

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Implementación de la metodología BIM para la etapa de ejecución y
planificación de proyectos**

Trabajo de graduación presentado por María Andrea Dardón Betancourt
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil

Guatemala,

2022

**Implementación de la metodología BIM para la etapa de ejecución y
planificación de proyectos**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Implementación de la metodología BIM para la etapa de ejecución y
planificación de proyectos**

Trabajo de graduación presentado por María Andrea Dardón Betancourt
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil

Guatemala,

2022

Vo.Bo.:

(f)

Arq. Sergio de León

Tribunal Examinador:

(f)

Arq. Sergio de León

(f)

Ing. Roberto Godo

(f)

Arq. Jenifer Andrea Morajaya Espina

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de Enero de 2022.

PREFACIO

El tema de investigación surge por el interés sobre el tema de la planificación y coordinación de un proyecto. Se eligió este tema debido a la oportunidad de recibir cursos sobre el Modelado de información para edificaciones, en el que se utilizó el software de Revit. La motivación del desarrollo de estudio fue a partir del interés sobre la aplicación de la metodología de Building Information Modeling en la etapa de planificación y ejecución.

A lo largo del desarrollo se aprendieron diversas habilidades de dibujo, modelado e integración de información. En un principio desconocía el uso de herramientas de coordinación de proyectos, pero todo aprendizaje lleva una curva desde inicio a fin, que con el tiempo y práctica se va mejorando hasta alcanzar la meta. Fue un proceso largo la generación de información, pero se logró llegar a los resultados esperados.

Primeramente, agradezco a mis papás por haberme dado la oportunidad de estudiar en la Universidad del Valle de Guatemala, ya que gracias a ellos he alcanzado mis metas hasta el día de hoy y me han apoyado durante todo este tiempo. Estoy agradecida por el apoyo que me han dado mis hermanas que por sus palabras de ánimo me ayudan a dar lo mejor de mí.

Por último, se agradece al Arquitecto Sergio de León, por su apoyo continuo a lo largo del desarrollo de este tema de graduación.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	IV
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	XI
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	4
V. Objetivo general	4
VI. Objetivos específicos	4
VII. ALCANCE	5
VIII. Building information modeling	6
A BIM en otros países	7
B Beneficios del uso de la metodología BIM	7
C BIM aplicado al ciclo de la ejecución de un proyecto	8
1 Ciclo de vida de un proyecto	8
2 Variables a lo largo del ciclo de vida de un proyecto	8
D Plan de ejecución BIM	8
1 Identificar los objetivos y usos BIM	9
2 Diseño del proceso de ejecución BIM.....	14
E Coordinación de un proyecto.....	14
F Estándares BIM.....	16
G Dimensiones de la metodología BIM	16
1 BIM 3D.....	16
2 BIM 4D.....	16
3 BIM 5D.....	16
4 BIM 6D.....	16
5 BIM 7D.....	16
IX. Project management	17

A	Rol de un director de proyectos	17
B	Fases de la dirección de proyectos	19
C	Desarrollo del plan de trabajo	21
D	Cronograma	21
X.	Seguridad en obra	21
XI.	SoftWares BIM la etapa de planificación y ejecución	24
A	Revit	24
B	CYPE	24
C	ArchiCAD	25
D	Navisworks	25
E	Synchro	26
F	Plexos Project	26
G	Open BIM health and safety	27
H	Plan de ordenamiento territorial	27
XII.	Desarrollo Objetivo 1	29
A	Documentación BEP	29
1	Sección A: Información del proyecto	29
2	Sección B - Fases de la ejecución	29
3	Sección C - Casos de uso y entregables del proyecto	29
4	Sección D - Metas del proyecto	29
5	Sección E - Autor o usuarios de BIM	30
6	Sección F - Plan de coordinación	30
B	Desarrollo del modelo 3D en Revit	33
1	Fase de excavación	35
2	Fase obra gris	36
3	Fase instalación de tablayeso	38
4	Fase instalaciones puertas y ventanas	38
5	Fase fachada	39
C	Creación del cronograma	42
D	Desarrollo Cype	42
1	Configuración	42
2	Creación de capítulos y partidas	43
E	Desarrollo 4D	53
1	Beneficios del modelado 4D	59
XIII.	Desarrollo Objetivo 2	59
A	Discusión de entrevista	59
B	Desarrollo del modelado con herramientas tradicionales	60
C	Cuadro comparativo de las herramientas utilizadas en ambas metodologías	63

