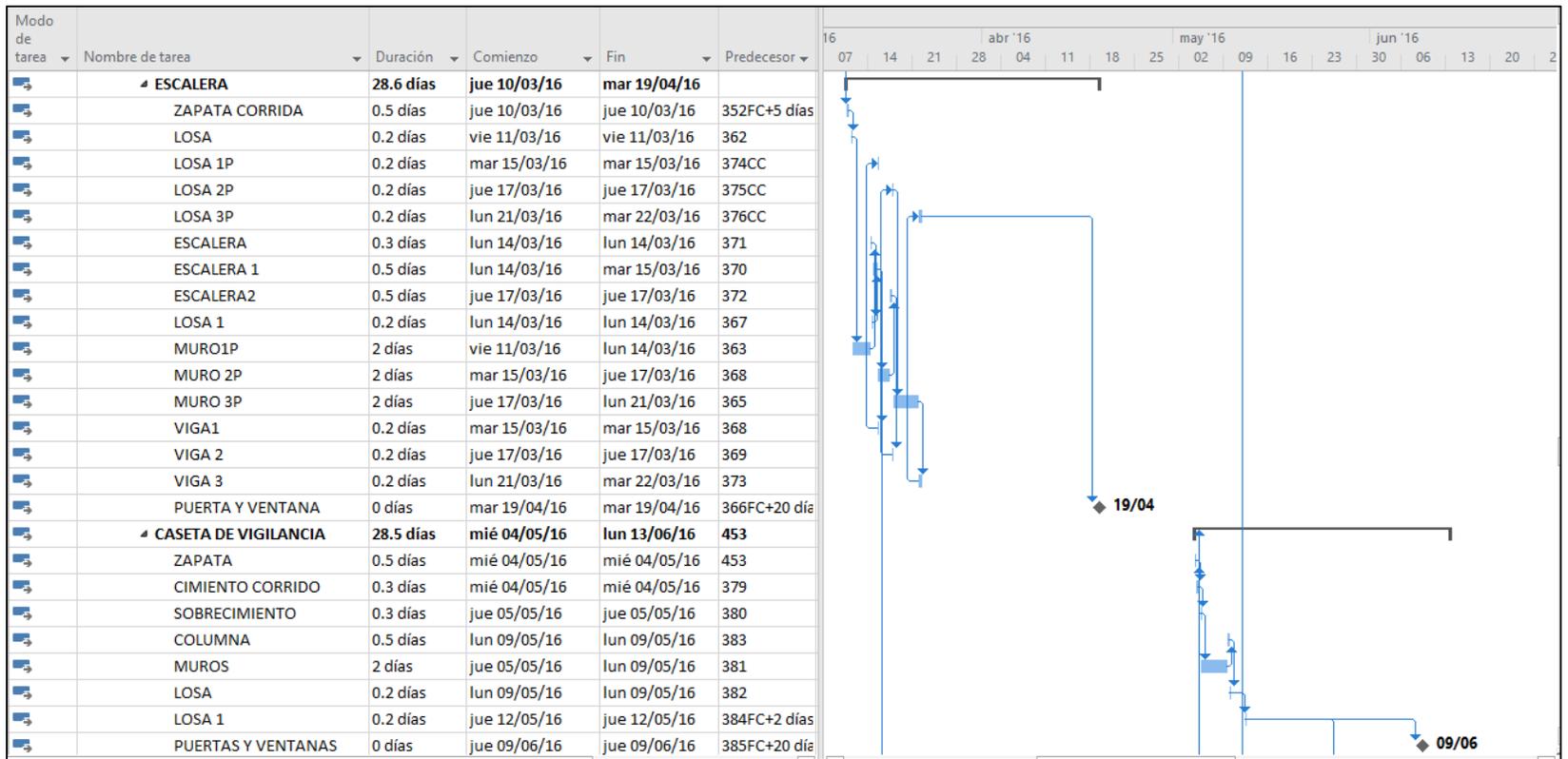


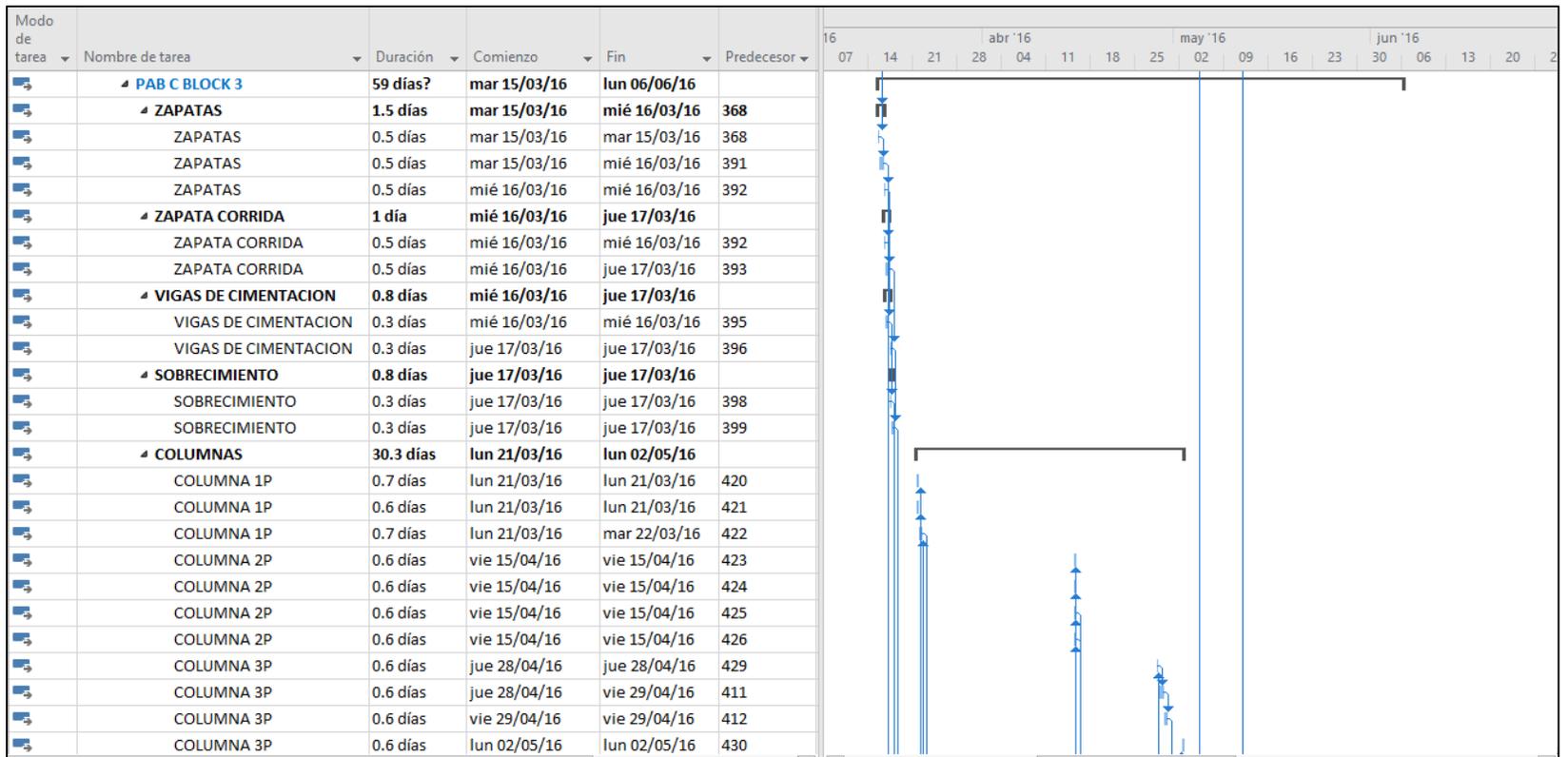


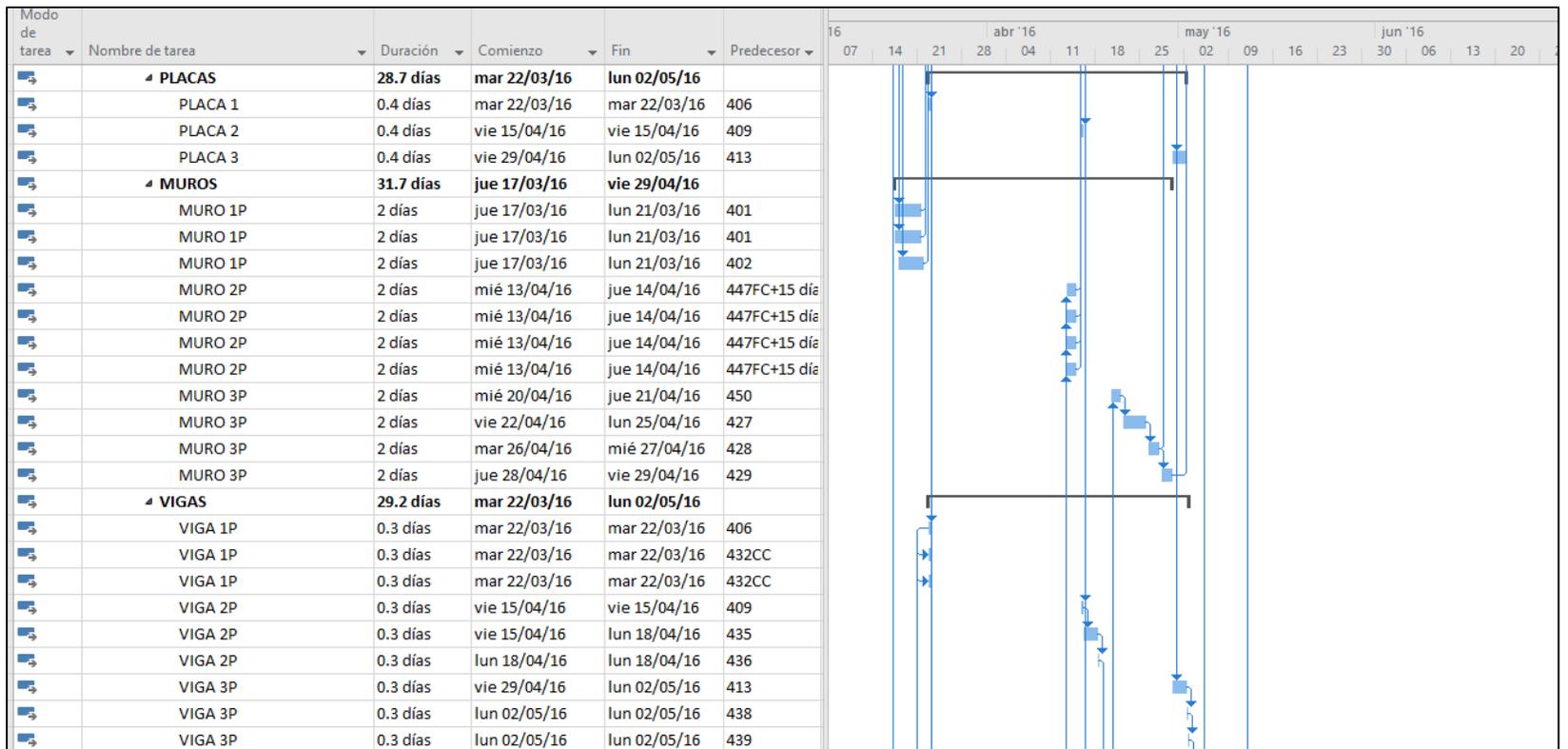




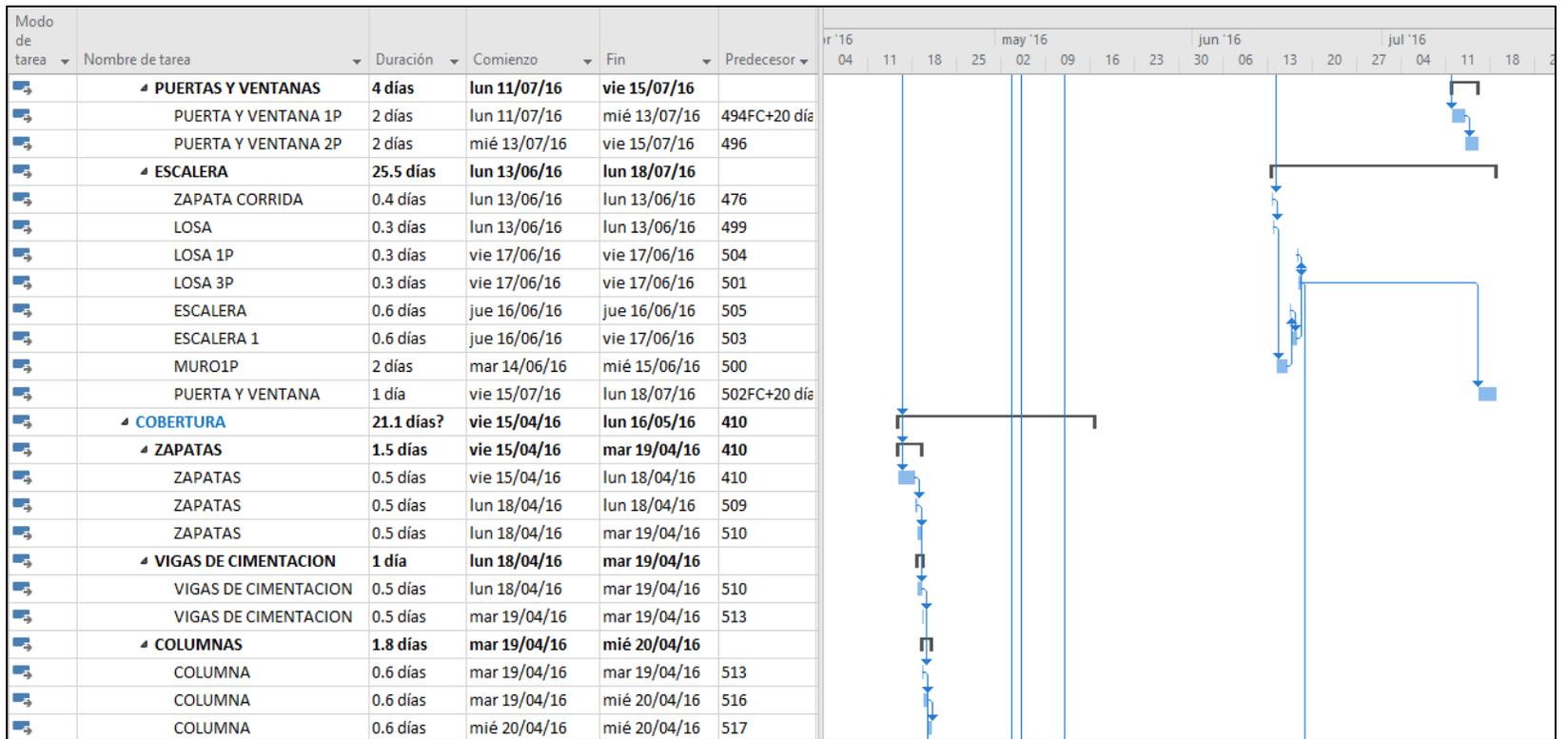


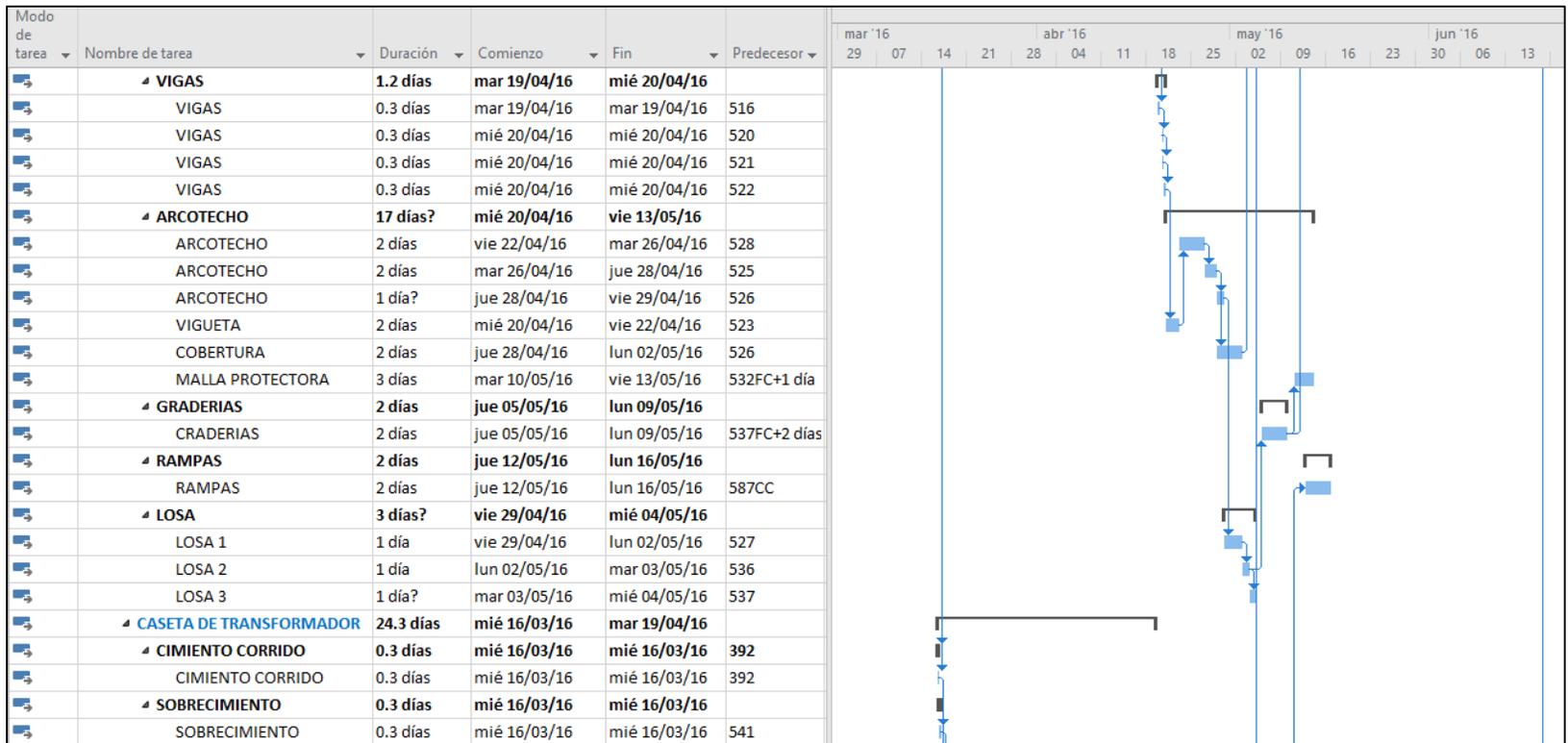




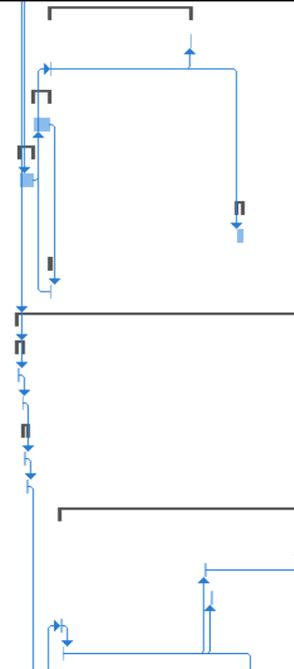


☒	▾ SOBRECIMIENTO	0.8 días	jue 05/05/16	vie 06/05/16	
☒	SOBRECIMIENTO	0.4 días	jue 05/05/16	jue 05/05/16	468
☒	SOBRECIMIENTO	0.4 días	jue 05/05/16	vie 06/05/16	470
☒	▾ COLUMNAS	22 días	jue 12/05/16	lun 13/06/16	
☒	COLUMNA 1P	0.6 días	jue 12/05/16	jue 12/05/16	479
☒	COLUMNA 1P	0.6 días	jue 12/05/16	vie 13/05/16	473
☒	COLUMNA 2P	0.6 días	vie 10/06/16	vie 10/06/16	481
☒	COLUMNA 2P	0.6 días	vie 10/06/16	lun 13/06/16	475
☒	▾ MUROS	24.8 días	vie 06/05/16	vie 10/06/16	
☒	MURO 1P	2 días	vie 06/05/16	mar 10/05/16	471
☒	MURO 1P	2 días	mar 10/05/16	jue 12/05/16	478
☒	MURO 2P	2 días	lun 06/06/16	mié 08/06/16	492FC+15 días
☒	MURO 2P	2 días	mié 08/06/16	vie 10/06/16	480
☒	▾ VIGAS	21.4 días	vie 13/05/16	lun 13/06/16	
☒	VIGA 1P	0.3 días	vie 13/05/16	vie 13/05/16	474
☒	VIGA 1P	0.3 días	vie 13/05/16	lun 16/05/16	483
☒	VIGA 2P	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	476
☒	VIGA 2P	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	485
☒	▾ LOSA ALIGERADA	23.7 días	vie 13/05/16	jue 16/06/16	
☒	LOSA CIRCULACION	0.3 días	mié 15/06/16	jue 16/06/16	494FC+2 días
☒	LOSA	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	492FC+20 días
☒	LOSA	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	489
☒	LOSA ALIGERADA 1P	0.3 días	vie 13/05/16	vie 13/05/16	483CC
☒	LOSA ALIGERADA 1P	0.3 días	vie 13/05/16	lun 16/05/16	491
☒	LOSA ALIGERADA 2P	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	485CC
☒	LOSA ALIGERADA 2P	0.3 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16	493





➔	▸ LOSA	15.4 días	lun 21/03/16	lun 11/04/16	
➔	LOSA	0.2 días	lun 11/04/16	lun 11/04/16	546FC+15 día
➔	LOSA ALIGERADA	0.2 días	lun 21/03/16	lun 21/03/16	554CC
➔	▸ COLUMNAS	0.5 días	vie 18/03/16	lun 21/03/16	
➔	COLUMNA	0.5 días	vie 18/03/16	lun 21/03/16	550
➔	▸ MUROS	2 días	mié 16/03/16	vie 18/03/16	
➔	MURO	2 días	mié 16/03/16	vie 18/03/16	543
➔	▸ PUERTAS Y VENTANAS	1 día	lun 18/04/16	mar 19/04/16	
➔	PUERTA Y VENTANA	1 día	lun 18/04/16	mar 19/04/16	546FC+20 día
➔	▸ VIGA	0.3 días	lun 21/03/16	lun 21/03/16	
➔	VIGA	0.3 días	lun 21/03/16	lun 21/03/16	548
➔	▸ PAB A COMEDOR	30.6 días	mié 16/03/16	jue 28/04/16	541
➔	▸ CIMIENTO CORRIDO	1 día	mié 16/03/16	jue 17/03/16	541
➔	CIMIENTO CORRIDO	0.5 días	mié 16/03/16	mié 16/03/16	541
➔	CIMIENTO CORRIDO	0.5 días	jue 17/03/16	jue 17/03/16	557
➔	▸ SOBRECIMIENTO	0.6 días	jue 17/03/16	vie 18/03/16	
➔	SOBRECIMIENTO	0.3 días	jue 17/03/16	jue 17/03/16	558
➔	SOBRECIMIENTO	0.3 días	jue 17/03/16	vie 18/03/16	560
➔	▸ LOSA	26.2 días	mar 22/03/16	jue 28/04/16	
➔	LOSA CIRCULACION	0.3 días	mié 27/04/16	jue 28/04/16	564FC+10 día
➔	LOSA	0.3 días	mié 13/04/16	mié 13/04/16	567FC+15 día
➔	LOSA	0.3 días	jue 14/04/16	jue 14/04/16	567FC+16 día
➔	LOSA ALIGERADA	0.3 días	mar 22/03/16	mié 23/03/16	578CC
➔	LOSA ALIGERADA	0.3 días	mié 23/03/16	mié 23/03/16	566

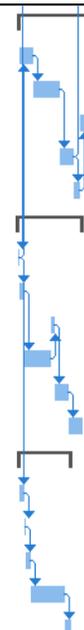


→	▾ COLUMNAS	0.8 días	mar 22/03/16	mar 22/03/16	