XIV. Desarrollo Objetivo 3	67
A Fichas de seguridad	67
B Elementos de seguridad y salud.....	74
XV. Desarrollo Objetivo 4	81
A Obligaciones autoridades y trabajadores partícipes del proyecto.....	81
B Responsabilidades en la fase de ejecución.....	82
XVI. Análisis y discusión de resultados.....	83
XVII. CONCLUSIONES.....	90
XVIII. RECOMENDACIONES	91
XIX. BIBLIOGRAFÍA	93
XX. APÉNDICES.....	96
A Entrevista	96
B Documento de Plan de Ordenamiento Territorial	97
C Planos Revit	98
D Planos AutoCAD.....	111
E Documentos Simulación 4D.....	122
F Reporte de Open BIM Health and Safty	129
G Planos Open BIM Health and Safty.....	132
XXI. Glosario	137

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Muestra los usos BIM.....	13
2	Descripción de las fases de ejecución	29
3	La tabla muestra los metas con relación a los usos BIM	29
4	Cuadro comparativo	67
5	Cantidad de elementos de seguridad.....	81

LISTA DE GRÁFICOS

Ilustración		Página
1	El ciclo de vida de un proyecto	6
2	Muestra el impacto de cada una de las variables a lo largo del tiempo de vida de un proyecto	9
3	Muestra el proceso del plan de ejecución	10
4	Edificio Chelsea Island.....	15
5	Muestra la barandilla construida y muestra en modelado BIM.....	15
6	Dimensiones del BIM.....	17
7	Esfera de Fluencia	18
8	Esta figura representa lo organización que debe de tener un proyecto.....	19
9	Señales de advertencia.....	22
10	Señales de obligación.....	23
11	Señales de emergencia	23
12	Mapa de Plan de Ordenamiento Territorial	28
13	Configuración de unidades.....	34
14	Definición de los niveles de construcción	34
15	Definición ejes del proyecto.....	35
16	Cimentaciones.....	35
17	Sistema estructural	36
18	Sistema estructural	37
19	Sistema estructural	37
20	Instalaciones de tablayeso	38
21	Instalaciones ventanas.....	39
22	Instalaciones puertas	39
23	Elementos arquitectónicos	40
24	Elementos arquitectónicos	40
25	Vista de elevación sur	41
26	Vista de elevación este	41
27	Vista de elevación norte	41
28	Vista de elevación oeste	42
29	Datos del presupuesto	43
30	Creación de capítulos	44
31	Desarrollo en Cype	45
32	Asignación de rendimientos	52
33	Asignación de rendimientos	52
34	Asignación de rendimientos	53
35	BIM Server Center	53
36	BIM Server Center	54

37	Página principal de Plexos Project	54
38	Página principal de Plexos Project	55
39	Desarrollo de fases	56
40	Assembly code	56
41	Propiedad de descripción	57
42	Propiedad de calendario	57
43	Propiedad control de costo y ubicación 4D	57
44	Simulación sotano 1	58
45	Simulación obra gris	58
46	Simulación de instalaciones	58
47	Obra gris	62
48	Cimentaciones.....	62
49	Cronograma generado en Excel	63
50	Ventajas y desventajas de las herramientas BIM.....	65
51	Ventajas y desventajas de las herramientas tradicionales	65
52	Ficha 1	68
53	Ficha 2	69
54	Ficha 3	69
55	Ficha 4	70
56	Ficha 5	70
57	Ficha 6	71
58	Ficha 7	71
59	Ficha 8	72
60	Ficha 9	72
61	Ficha 10	73
62	Ficha 11	73
63	Ficha 12	73
64	Ficha 13	74
65	Ficha 14	74
66	Ficha 15	74
67	Vista en planta	75
68	Vista 3D.....	75
69	Señales de advertencia en obra.....	76
70	Señal riesgo de caída.....	77
71	Señal de caída de objetos	77
74	Elementos de seguridad personal	79
75	Señales de bioseguridad	79
76	Redes de seguridad.....	80
77	Interacción de información entre herramientas.....	84
78	Fase de excavación.....	85
79	Fase obra gris	85
80	Fase tablayeso	86

81	Fase instalaciones	86
82	Fase fachada	87
83	Diagrama de metodología tradicional.....	87
84	Diagrama metodología BIM.....	88
85	Comparación de tiempos	88
86	Parámetros del POT	97

RESUMEN

La metodología Building Information Modeling (BIM) ha impactado la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción de forma positiva, ya que ha revolucionado el manejo, control y desarrollo del ciclo de vida de los proyectos, por medio de software´s y herramientas. Este tema de investigación surge por el interés de realizar el análisis de la metodología BIM, durante la etapa de ejecución y planificación de un edificio de apartamentos.

Es necesario la generación de documentación del proyecto y especificación de las fases a analizar durante la planificación y ejecución, por medio de la utilización de software´s como Revit, Cype y Plexos. Por otro lado, se hará la comparación entre la metodología BIM con el uso de las herramientas tradicionales para ejecutar y planificar proyectos. Con el fin de analizar las ventajas por las cuales es conveniente utilizar esta estrategia.

Un aspecto importante para la ejecución de un proyecto es el control y seguridad durante la obra. Por medio de la generación de fichas técnicas se puede llegar a establecer criterios de responsabilidad, utilizando el Software Open BIM Health and Safety.

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente trabajo es explicar la implementación de la Metodología BIM en la etapa de ejecución y planificación de la construcción de un edificio para apartamentos.

Esta metodología facilita la colaboración de las distintas partes involucradas de un proyecto y mejora las prácticas del desarrollo del mismo. Sin embargo, existen otras alternativas con la que se podría desarrollar un proyecto, como el Project Management, este busca realizar productos, servicios o resultados únicos, con el fin de alcanzar los objetivos de forma estratégica por medio de un líder de proyecto.

El proceso de investigación y desarrollo, consiste en proporcionar información sobre la utilización de los distintos softwares para el desarrollo de la etapa de ejecución del proyecto. Se utilizaron los softwares que más se acomodan a las necesidades del proyecto.

Además, se realizaron una serie de entrevistas, con el fin de recopilar la mayor cantidad de información, sobre las herramientas que se utilizan para la planificación y ejecución de un proyecto. Para comparar la metodología BIM y la metodología tradicional.

Se desarrollaron los siguientes temas relacionados a la seguridad y salud; primero, se desarrollarán fichas de seguridad de elementos utilizados en la ejecución de un proyecto. Segundo, se presentarán requerimientos de responsabilidad que se deben de cumplir en obra.

De este modo la investigación puede servir como fuente de información para generaciones futuras. Que tenga el interés en ejecutar y planificar proyectos de una forma estructurada y ordenada, además de implementar factores de seguridad y salud.

II. ANTECEDENTES

Los antecedentes de este trabajo son aquellas propuestas de implementación de la Metodología BIM, con diferentes enfoques que ayudan a agregar valor a este trabajo de graduación.

Se puede mencionar el trabajo de graduación llamado *Manual para la ejecución de obra de construcción de edificaciones bajo el enfoque del Building Information Modeling BIM*. En el cual compara el sistema constructivo tradicional y la metodología BIM, con el fin de analizar porque en la ejecución de obra se produce un porcentaje alto de los problemas del proyecto. Además, llega a demostrar las ventajas y limitaciones que se encuentran al aplicar BIM en los proyectos constructivos. (Jonathan León, 2019)

En la Universidad Boliviana de Venezuela, se realizó el trabajo de la implementación de la metodología BIM. Para elaborar proyectos mediante el software Revit. Esta propuesta de trabajo menciona las ventajas de la modelación 3D en los proyectos de construcción, además de muestras el manejo básico del software Revit para poder ayudar a estudiantes a utilizar esta herramienta. (Daniel Chacón, 2017)

Por otro lado, está el trabajo de Alfonso Mojica, quien realiza su tesis de graduación sobre la implementación de la Metodología BIM enfocada a planificación y control del proceso constructivo de una edificación en su país, con el fin de erradicar los procesos que generan sobre costos y errores constructivos que llegan a impactar en la calidad de la construcción y retrasos de tiempos conforme al cronograma. (Mojica, 2012)