→	COLUMNA	0.4 días	mar 22/03/16	mar 22/03/16	572
→	COLUMNA	0.4 días	mar 22/03/16	mar 22/03/16	569
→	▾ MUROS	4 días	vie 18/03/16	jue 24/03/16	
→	MURO	2 días	vie 18/03/16	mar 22/03/16	561
→	MURO	2 días	mar 22/03/16	jue 24/03/16	572
→	▾ PUERTAS Y VENTANAS	2 días	mié 20/04/16	vie 22/04/16	
→	PUERTA Y VENTANA	1 día	mié 20/04/16	jue 21/04/16	567FC+20 día
→	PUERTA Y VENTANA	1 día	jue 21/04/16	vie 22/04/16	575
→	▾ VIGA	0.6 días	mar 22/03/16	mié 23/03/16	
→	VIGA	0.3 días	mar 22/03/16	mié 23/03/16	570
→	VIGA	0.3 días	mié 23/03/16	mié 23/03/16	578
→	▾ ESTRADO	3.6 días	vie 17/06/16	jue 23/06/16	
→	MURO	1 día	vie 17/06/16	lun 20/06/16	502
→	LOSA	0.3 días	lun 20/06/16	mar 21/06/16	581
→	ESCALONES	0.3 días	mar 21/06/16	mar 21/06/16	582
→	ACERO	1 día	mar 21/06/16	mié 22/06/16	583
→	COBERTURA	1 día	mié 22/06/16	jue 23/06/16	584
→	▾ RAMPAS	5 días	jue 12/05/16	jue 19/05/16	
→	RAMPA 1P	2 días	jue 12/05/16	lun 16/05/16	594
→	RAMPA 2P	2 días	lun 16/05/16	mié 18/05/16	587
→	RAMPA 3P	1 día	mié 18/05/16	jue 19/05/16	588

The diagram illustrates the vertical construction sequence for various elements. It features several vertical lines representing different components. Blue arrows indicate the direction of construction or the timing of activities. Key elements include:

- A vertical line on the left with a bracketed section at the top, showing a sequence of activities with arrows pointing downwards.
- A vertical line in the middle with a bracketed section at the top, showing a sequence of activities with arrows pointing downwards.
- A vertical line on the right with a bracketed section at the top, showing a sequence of activities with arrows pointing downwards.
- A vertical line on the far right with a bracketed section at the top, showing a sequence of activities with arrows pointing downwards.

↳	▾ PATIO SECUNDARIO	8 días	mié 04/05/16	lun 16/05/16	
↳	LOSA	2 días	mié 04/05/16	vie 06/05/16	597
↳	LOSA	2 días	vie 06/05/16	mar 10/05/16	591
↳	AREA VERDE	1 día	vie 13/05/16	lun 16/05/16	595
↳	GRADERIA	2 días	mar 10/05/16	jue 12/05/16	592
↳	MURO	1 día	jue 12/05/16	vie 13/05/16	594
↳	▾ CERCO PERIMETRICO PAB A	7.6 días	mié 04/05/16	vie 13/05/16	
↳	CIMIENTO CORRIDO	0.5 días	mié 04/05/16	mié 04/05/16	453
↳	SOBRECIMIENTO	0.5 días	mié 04/05/16	jue 05/05/16	597
↳	COLUMNA	0.6 días	lun 09/05/16	lun 09/05/16	600
↳	MUROS	2 días	jue 05/05/16	lun 09/05/16	598
↳	PROTECTORES	2 días	lun 09/05/16	mié 11/05/16	599
↳	SUELO DE JUEGO	2 días	mié 11/05/16	vie 13/05/16	601
↳	▾ CERCO PERIMETRICO PAB E	5.4 días	mié 04/05/16	jue 12/05/16	
↳	CIMIENTO CORRIDO	0.5 días	mié 04/05/16	jue 05/05/16	597
↳	SOBRECIMIENTO	0.3 días	jue 05/05/16	jue 05/05/16	604
↳	COLUMNA	0.6 días	jue 05/05/16	vie 06/05/16	605
↳	PROTECTORES	3 días	vie 06/05/16	mié 11/05/16	606
↳	SUELO	1 día	mié 11/05/16	jue 12/05/16	607



Fuente: Elaboración propia

9.3. ANEXO N° 3: Detección de Conflictos

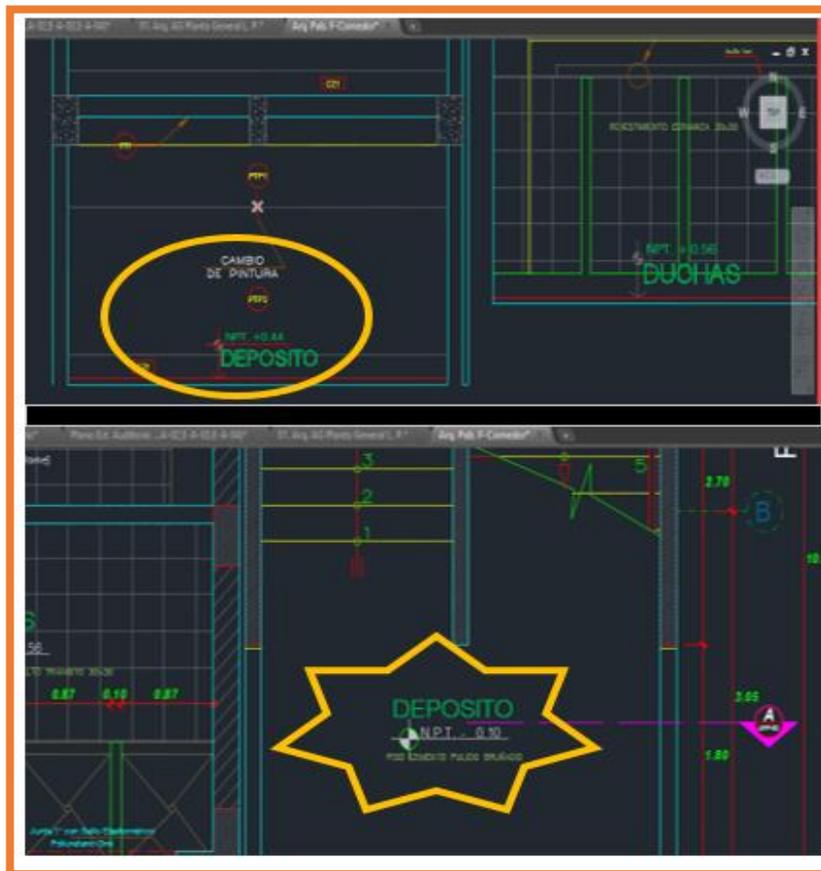
9.3.1. Detección de Incompatibilidades e Interferencias con el Método Tradicional

A. Detección de Incompatibilidades:

- En los planos de Arquitectura:

En la Figura IX-1 se puede apreciar una incompatibilidad en los niveles de los planos con al nivel de piso terminado.