Por último, está el trabajo de la aplicación de la Metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos LEAN Construction en proyectos Multifamiliares. Tiene el fin de evaluar la aplicación de la metodología en diferentes proyectos desde el diseño, obra y proceso constructivo, además del análisis de tiempos de entrega por medio de indicadores. (Mendoza, 2020)

III. JUSTIFICACIÓN

Una motivación para realizar este trabajo, es por la demanda en el campo de la construcción guatemalteca, ya que buscan contratar a personas con la capacidad de gestionar proyectos. Esto quiere decir que en el mercado guatemalteco se abren nuevas oportunidades de empleo en donde el manejo del Building Information Modeling tiene potencial.

Un artículo de Prensa Libre presenta estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), que para el 2050 se espera que la población llegue a tener 22.7 millones de habitantes. Lo que implica que el desarrollo de proyectos irá en aumento debido al crecimiento poblacional.

El problema de coordinación se ve ligado con la mala planificación y gestión de la comunicación entre las partes involucradas de un proyecto. Los problemas generados por la falta de conocimientos, análisis y uso inadecuado de herramientas o mala organización. Este trabajo puede llegar a ser una guía para darle seguimiento a la planificación y ejecución de los proyectos.

Los trabajos de tesis que han abordado el tema de Building Information Modeling, se han enfocado sobre la realización de presupuestos o en la comparación del trabajo de un gestor de proyectos y un ingeniero de proyectos. Lo que diferencia este trabajo de graduación con los anteriores, es que va enfocado en analizar la optimización de procesos en la etapa de ejecución, así generando ventajas sobre planificación y tiempos de construcción. Integrando la metodología BIM como una propuesta de implementación en los proyectos.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Utilizar la metodología BIM para representar una simulación en tiempo real de la etapa de ejecución y planificación de un edificio de apartamentos.

B. Objetivos específicos

- Desarrollar un procedimiento estructurado de la planificación y ejecución de un proyecto.
- Analizar comparativamente las distintas herramientas tradicionales vs la metodología BIM.
- Generar fichas de control de seguridad y salud durante la ejecución de proyectos.
- Establecer criterios de responsabilidad dentro de la supervisión en la ejecución de la obra

V. ALCANCE

El trabajo de graduación tiene como fin analizar el uso de la Metodología BIM en la etapa de planificación y ejecución, por medio del análisis en tiempo real de un edificio de apartamentos. Este cuenta con 5 niveles, un área de terraza y cuenta con un sótano de parqueo.

El desarrollo de la metodología se iniciará con la ayuda del Project Execution Planning Guidey a partir de la información generada se comenzará con el proceso de trabajo para la planificación y ejecución. utilizando las distintas herramientas de apoyo para generar toda la documentación necesaria.

El proceso descrito anteriormente será comparado con la metodología tradicional por medio de un cuadro comparativo, y así poder analizar las ventajas y desventajas de ambas metodologías. La información será recolectada por medio de entrevistas y por medio del desarrollo de la metodología tradicional con el mismo modelo, de esta forma se puede agregar otro punto de vista a la información a generar.

Para todo proyecto es importante la seguridad durante la ejecución, esto se logrará por medio de la implementación de elementos de seguridad combinado con el modelo. A partir de la generación de información se generarán criterios de seguridad a seguir.

VI. Building information modeling

"BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (Modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar."(Picó, 2008)

Un proyecto se implementa apropiadamente por medio de la metodología BIM puede proveer una diversidad de beneficios. El valor de esta metodología se ve reflejada a través de la planificación del proyecto, debido a que se genera una mejor calidad en el diseño a través del análisis que esta metodología proporciona. Además, se ve reflejado en la eficiencia por medio de un cronograma que permite visualizar la planificación de construcción. (Program, 2011)

Antes de comenzar a ejecutar un proyecto es importante que el equipo de trabajo desarrolle un plan de ejecución llamado BEP (BIM Execution Plan), este genera la información de los detalles que se deben de incluir en la implementación del proyecto. Este integra cuatro pasos a desarrollar:

- 1) Identificación de los objetivos y usos BIM apropiados en un proyecto.
- 2) Diseño del proceso de ejecución BIM
- 3) Definición de los entregables de BIM
- 4) Identificación de la infraestructura para implementar el plan.

Para llevar el control de un proyecto es importante que las personas implicadas actualicen constantemente la información para que no ocurran inconvenientes en los procesos.

Por lo tanto, la metodología BIM automatiza los procedimientos para facilitar la coordinación, simulación y visualización, así mejorar la manera de planificación, diseño, construcción y administración de un edificio.



Figura 1. El ciclo de vida de un proyecto

A. BIM en otros países

Inglaterra es un ejemplo a seguir en la industria de la construcción, debido a que tiene una asociación llamada National BIM Specification o conocida como NBS. Tiene una plataforma tecnológica que permite a arquitectos, ingenieros, diseñadores y contratistas a trabajar de la forma más eficiente para reducir la mayor cantidad de riesgos. La NBS en el 2011 definieron una estrategia gubernamental para implementar la metodología BIM, con el fin de impulsar la productividad y economía del país. Con el tiempo fueron implementando estándares de los cuales tenía que cumplir como mínimos el estándar BS 1192 que corresponde al estándar británico y PAS 1192 que es la especificación pública.

BIM dio inicio en Estados Unidos a principios de los años 70, fue idea de Charles M. Eastman quién dedicó varias de sus publicaciones al dibujo técnico para arquitectura y construcción, el emitió el primer concepto de un sistema de descripción para edificios. Desde ese entonces Estados Unidos ha evolucionado implementando esta tecnología, hoy en día los trabajos manejados por el sector público deben ser manejados bajo los estándares BIM.

B. Beneficios del uso de la metodología BIM

Utilizar la metodología BIM tiene muchos beneficios que pueden llegar a mejorar las prácticas antiguas de construcción como cuando se modelaba en 2D utilizando Softwares como AutoCad o incluso a base de planos dibujados a mano, a continuación, se mostrarán algunos de los beneficios que se tiene al implementar esta tecnología.

1. En la fase de pre construcción:

Se puede desarrollar un modelo integrado y vinculado al costo, creando una base de datos para comparar si el tamaño del edificio, el nivel de calidad y los requisitos del cronograma, se encuentran dentro del presupuesto de tiempo y costo. Esto le permite al propietario ver si el proyecto es viable tanto en concepto como en diseño; se puede evaluar por medio de herramientas de análisis las alternativas de diseño.

2. En la fase de diseño:

La generación del modelo en 3D, permite visualizar el diseño en cualquier etapa del proceso. En esta se pueden realizar correcciones menores en el diseño, en las que se aplican reglas paramétricas que aseguran una alineación adecuada de los elementos. De la misma forma proporciona Dibujos 2D con alta precisión. Esto reduce una cantidad de tiempo significativa en la generación de Planos, además de reducir los errores asociados. Al haber un cambio en el diseño, se pueden generar automáticamente las modificaciones sin ningún problema.

La colaboración simultánea de las diferentes disciplinas en el diseño del proyecto permite prever errores de diseño entre los diferentes colaboradores. Es un trabajo más complicado, pero permite trabajar modelos 3D coordinados, en los que se pueden anticipar problemas de diseño y se pueden generar soluciones antes de que el proyecto sea ejecutado. Esto ayuda a reducir errores de interferencias, que en la ejecución puede provocar un gasto en la corrección de errores, que no estaba previsto.

3. En la fase de construcción:

La planificación se genera por medio del 4D, que consiste en unirel modelo en 3D con el plan de construcción. Tiene como ventaja que permite simular el proceso completo de construcción, a la vez permite visualizar cómo se vería el edificio en el sitio de construcción, de la misma forma se podrían analizar problemas potenciales del sitio, equipo, espacio, problemas de seguridad, etc.

Debido que en el proceso de diseño se corrigen todo tipo de Interferencias antes de que se lleven a cabo, provoca que el proceso de construcción sea más rápido y por lo tanto se reducen los costos de operación.

4. Después de la construcción:

Se genera una fuente de información del proyecto que permite administrar y controlar mejor las instalaciones.

(Liston, 2008)

C. BIM aplicado al ciclo de la ejecución de un proyecto

1. Ciclo de vida de un proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto está formado por una serie de fases, de las cuales están establecidas a lo largo de una línea del tiempo desde el inicio del proyecto hasta la finalización. Una fase se ve determinada por el conjunto de actividades relacionadas con el proyecto.