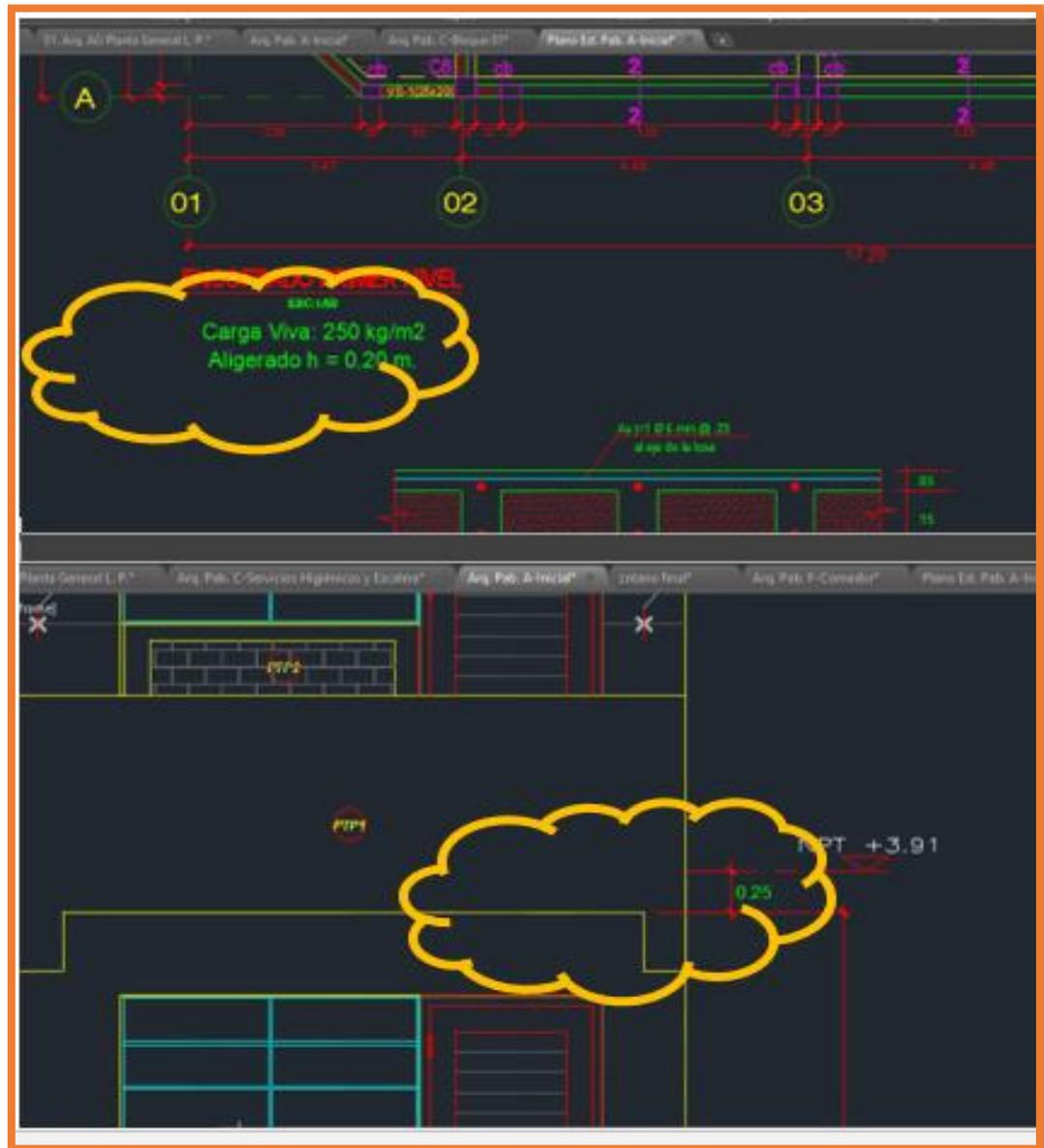
Figura IX-50: Incompatibilidad de Arquitectura 1



Fuente: Plano de Arquitectura

En la Figura IX-2 podemos observar que en el plano arquitectónico del PAB F -COMEDOR, tiene incompatibilidad en la ubicación de los niveles en el plano de corte y en el plano planta.

Figura IX-51: Incompatibilidad de Arquitectura 2



Fuente: Plano de Arquitectura

En la Figura IX-3 podemos observar que en el plano arquitectónico del PAB F COMEDOR tiene incompatibilidad en la ubicación de los niveles en el plano de corte y en el plano planta.

Figura IX-52: Incompatibilidad de Arquitectura 3

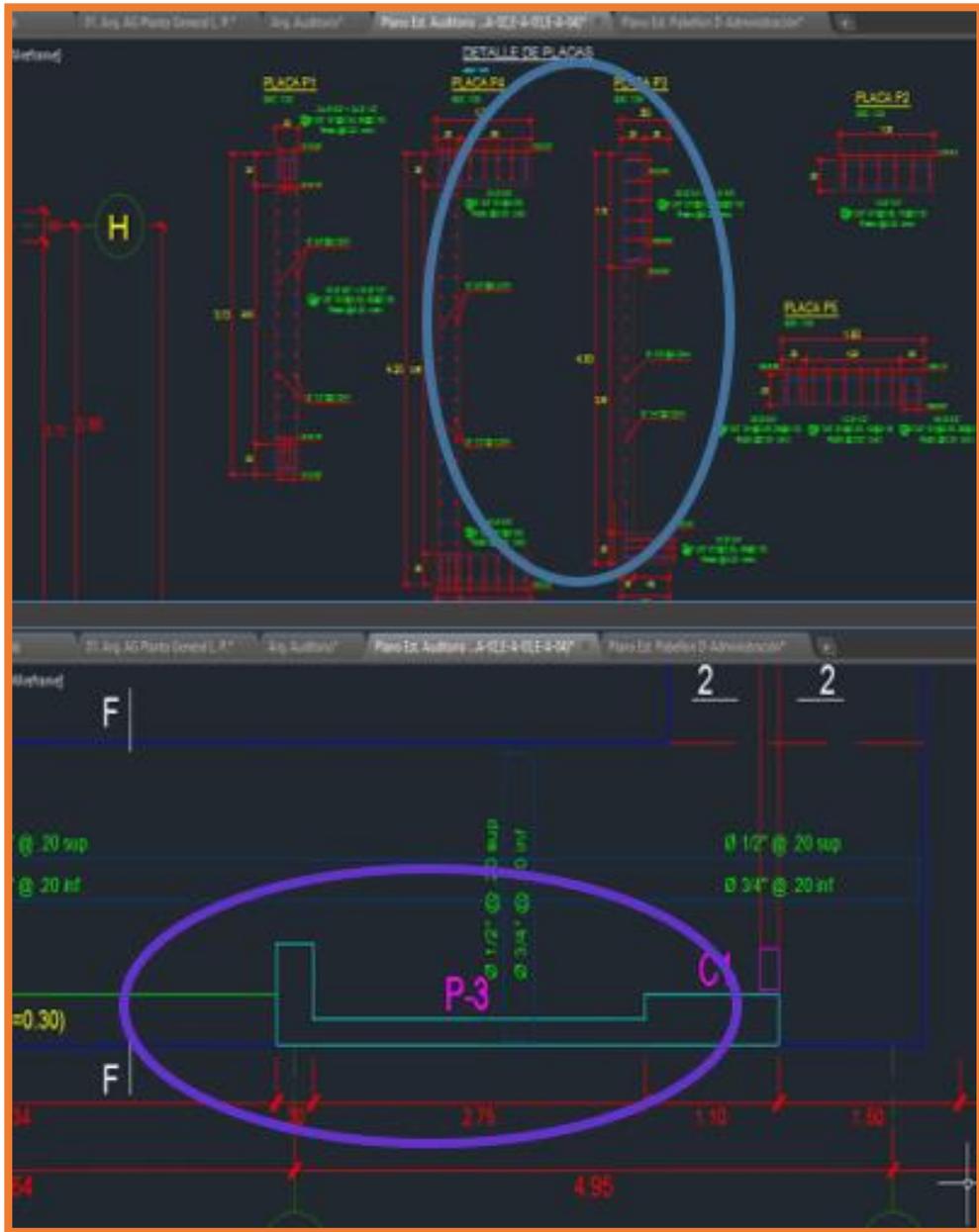


Fuente: Plano de Arquitectura

- **En los planos de Estructuras:**

La Figura IX-4 se muestran incompatibilidades en los planos de estructuras en las dimensiones de las placas.

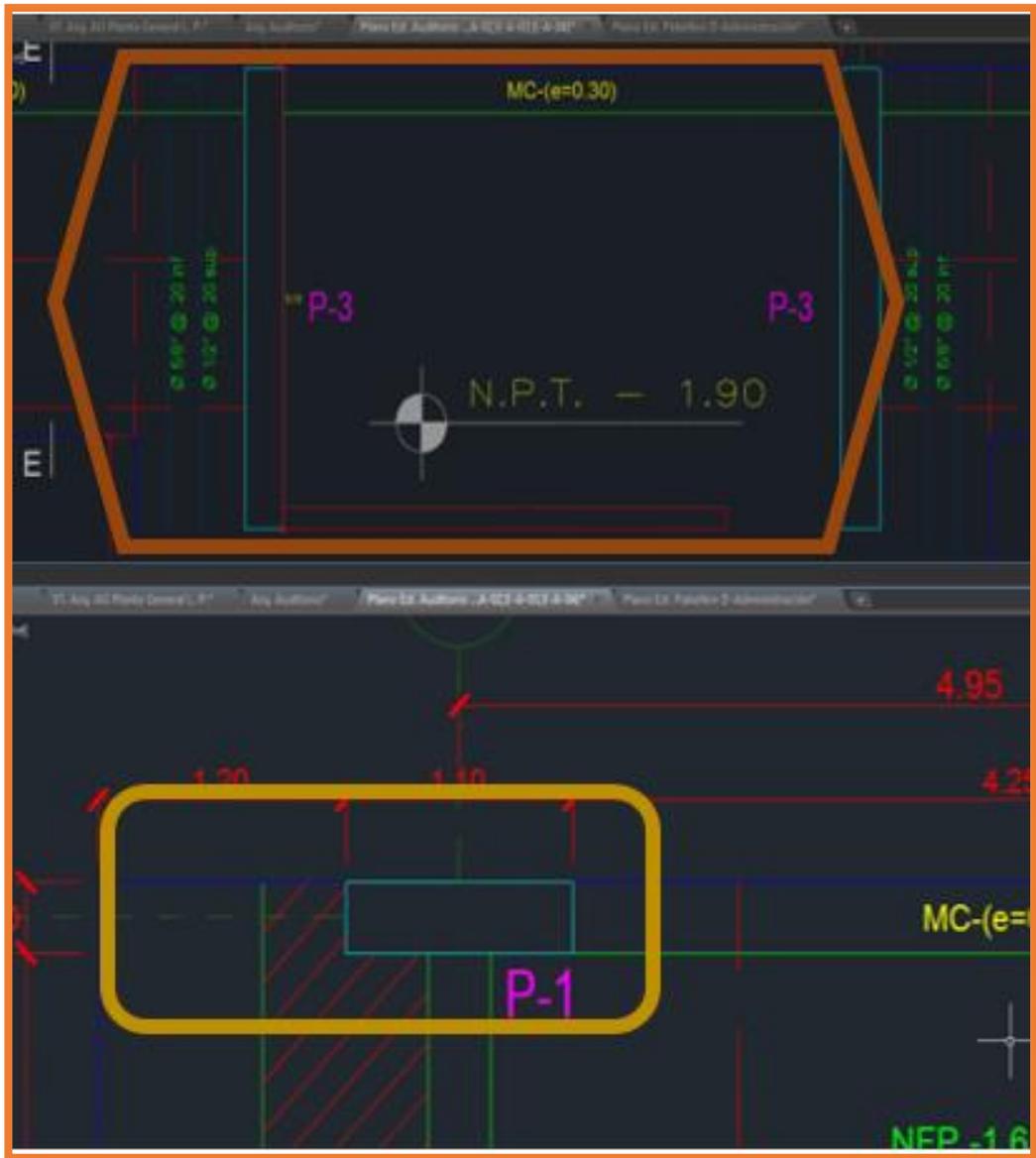
Figura IX-53: Incompatibilidad de estructuras 1



Fuente: Plano de Cimentaciones

En la Figura IX-5 podemos observar que en el plano de detalle de placas nos muestran diferentes dimensiones que en el plano de cimentaciones.

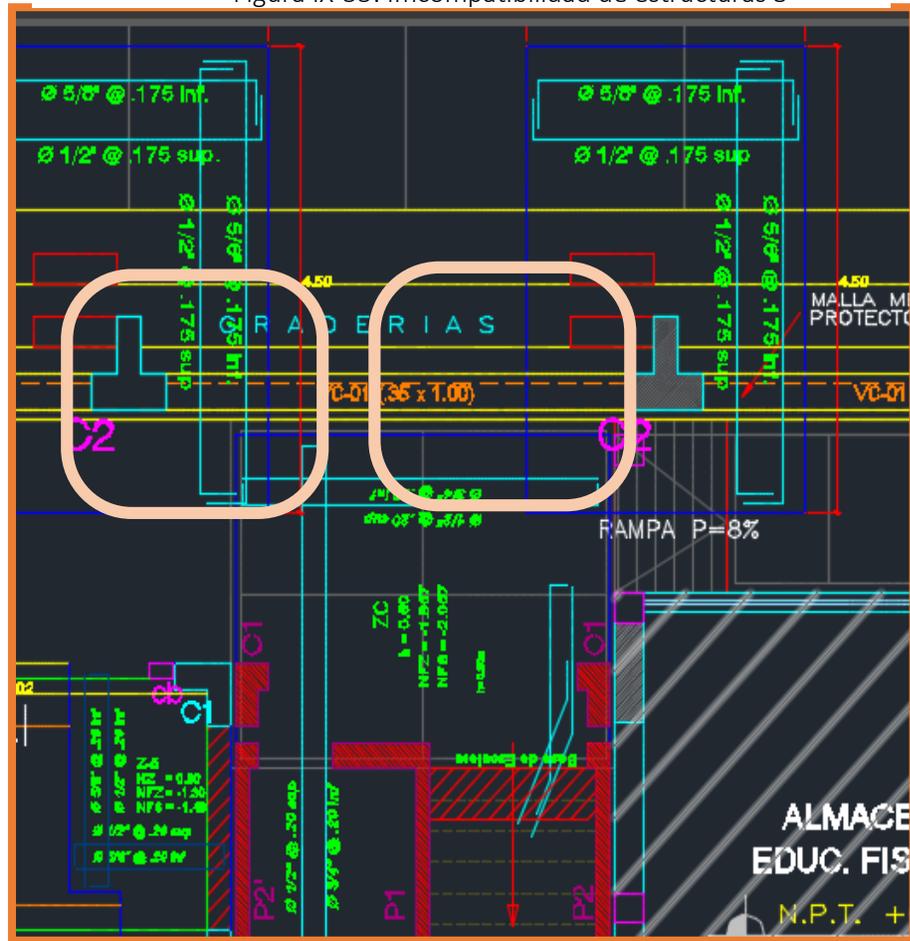
Figura IX-54: Incompatibilidad 2



Fuente: Plano de Cimentaciones

En la Figura IX-6 podemos observar que la zapata de la escalera del PAB "F" con las zapatas de la cobertura del polideportivo se intersecan lo que está produciendo una incompatibilidad.

Figura IX-55: Incompatibilidad de estructuras 3



Fuente: Plano de Cimentaciones

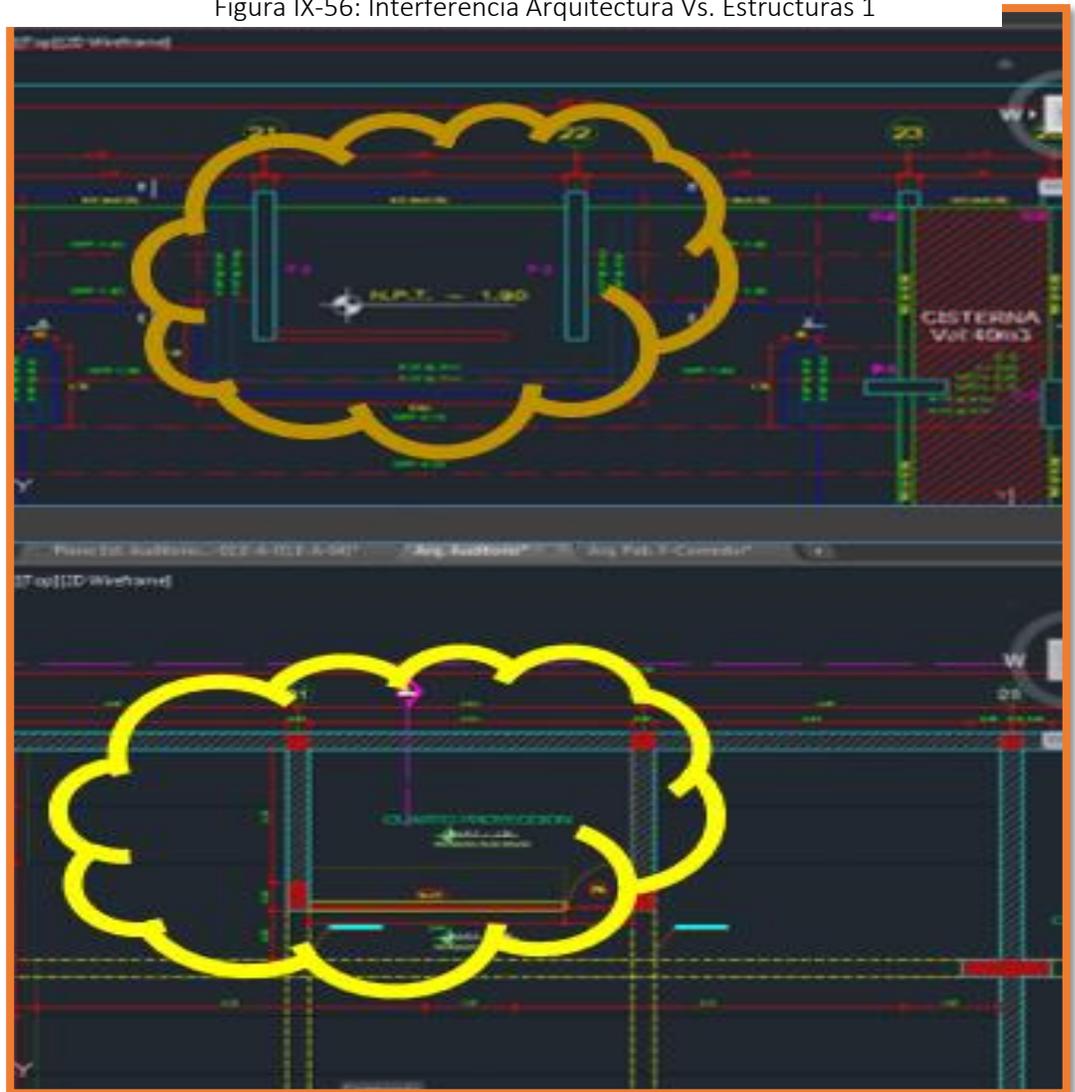
B. Detección de Interferencias:

En esta revisión de forma tradicional en cada interdisciplina podemos encontrar diferentes interferencias en los planos:

- **Entre el plano de Arquitectura y Estructuras**

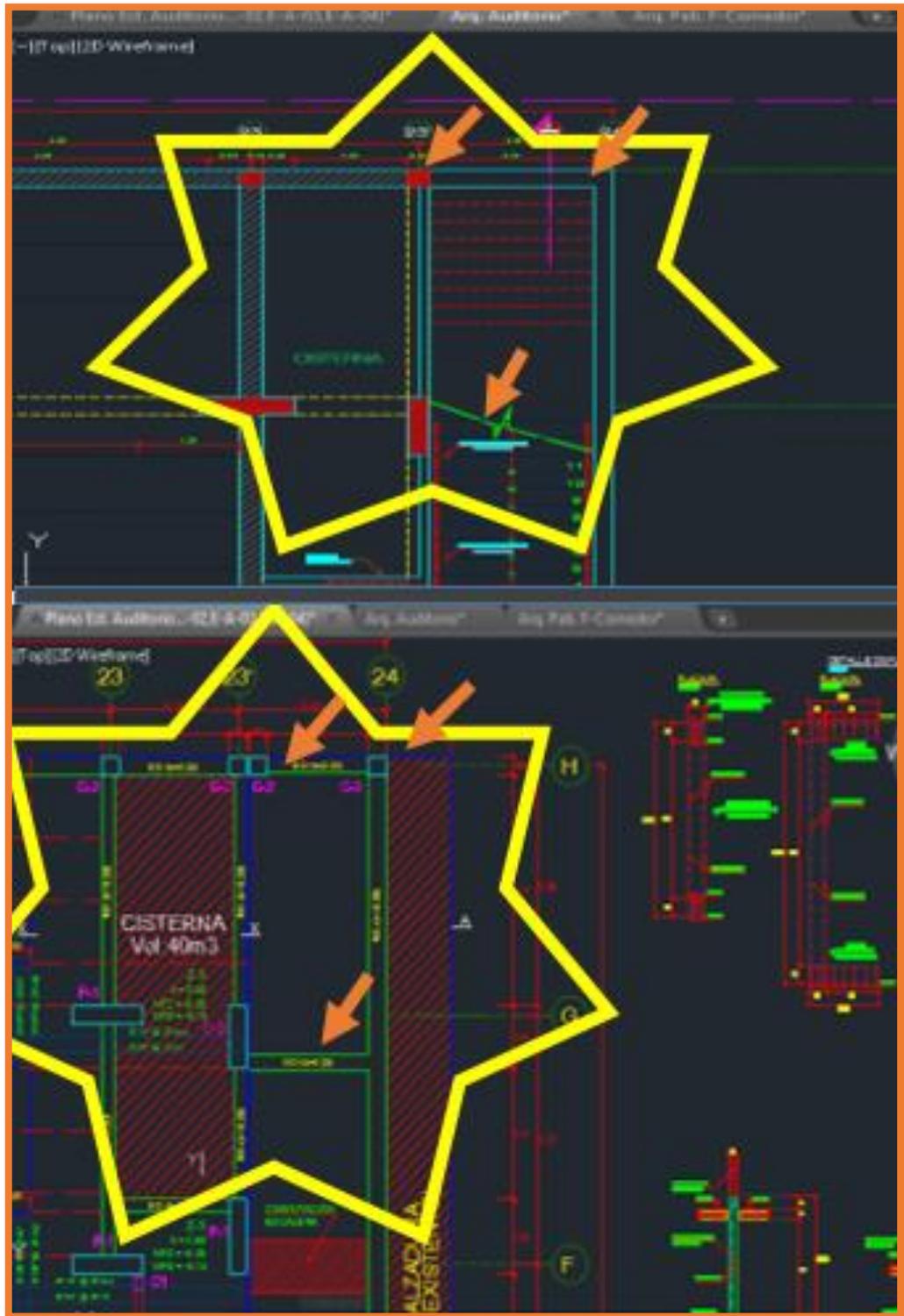
En la Figura IX-7 podemos observar que el plano de estructuras nos muestra 4 columnas y en la arquitectura no se observan.

Figura IX-56: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 1



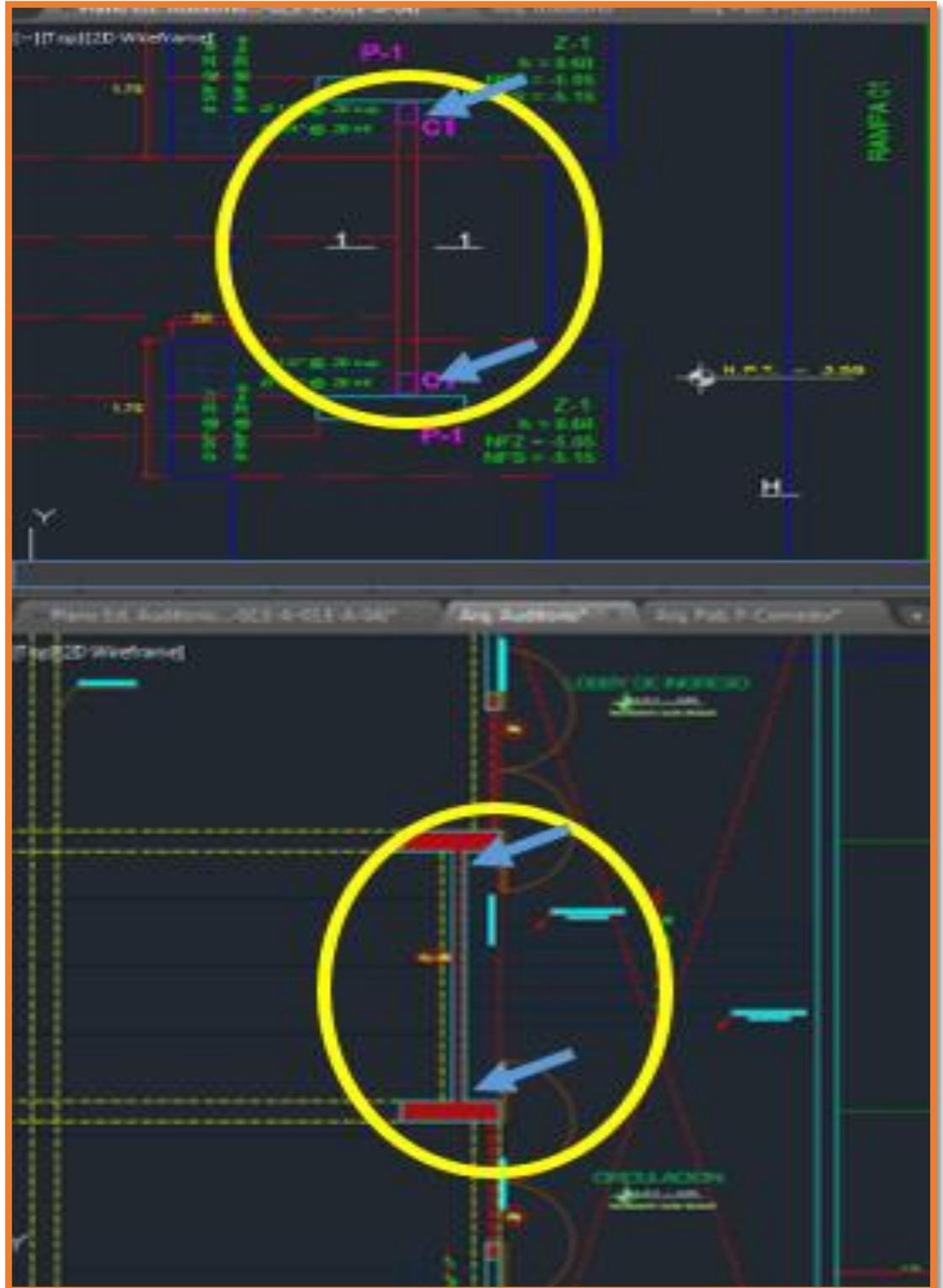
Fuente: Plano de Arquitectura y de Cimentaciones

Figura IX-57: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 2



Fuente: Plano de Arquitectura y de Cimentaciones

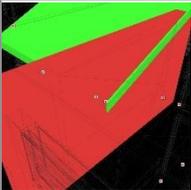
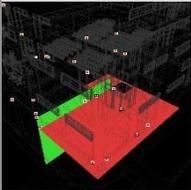
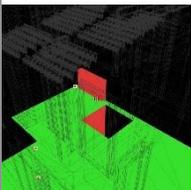
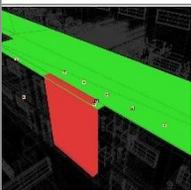
Figura IX-58: Interferencia Arquitectura Vs. Estructuras 3

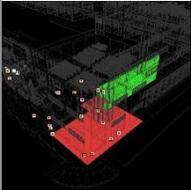
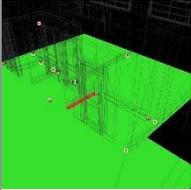
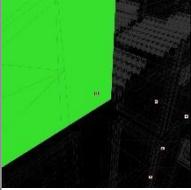
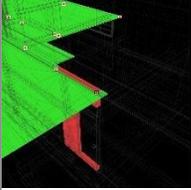
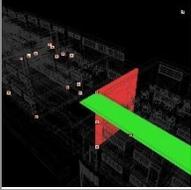


Fuente: Plano de Arquitectura y de Cimentacion

9.3.2. Detección de Conflictos Naviswork

Tabla IX-1: Detección de Conflictos en Arquitectura

Imágen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Descripción	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Nuevo	-0.288	Estático	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 25cm	@ blanco	Sólido
	Conflicto2	Nuevo	-0.264	Estático	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCIÓN ZOTANO 25 cm
	Conflicto3	Nuevo	-0.199	Estático	Muro básico	Muros: Muro básico: Generic - 200mm	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m
	Conflicto4	Nuevo	-0.050	Estático	@ blanco	Sólido	@ blanco	Sólido

	Conflicto5	Nuevo	-0.184	Estático	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Muro básico	Muros: Muro básico: Generic - 200mm
	Conflicto6	Nuevo	-0.050	Estático	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m
	Conflicto7	Nuevo	-0.163	Estático	@plomo	Sólido	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 25cm
	Conflicto8	Nuevo	-0.050	Estático	@azull	Sólido	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m
	Conflicto9	Nuevo	-0.033	Estático	@azulino	Sólido	Default	Sólido