2. Variables a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

En la Figura 2, se puede analizar una gráfica del impacto que tiene las variables a lo largo del tiempo en el ciclo de vida de un proyecto, la primera está relacionada directamente con el costo, ya que al principio del ciclo de vida de un proyecto los costos son bajos, pero van aumentando conforme el proyecto se va desarrollando, esto se debe a que hay más colaboradores involucrados y como consecuencia los gastos van aumentando. Además, que en la etapa de la ejecución se van aproximadamente entre el 5 por ciento y 10 por ciento de los costos totales.

La segunda característica que se puede analizar en la gráfica es la línea de riesgos, debido a que al inicio de un proyecto los riesgos son mayores y con forme pasa el tiempo los riesgos van disminuyendo, esto se debe a que al comienzo de un proyecto hay mucha incertidumbre de los acontecimientos que pueden suceder, pero al aplicar una buena planeación y ejecución estos riesgos van disminuyendo hasta finalizar el proyecto. La última característica es el costo para efectuar cambios, ya que este suele ser mayor al ir finalizando el proyecto, debido a que se deben de corregir errores.

D. Plan de ejecución BIM

El plan de Ejecución BIM describe como se debe de llevar a cabo la implementación del desarrollo del proyecto, esto sucede desde que se inicia y comienzan a involucrarse los distintos participantes según la fase del proyecto en la que se va implementando. Por ejemplo, en la fase de ejecución seguramente van a haber más personas involucradas debido a que se necesitan contratistas de diferentes áreas para la construcción del proyecto.

Para desarrollar un plan de desarrollo bien detallado, según BuildingSMART Alliance, se debe de contar con cuatro pasos importantes:

1. Identificar los objetivos y usos BIM del proyecto

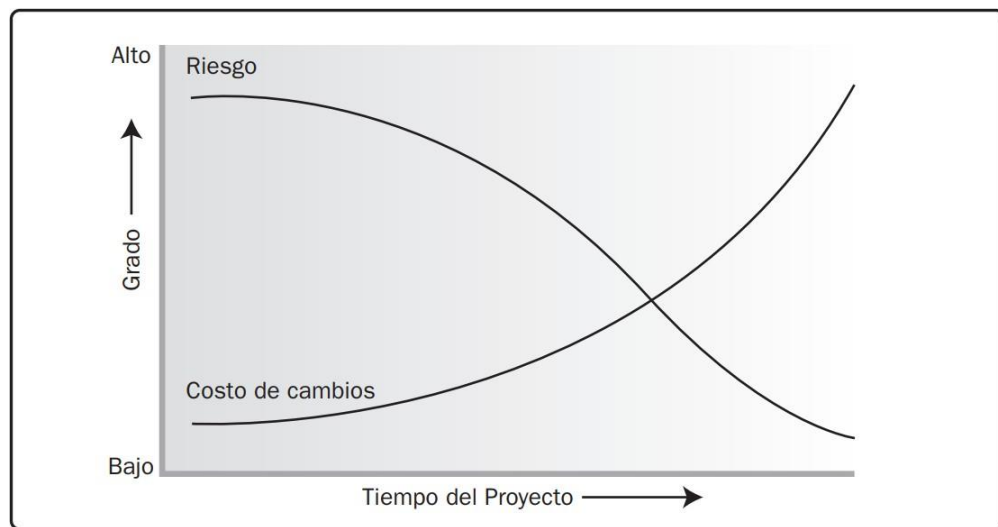


Figura 2. Muestra el impacto de cada una de las variables a lo largo del tiempo de vida de un proyecto

- a. Diseñar el proceso de ejecución BIM
- b. Definir los entregables
- c. Identificar la Infraestructura de apoyo para implementar con éxito el plan. ((Florencia, 2019))

2. Identificar los objetivos y usos BIM.

Una de las cosas más importantes es identificar el potencial de BIM en el proyecto y para el equipo de proyecto. Las metas u objetivos pueden estar ligados con el desempeño tanto como la reducción de la duración del calendario, lograr una mejor productividad, aumentar la calidad y reducción del costo. Además, los objetivos también pueden estar relacionados con las capacidades del equipo del proyecto mientras se hayan definido metas alcanzables y medibles. Dentro del proceso de planeación se integran estándares, como The National Building Information Modeling Standard-United States, conocido por sus siglas en inglés como NBIMS-US.