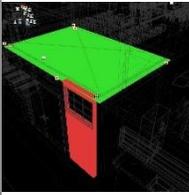
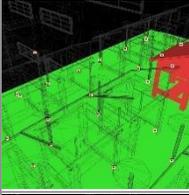
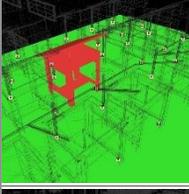
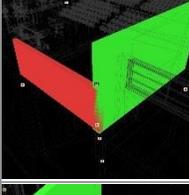
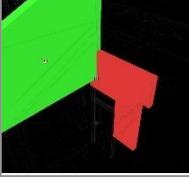
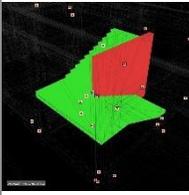
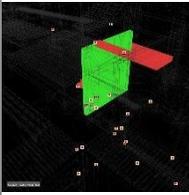
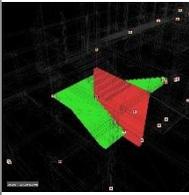
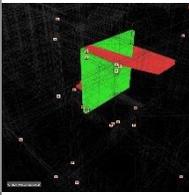
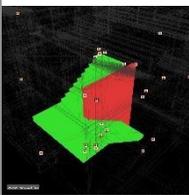
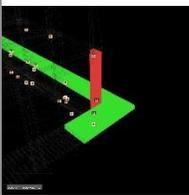
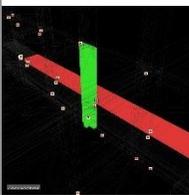
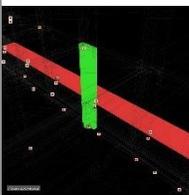
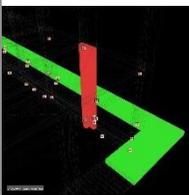
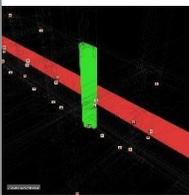
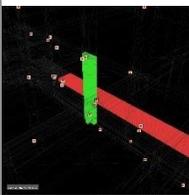
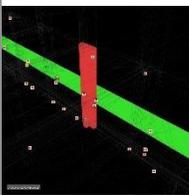
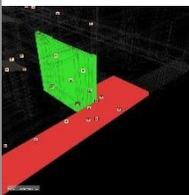
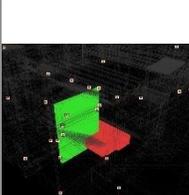
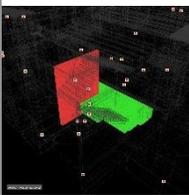
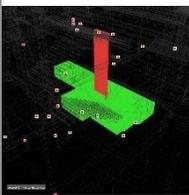
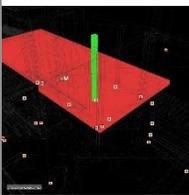
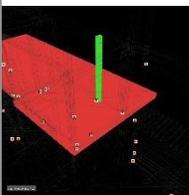
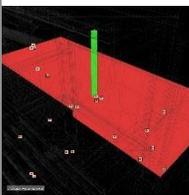
	Conflicto10	Nuevo	-0.030	Estático	@ blanco	Sólido	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m
	Conflicto11	Nuevo	-0.030	Estático	Metal 2	Sólido	@PISO PULIDO	Sólido
	Conflicto9	Nuevo	-0.030	Estático	Metal 2	Sólido	@PISO PULIDO	Sólido
	Conflicto21	Nuevo	-0.150	Estático	Concrete, Lightweight	Sólido	@ blanco	Sólido
	Conflicto22	Nuevo	-0.150	Estático	@ blanco	Sólido	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2

Tabla IX-2: Detección de conflictos en Estructuras

Imágen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Descripción	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Nuevo	-2.030	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras
	Conflicto2	Nuevo	-1.975	Estático (conservador)	Escaleras	Escaleras	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2
	Conflicto3	Nuevo	-1.975	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras
	Conflicto4	Nuevo	-1.975	Estático (conservador)	Escaleras	Escaleras	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2

	Conflicto5	Nuevo	-1.975	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2	Escaleras	Escaleras
	Conflicto6	Nuevo	-1.788	Estático (conservador)	Hotmigon-L-pilar PRIMER PISO	Pilares estructurales	@PISO PULIDO	Sólido
	Conflicto7	Nuevo	-1.690	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto8	Nuevo	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto9	Nuevo	-1.688	Estático (conservador)	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales	@PISO PULIDO	Sólido

	Conflicto10	Nuevo	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto11	Nuevo	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto12	Nuevo	-1.688	Estático (conservador)	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales	@PISO PULIDO	Sólido
	Conflicto13	Nuevo	-1.232	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	placa piso 1	Pilares estructurales
	Conflicto14	Nuevo	-1.060	Estático (conservador)	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE ESCALERA DE 20 cm 2	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2

	Conflicto15	Nuevo	-1.060	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2
	Conflicto16	Nuevo	-1.060	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA
	Conflicto17	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	PISO pulido losa	Sólido	0.15*0.20	Pilares estructurales
	Conflicto18	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	PISO pulido losa	Sólido	Hormigón-Rectangular-Pilar	Pilares estructurales: Hormigón-Rectangular-Pilar: 0.15*0.20
	Conflicto19	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	pintura para muro blanco	Sólido	0.15*0.20	Pilares estructurales

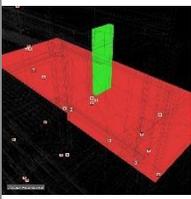
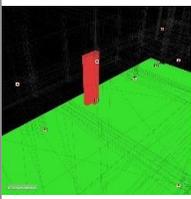
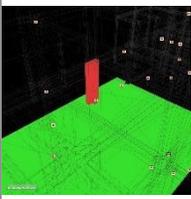
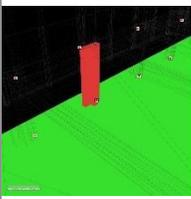
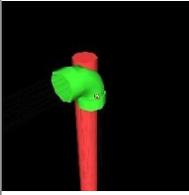
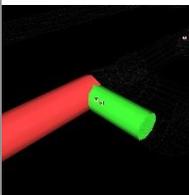
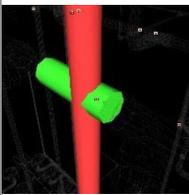
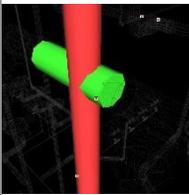
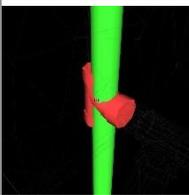
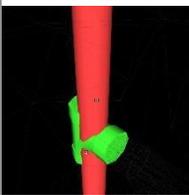
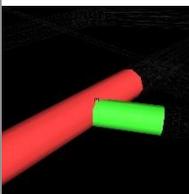
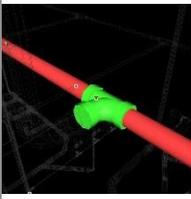
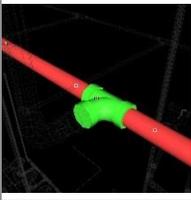
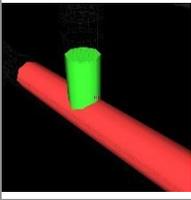
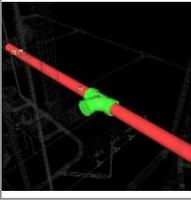
	Conflicto20	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	pintura para muro blanco	Sólido	0.25*0.95	Pilares estructurales
	Conflicto21	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	Hormigon- T-pilar pab A1	Pilares estructurales	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE 20 cm
	Conflicto22	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	Hormigon- T-pilar	Pilares estructurales	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE 20 cm
	Conflicto23	Nuevo	-1.000	Estático (conservador)	Hormigon- T-pilar pab A1	Pilares estructurales	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE 20 cm

Tabla IX-3: Detección de conflictos en Instalaciones Sanitarias

Imágen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Descripción	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Nuevo	-0.076	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto2	Nuevo	-0.075	Estático (conservador)	Estándar	Uniones de tubería	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto3	Nuevo	-0.070	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto4	Nuevo	-0.070	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería

	Conflicto5	Nuevo	-0.069	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto6	Nuevo	-0.069	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto7	Nuevo	-0.068	Estático (conservador)	Estándar	Uniones de tubería	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto8	Nuevo	-0.068	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto9	Nuevo	-0.066	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Conflicto10	Nuevo	-0.064	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto11	Nuevo	-0.061	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto12	Nuevo	-0.061	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto13	Nuevo	-0.061	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto14	Nuevo	-0.060	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería

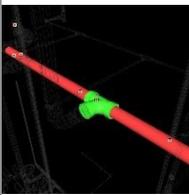
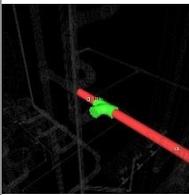
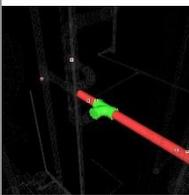
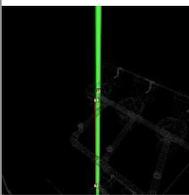
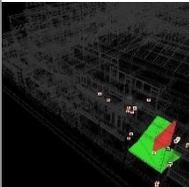
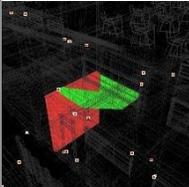
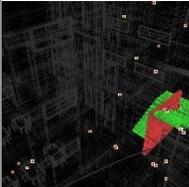
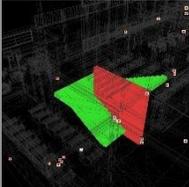
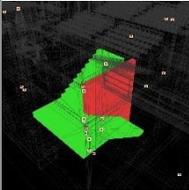
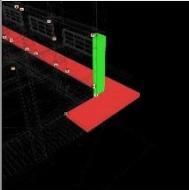
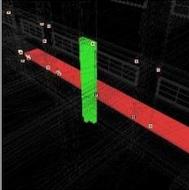
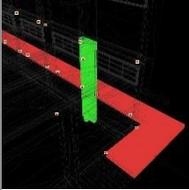
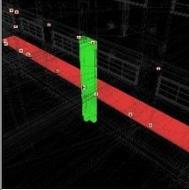
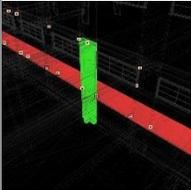
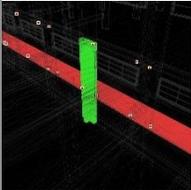
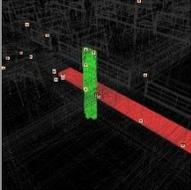
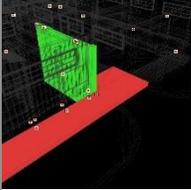
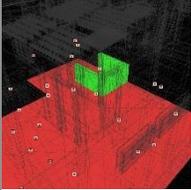
	Conflicto15	Nuevo	-0.060	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto16	Nuevo	-0.058	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto17	Nuevo	-0.058	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto18	Nuevo	-0.056	Estático (conservador)	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

Tabla IX-4: Detección de conflictos en Arquitectura Vs. Estructuras

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-2.030	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras
	Conflicto2	-1.975	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras
	Conflicto3	-1.975	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras
	Conflicto4	-1.975	Estático (conservador)	Concrete, Lightweight	Sólido	Escaleras	Escaleras

	Conflicto5	-1.975	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2	Escaleras	Escaleras
	Conflicto6	-1.788	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hotmigon-L-pilar PRIMER PISO	Pilares estructurales
	Conflicto7	-1.690	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto8	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto9	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales

	Conflicto 10	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto 11	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto 12	-1.688	Estático (conservador)	@PISO PULIDO	Sólido	Hormigon-T-pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales
	Conflicto 13	-1.232	Estático (conservador)	pintura para muro blanco	Sólido	placa piso 1	Pilares estructurales
	Conflicto 14	-1.150	Estático (conservador)	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	PLACA PARA ASENSOR	Pilares estructurales

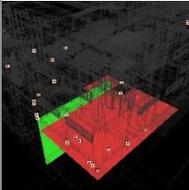
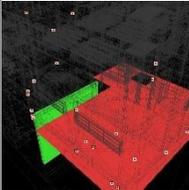
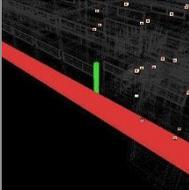
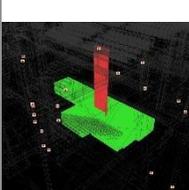
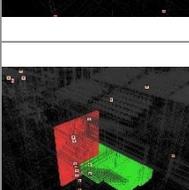
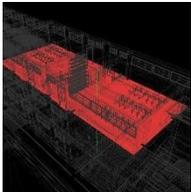
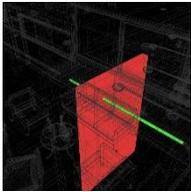
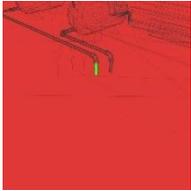
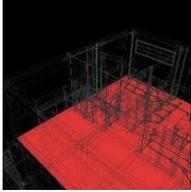
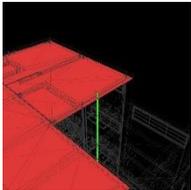
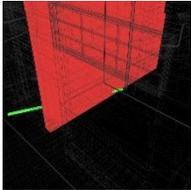
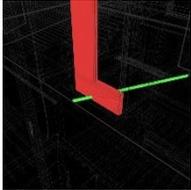
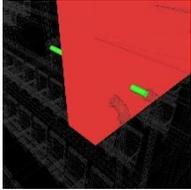
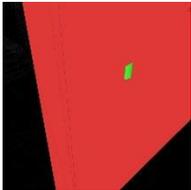
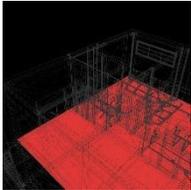
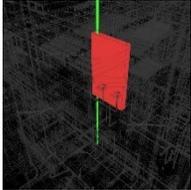
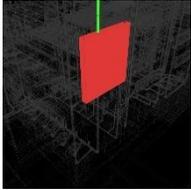
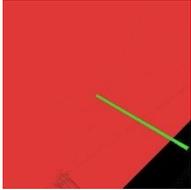
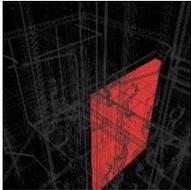
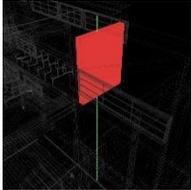
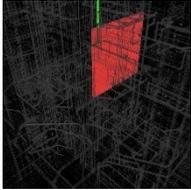
	Conflicto 15	-1.150	Estático (conservador)	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCION ZOTANO 25 cm
	Conflicto 16	-1.150	Estático (conservador)	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2
	Conflicto 17	-1.113	Estático (conservador)	pintura para muro blanco	Sólido	Hormigón-Rectangular-Pilar	Pilares estructurales: Hormigón-Rectangular-Pilar: 0.30*0.30
	Conflicto 18	-1.060	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2
	Conflicto 19	-1.060	Estático (conservador)	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO ESCALERAS 2	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DEPOSITO DE ESCALERA DE 20 cm 2

Tabla IX-5: Detección de Conflictos de Arquitectura Vs. Instalaciones Sanitarias

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Punto de conflicto	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-3.351	Estático (conservador)	x:-40.197, y:-5.131, z:-3.750	Default	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto2	-0.909	Estático (conservador)	x:-27.236, y:-33.815, z:-11.272	Muro básico	Muros: Muro básico: Generic - 200mm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería:
	Conflicto3	-0.306	Estático (conservador)	x:-13.478, y:-16.998, z:-10.400	Concrete, Cast-in-Place gray	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto4	-0.247	Estático (conservador)	x:-95.219, y:-3.468, z:-4.510	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Conflicto5	-0.247	Estático (conservador)	x:-87.702, y:- 2.677, z:- 1.160	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Conflicto6	-0.174	Estático (conservador)	x:-29.038, y:- 6.468, z:- 10.978	Concrete, Lightweight	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto7	-0.174	Estático (conservador)	x:-30.025, y:- 8.520, z:- 10.973	Concrete, Lightweight	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto8	-0.172	Estático (conservador)	x:-13.696, y:- 16.891, z:- 10.030	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto9	-0.159	Estático (conservador)	x:-94.067, y:- 4.507, z:- 11.506	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Estándar	Uniones de tubería

	Conflicto10	-0.158	Estático (conservador)	x:-91.567, y:- 3.436, z:- 11.583	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto11	-0.154	Estático (conservador)	x:-95.300, y:- 3.439, z:- 4.510	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto12	-0.146	Estático (conservador)	x:-5.298, y:- 37.165, z:- 7.000	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCION ZOTANO 25 cm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto13	-0.139	Estático (conservador)	x:-0.162, y:- 39.269, z:- 7.000	Default Wall	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto14	-0.128	Estático (conservador)	x:-95.167, y:- 3.277, z:- 11.227	Concrete, Lightweight	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar

	Conflicto15	-0.116	Estático (conservador)	x:-28.790, y:- 0.574, z:- 9.859	pintura para muro blanco	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Conflicto16	-0.115	Estático (conservador)	x:-95.276, y:- 3.739, z:- 7.840	Concrete, Lightweight	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto17	-0.114	Estático (conservador)	x:-33.007, y:- 1.709, z:- 3.750	Default Wall	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto18	-0.110	Estático (conservador)	x:-91.417, y:- 0.962, z:- 4.176	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto19	-0.105	Estático (conservador)	x:-91.523, y:- 3.436, z:- 7.640	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

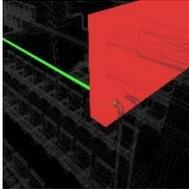
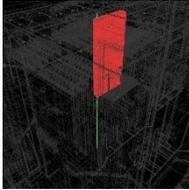
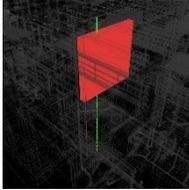
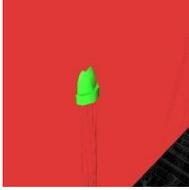
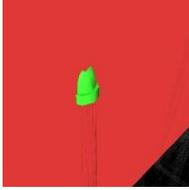
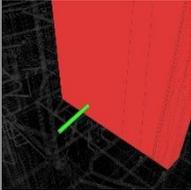
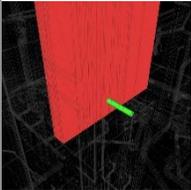
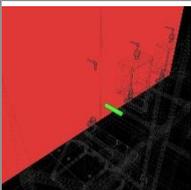
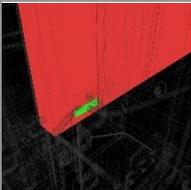
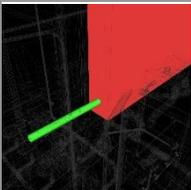
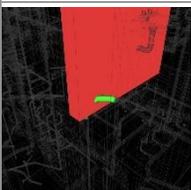
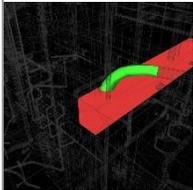
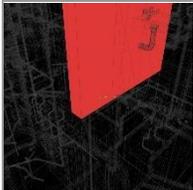
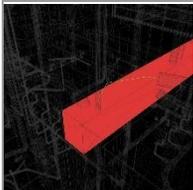
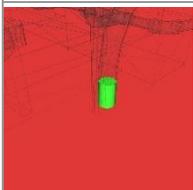
	Conflicto20	-0.092	Estático (conservador)	x:-13.696, y:- 17.007, z:- 10.043	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto21	-0.089	Estático (conservador)	x:-5.294, y:- 33.021, z:- 7.000	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCION ZOTANO 25 cm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto22	-0.081	Estático (conservador)	x:-7.103, y:- 39.248, z:- 7.000	Default Wall	Sólido	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto23	-0.080	Estático (conservador)	x:-92.567, y:- 5.144, z:- 3.790	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Estándar	Uniones de tubería
	Conflicto24	-0.080	Estático (conservador)	x:-92.567, y:- 5.144, z:- 7.140	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Estándar	Uniones de

Tabla IX-6: Detección de Conflictos en Arquitectura Vs. Instalaciones Eléctricas

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Punto de conflicto	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-0.220	Estático (conservador)	x:-89.382, y:-3.850, z:-7.428	Muro básico		Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no etálico)
	Conflicto2	-0.220	Estático (conservador)	x:-94.067, y:-4.894, z:-7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido
	Conflicto3	-0.220	Estático (conservador)	x:-91.567, y:-2.204, z:-7.437	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto4	-0.190	Estático (conservador)	x:-89.361, y:-3.850, z:-7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCIÓN ZOTANO 25 cm	Eje	Eje

	Conflicto5	-0.190	Estático (conservador)	x:-94.067, y:-4.864, z:-7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto6	-0.190	Estático (conservador)	x:-91.567, y:-2.177, z:-7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto7	-0.178	Estático (conservador)	x:-95.167, y:-3.266, z:-7.462	Concrete, Lightweight	Sólido	Estándar	Uniones de tubo
	Conflicto8	-0.155	Estático (conservador)	x:-95.318, y:-3.850, z:-7.466	Concrete, Lightweight	Sólido	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto9	-0.152	Estático (conservador)	x:-90.267, y:-5.266, z:-7.525	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar

	Conflicto10	-0.132	Estático (conservador)	x:-90.417, y:-5.326, z:-7.711	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin
	Conflicto11	-0.125	Estático (conservador)	x:-95.292, y:-3.850, z:-7.482	Concrete, Lightweight	Sólido	Eje	Eje
	Conflicto12	-0.124	Estático (conservador)	x:-90.267, y:-5.264, z:-7.507	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto13	-0.124	Estático (conservador)	x:-90.360, y:-5.301, z:-7.640	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto14	-0.119	Estático (conservador)	x:-92.648, y:-4.302, z:-7.860	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)

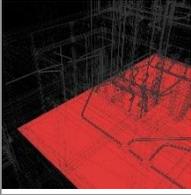
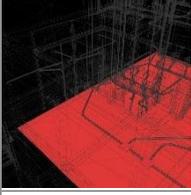
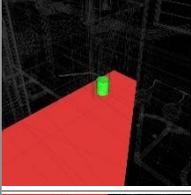
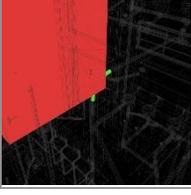
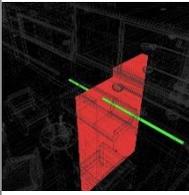
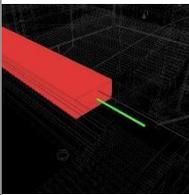
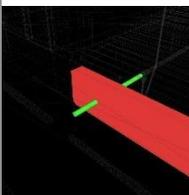
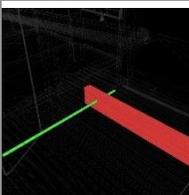
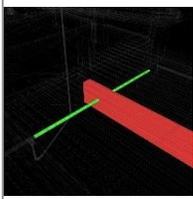
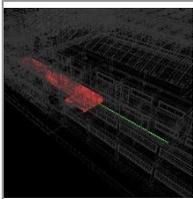
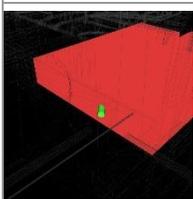
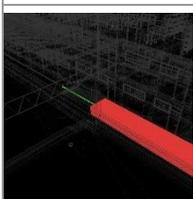
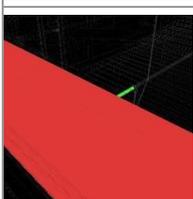
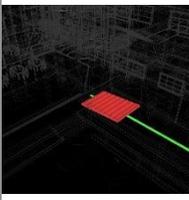
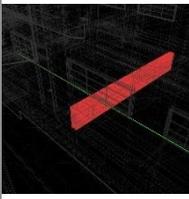
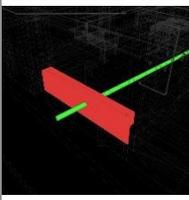
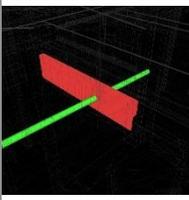
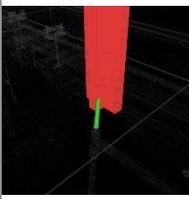
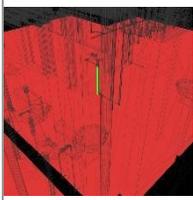
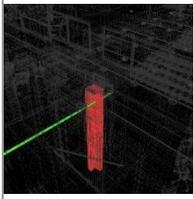
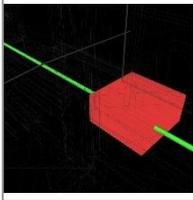
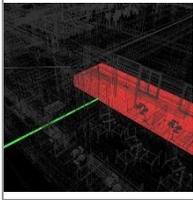
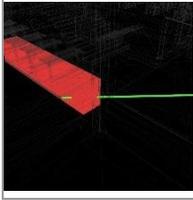
	Conflicto15	-0.118	Estático (conservador)	x:-92.622, y:-4.288, z:-7.860	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic	Eje	Eje
	Conflicto16	-0.118	Estático (conservador)	x:-94.915, y:-5.554, z:-7.860	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto17	-0.118	Estático (conservador)	x:-94.946, y:-5.554, z:-7.860	Cielo raso de cubierta	Cielos rasos de cubierta: Cielo raso de cubierta: Generic - 0.05 m	Eje	Eje
	Conflicto18	-0.085	Estático (conservador)	x:-92.648, y:-4.301, z:-7.840	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto19	-0.085	Estático (conservador)	x:-92.622, y:-4.213, z:-7.640	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones

Tabla IX-7: Detección de Conflictos en Estructuras Vs. Instalaciones Sanitarias

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Punto de conflicto	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-0.909	Estático (conservador)	x: -27.236, y: -33.815, z: -11.272	Muro básico	Muros: Muro básico: Genérico - 200mm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto2	-0.474	Estático (conservador)	x: -33.178, y: -9.638, z: -11.023	Suelo	Suelos: Suelo: LOSA DE 20 CM1	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto3	-0.451	Estático (conservador)	x: -39.338, y: -8.641, z: -11.058	Hormigón-Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: 0.3*0.80	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto4	-0.448	Estático (conservador)	x: -39.340, y: -2.916, z: -11.095	Hormigón-Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: 0.3*0.80	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Conflicto5	-0.448	Estático (conservador)	x: -39.335, y: - 4.589, z: - 11.109	Hormigón- Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: 0.3*0.80	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto6	-0.438	Estático (conservador)	x: -60.153, y: - 33.703, z: - 11.534	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: ESCALERA	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto7	-0.416	Estático (conservador)	x: -84.861, y: - 9.251, z: - 11.506	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: ESCALERA	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto8	-0.416	Estático (conservador)	x: -49.145, y: - 9.670,	Suelo	Suelos: Suelo: LOSA DE 20 CM1	Tipos de tubería	
	Conflicto9	-0.411	Estático (conservador)	x: -39.308, y: - 8.649, z: - 11.102	Suelo	Suelos: Suelo: LOSA DE 20 CM1	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Conflicto10	-0.391	Estático (conservador)	x: -83.077, y: - 9.674, z: - 11.512	Rampa	Rampa	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto11	-0.373	Estático (conservador)	x: -21.690, y: - 6.640, z: - 10.172	Muro básico	Muros: Muro básico: CIMENTO PISO 1	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto12	-0.370	Estático (conservador)	x: -80.221, y: - 40.537, z: -	Hormigón- Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: SOBRECIM	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto13	-0.370	Estático (conservador)	x: -80.023, y: - 35.470,	Hormigón- Viga rectangular	Parte compuesta	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería:
	Conflicto14	-0.358	Estático (conservador)	x: -72.062, y: - 35.642, z: - 11.652	Hormigón-T- pilar PRIMER NIVEL	Pilares estructurales	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

	Conflicto15	-0.357	Estático (conservador)	x: -2.037, y: - 35.257, z: - 10.400	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE 20 cm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto16	-0.346	Estático (conservador)	x: -23.273, y: - 35.146, z: -11.1	Hormigón-L- pilar PARA ZOTANO	Pilares estructurales	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC
	Conflicto17	-0.337	Estático (conservador)	x: -34.055, y: - 1.265, z: - 10.999	Zapata- Rectangular	Cimentación estructural: Zapata- Rectangular: 1.6*1.6	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto18	-0.327	Estático (conservador)	x: -80.105, y: - 35.346, z: - 11.579	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: ESCALERA DE 20 cm 2	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV
	Conflicto19	-0.325	Estático (conservador)	x: -87.747, y: - 37.244, z: - 11.591	Hormigón- Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: VIGA DE CIMENTACION PARA UN PISO	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

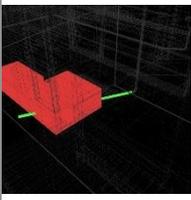
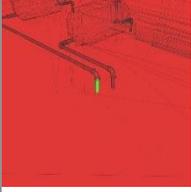
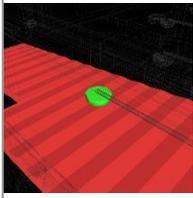
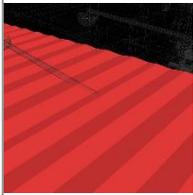
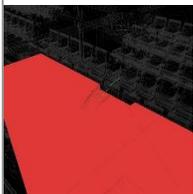
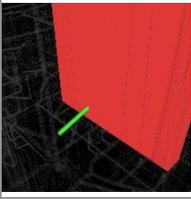
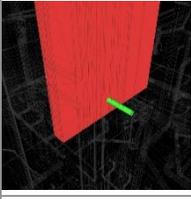
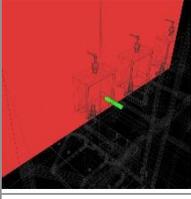
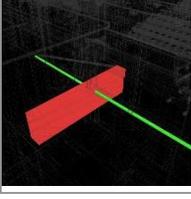
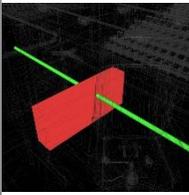
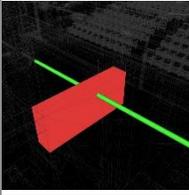
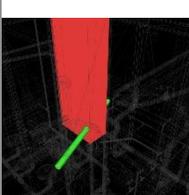
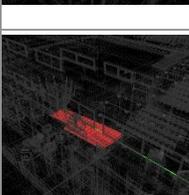
	Conflicto20	-0.314	Estático (conservador)	x: -29.268, y: - 6.737, z: -	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC
	Conflicto21	-0.308	Estático (conservador)	x: -90.241, y: - 4.650, z: - 11.380	Losa de cimentación	Cimentación estructural: Losa de cimentación: LOSA DE 20 cm	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar
	Conflicto22	-0.306	Estático (conservador)	x: -13.485, y: - 17.006, z: - 10.200	Suelo	Suelos: Suelo: LOSA DE 20 CM	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

Tabla IX-8: Detección de Conflictos en Estructuras Vs. Instalaciones Eléctricas

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Punto de conflicto	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-0.399	Estático (conservador)	x:-26.359, y:-33.692, z:-10.552	Rampa	Rampa	60W - 277V	Luminarias
	Conflicto2	-0.399	Estático (conservador)	x:-24.414, y:-33.648, z:-10.496	Rampa	Rampa	60W - 277V	Luminarias
	Conflicto3	-0.268	Estático (conservador)	x:-13.870, y:-18.854, z:-10.400	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	Eje	Eje
	Conflicto4	-0.250	Estático (conservador)	x:-33.148, y:-3.174, z:-8.054	Familia1	Pilares estructurales	Acero, cromado	Sólido

	Conflicto5	-0.250	Estático (conservador)	x:-33.148, y:-6.443, z:-8.029	Familia1	Pilares estructurales	Acero, cromado	Sólido
	Conflicto6	-0.220	Estático (conservador)	x:-89.382, y:-3.850, z:-7.428	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCION ZOTANO 25 cm	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto7	-0.220	Estático (conservador)	x:-94.067, y:-4.894, z:-7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto8	-0.220	Estático (conservador)	x:-91.567, y:-2.204, z:-7.437	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto9	-0.199	Estático (conservador)	x:-19.315, y:-38.898, z:-10.355	Hormigón-Viga rectangular	Parte compuesta	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)

	Conflicto10	-0.198	Estático (conservador)	x:-19.320, y:-36.233, z:-10.376	Hormigón-Viga rectangular	Parte compuesta	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto11	-0.197	Estático (conservador)	x:-15.340, y:- 36.248, z:- 10.322	Hormigón-Viga rectangular	Armazón estructural: Hormigón-Viga rectangular: 0.25*0.60	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto12	-0.194	Estático (conservador)	x:-95.068, y:-3.850, z:- 7.421	Hormigón- Rectangular-Pilar	Pilares estructurales: Hormigón- Rectangular- Pilar: 0.25*0.50	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto13	-0.191	Estático (conservador)	x:-24.951, y:-33.788, z:-10.387	Rampa	Rampa	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto14	-0.190	Estático (conservador)	x:-89.361, y:-3.850, z:- 7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: MURO CONTENCION ZOTANO 25 cm	Eje	Eje

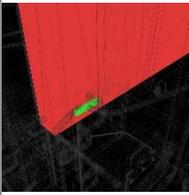
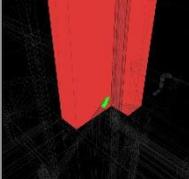
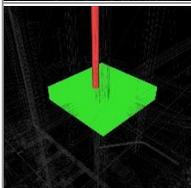
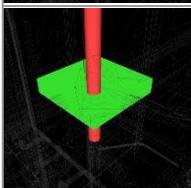
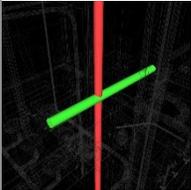
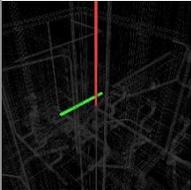
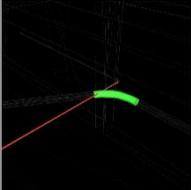
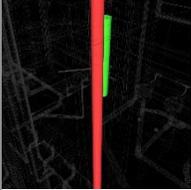
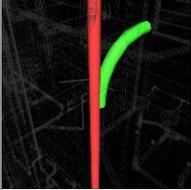
	Conflicto15	-0.190	Estático (conservador)	x:-95.060, y:-3.850, z:- 7.450	Hormigón- Rectangular-Pilar	Pilares estructurales: Hormigón- Rectangular- Pilar: 0.25*0.50	Eje	Eje
	Conflicto16	-0.190	Estático (conservador)	x:-94.067, y:-4.864, z:- 7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto17	-0.190	Estático (conservador)	x:-91.567, y:-2.177, z:- 7.450	Muro básico	Muros: Muro básico: muro 15 CM	Eje	Eje
	Conflicto18	-0.178	Estático (conservador)	x:-95.167, y:-3.266, z:- 7.462	Concrete, Lightweight	Sólido	Estándar	Uniones de tubo
	Conflicto19	-0.176	Estático (conservador)	x:-95.417, y:-0.251, z:- 7.494	Hotmigón-L-pilar para baño	Pilares estructurales	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones -

Tabla IX-9: Detección de Conflictos en Instalaciones Sanitarias Vs. Instalaciones Eléctricas

Imágen	Nombre de conflicto	Distancia	Descripción	Punto de conflicto	Elemento Nombre	Elemento Tipo	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	-0.248	Estático (conservador)	x:-94.907, y:-4.259, z:-7.421	Público - 6,1 Lpf	Aparatos sanitarios	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto2	-0.217	Estático (conservador)	x:-94.805, y:-4.516, z:-7.450	Público - 6,1 Lpf	Aparatos sanitarios	Eje	Eje
	Conflicto3	-0.150	Estático (conservador)	x:-95.298, y:-3.442, z:-7.526	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubo
	Conflicto4	-0.118	Estático (conservador)	x:-95.230, y:-3.467, z:-7.526	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Estándar	Uniones de tubo

	Conflicto5	-0.031	Estático (conservador)	x:-95.283, y:-4.224, z:- 7.438	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto6	-0.030	Estático (conservador)	x:-95.276, y:-3.737, z:- 7.462	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto7	-0.019	Estático (conservador)	x:-97.002, y:-0.381, z:- 11.238	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: Estándar	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar
	Conflicto8	-0.017	Estático (conservador)	x:-92.632, y:-4.317, z:- 8.130	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	Tubo sin uniones	Tubos: Tubo sin uniones: Tubo no metálico rígido (RNC Serie 40)
	Conflicto9	-0.009	Estático (conservador)	x:-92.622, y:-4.310, z:- 7.695	Tipos de tubería	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV	M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC	Uniones de tubo: M_Codo de tubo - Sin uniones - RNC: Estándar

9.4. ANEXO N° 4: Secuencia Fotográfica del Proyecto

Figura IX-59: Aula de inicial 5 aos



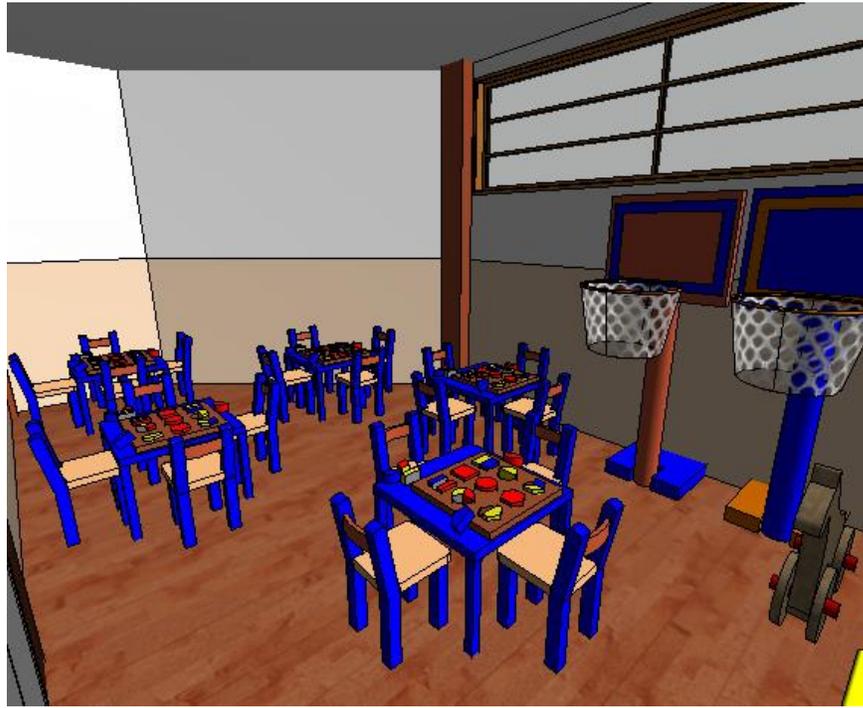
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-60: Aula de Inicial 4 años



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-61: Psicomotricidad



Fuente: Elaboración Propia



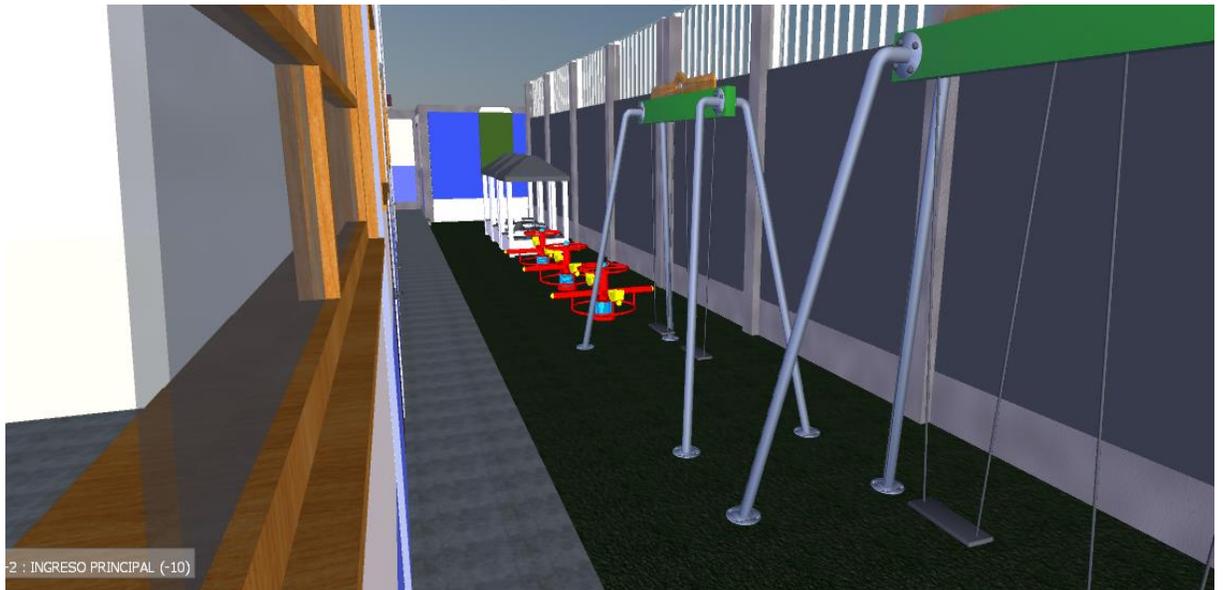
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-62: Aula de clases Primaria y Secundaria



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-63: Juegos infantiles



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-64: Laboratorios



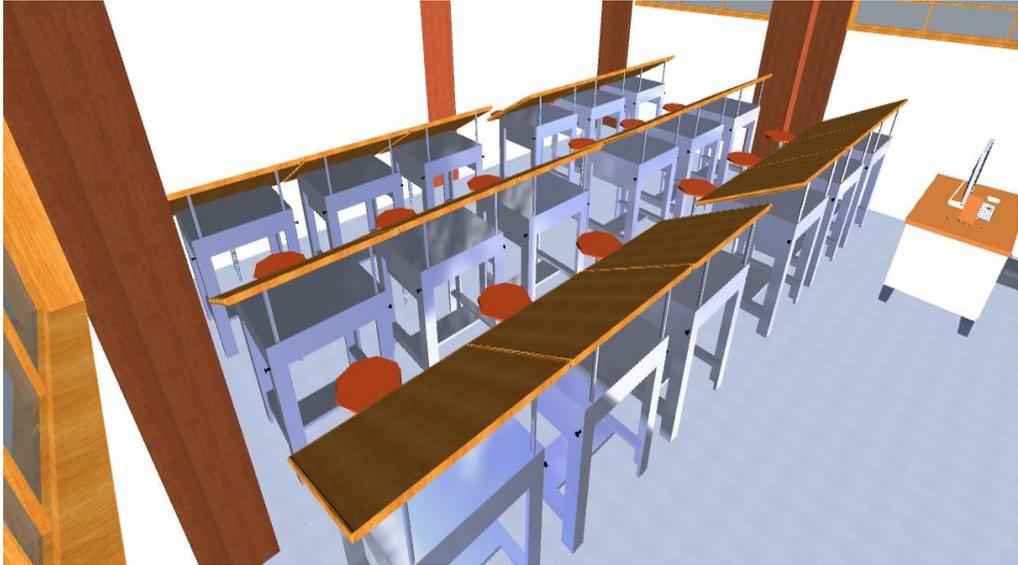
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-65: Sala de cómputo



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-66: Taller 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-67: Taller 2



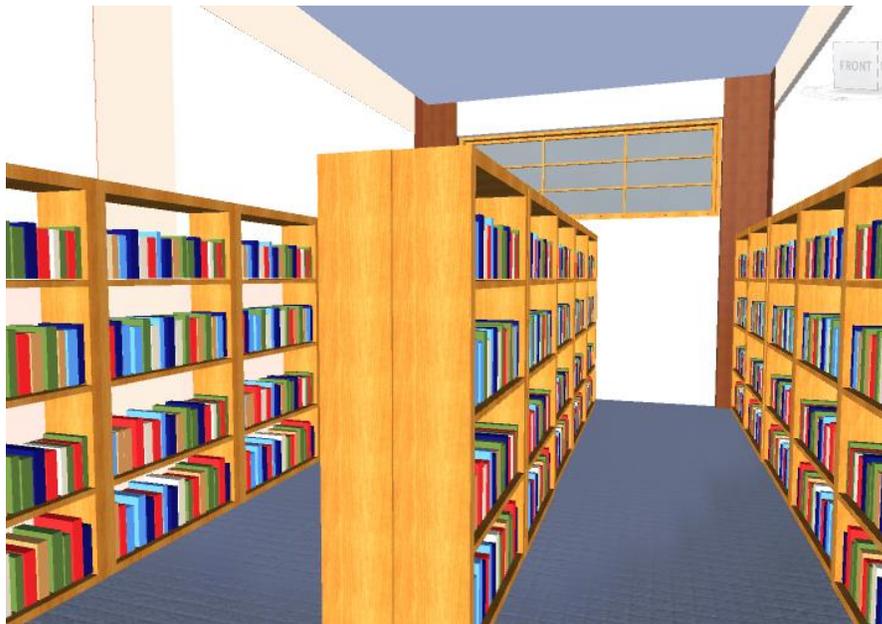
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-68: Entrada de Biblioteca



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-69. Repositorio de libros



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-70: Entrada al Auditorio



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-71: Auditorio



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-72: Auditorio



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-73: Tutoría - OBE



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-74: Dirección



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-75: Secretaria



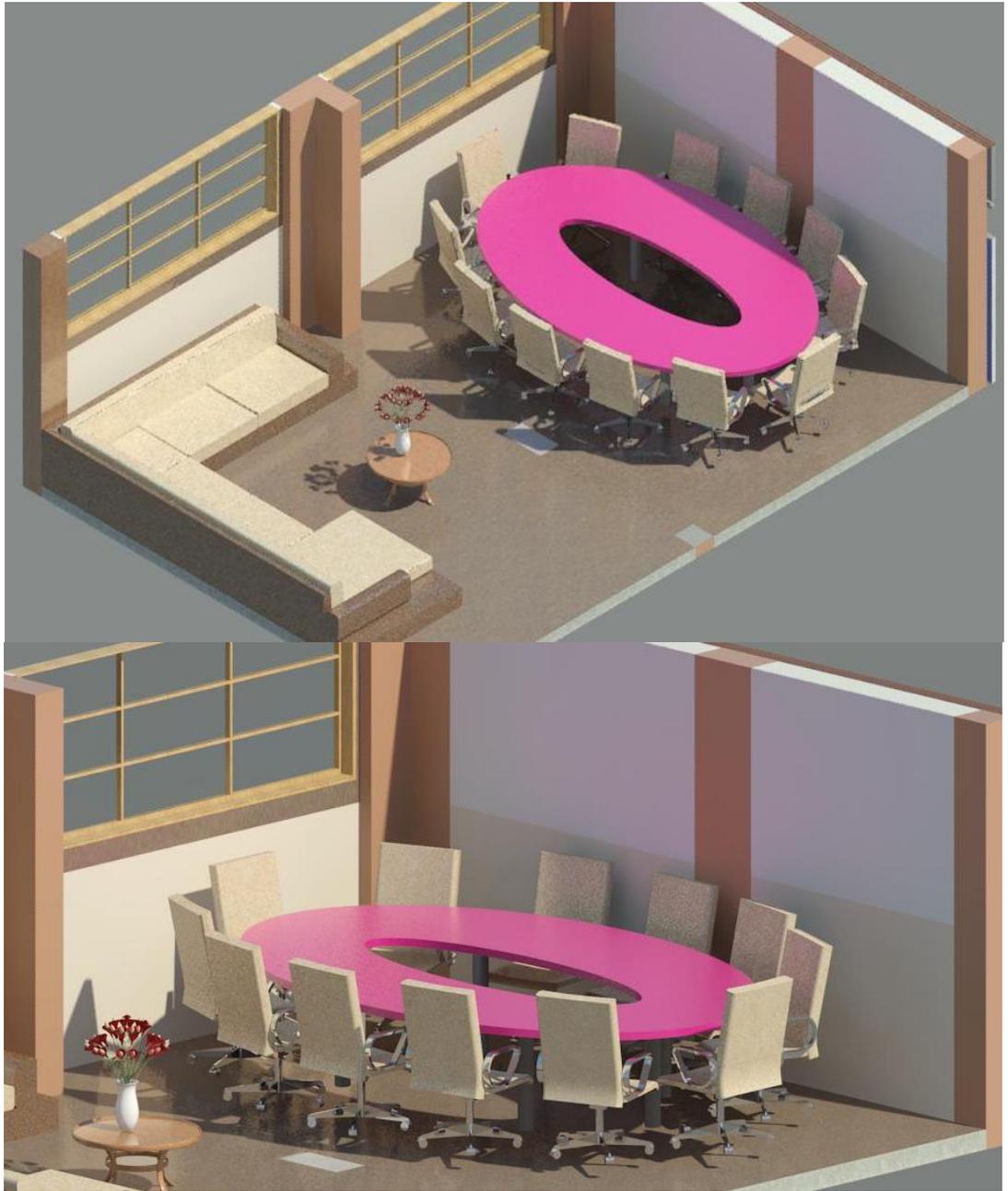
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-76: Tópico



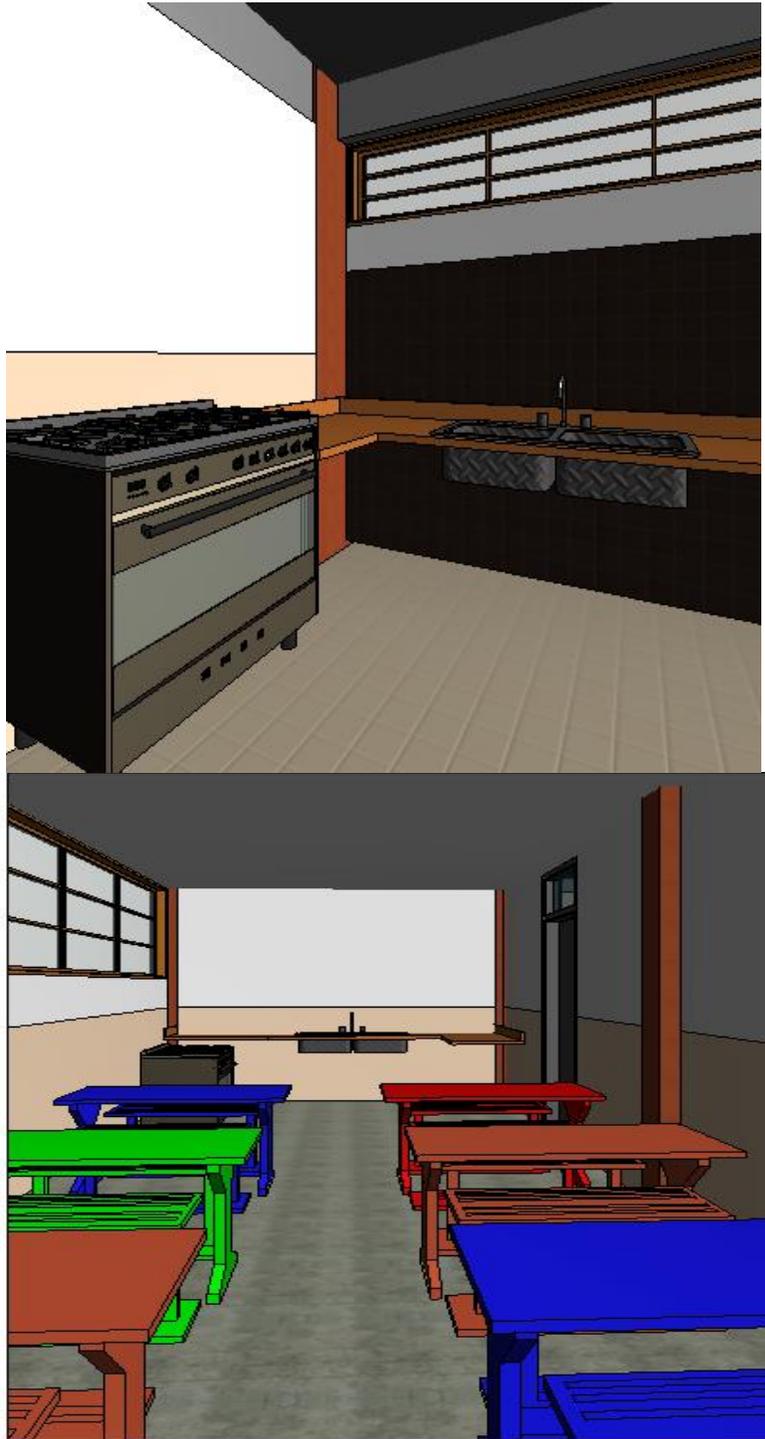
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-77: Sala de Profesores



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-78: Cocina y comedor



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-79: Cafetería



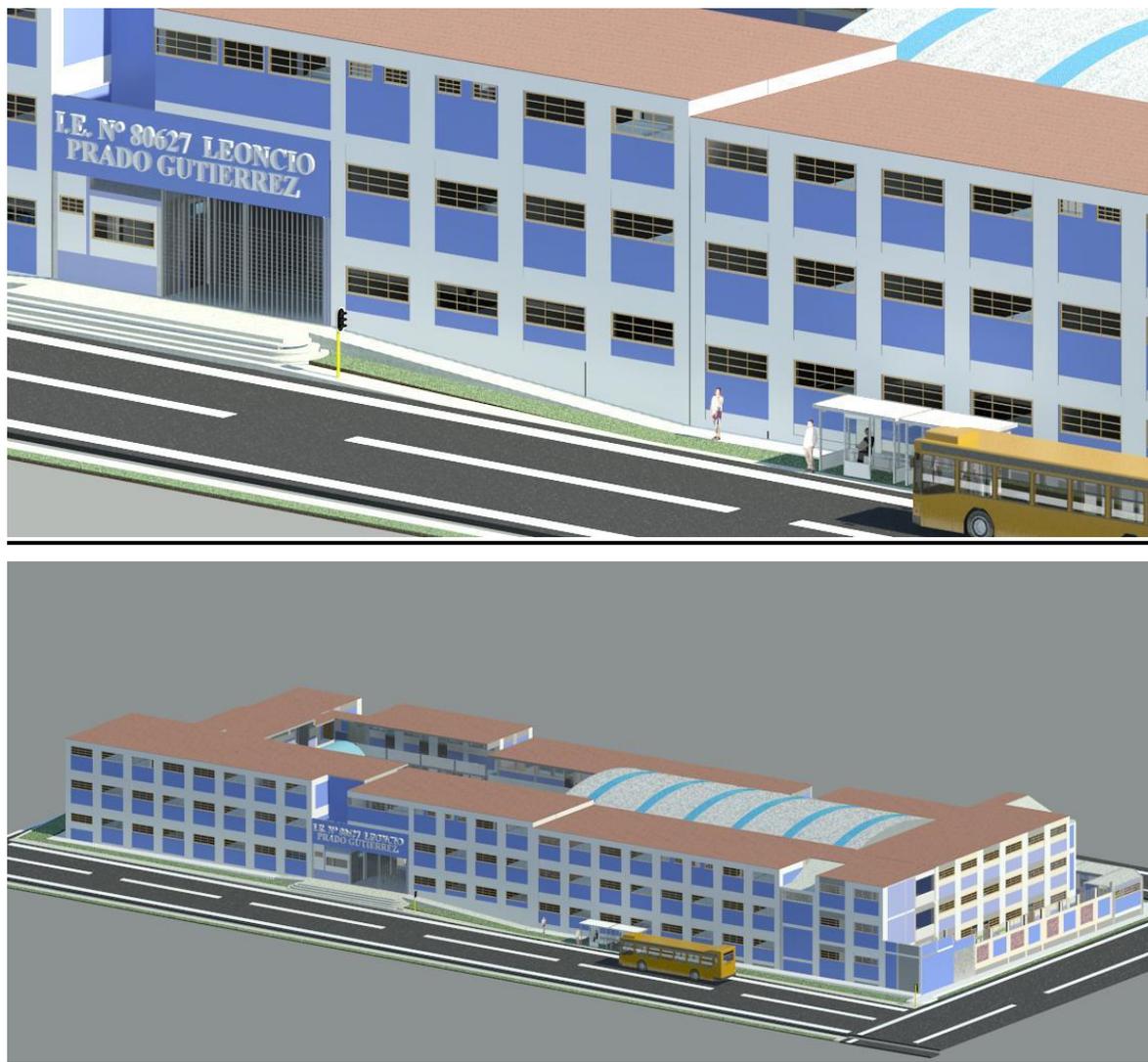
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-80: Polideprotivo



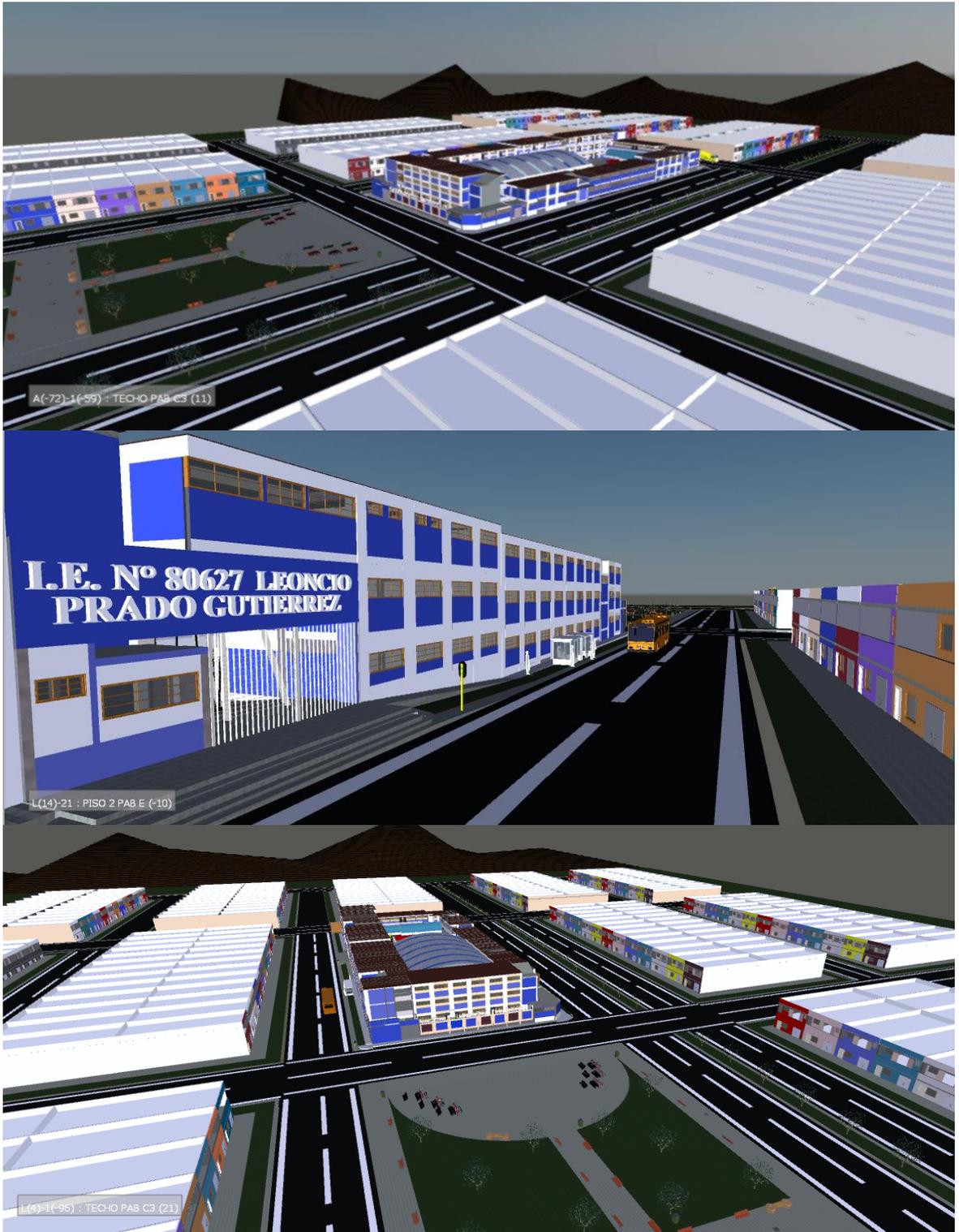
Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-81: Vistas exteriores del Colegio



Fuente: Elaboración Propia

Figura IX-82: Vistas del Colegio



Fuente: Elaboración Propia

9.5. ANEXO N°5: Planos

- Arquitectura
- Estructuras
- Inst. Eléctricas
- Inst. Sanitarias