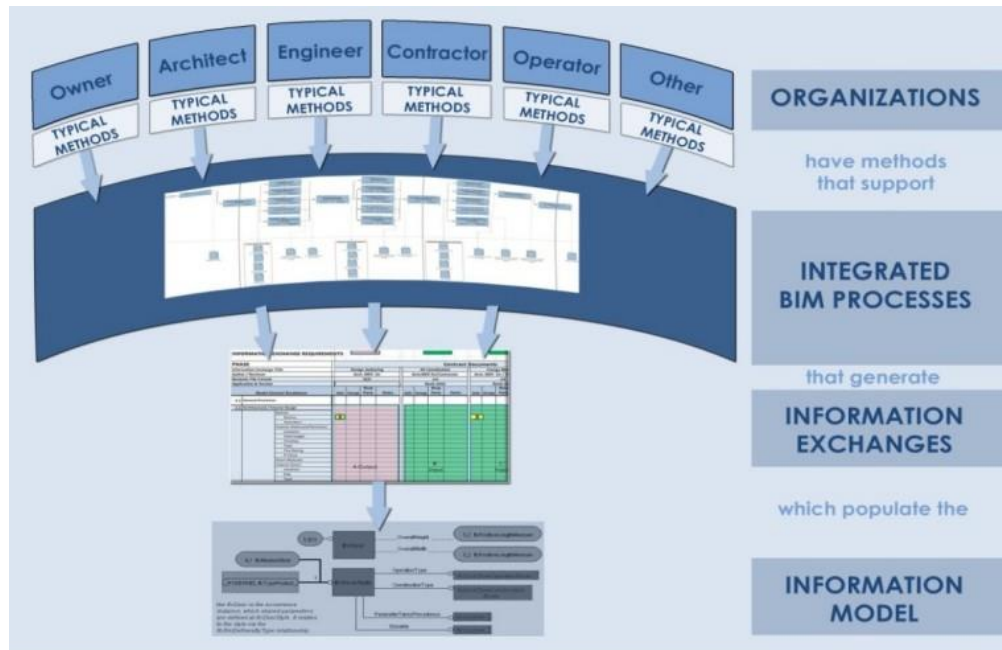


Figure 1-4: The BIM Project Execution Planning Concept

Figura 3. Muestra el proceso del plan de ejecución

Luego de definir los objetivos del proyecto, se deben de identificar los usos BIM relacionados a lo que se quiere alcanzar y el equipo que se encuentra disponible. Dentro del ciclo de vida del proyecto existen veintinueve usos BIM, de los cuales la coordinación 3D, la planificación del uso de emplazamiento, el diseño del sistema de construcción, fabricación digital, control y planeación 3D, mantenimiento del cronograma y el análisis del sistema de construcción entre otros, se identifican como usos que se encuentran dentro de la etapa de planeación y ejecución del proyecto. A continuación se presentará cada uno de los usos BIM. Los usos primarios son todos aquellos que ocurren al inicio de cada etapa y los secundarios son el seguimiento de las acciones primarias.

	Uso BIM	Descripción	Etapas de aplicación	Tipo de Uso
1	Programación del mantenimiento del edificio	Es el proceso en el que la funcionalidad de la estructura y equipo del edificio están en constante mantenimiento durante su vida útil. Ayuda a mantener el desenvolvimiento del edificio, reduce costos de reparaciones y mantenimiento.	Operativo	Primario
2	Análisis del sistema de construcción	Se compara el desempeño del edificio con el diseño especificado. En este proceso se analiza el funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos, etc.	Operativo	Primario

	Uso BIM	Descripción	Etapas de aplicación	Tipo de Uso
3	Gestión de Activos	Este proceso tiene como fin vincular un modelo con la gestión de los activos de un edificio. Este proceso ayuda a generar decisiones a corto y a largo plazo para mejorar las decisiones financieras de un edificio.	Operativo	Secundario
4	Gestión y seguimiento del espacio	Es un proceso que ayuda a distribuir, administrar y rastrear de manera efectiva los espacios relacionados al uso de la instalación. Esto ayuda a que se planifique una mejor asignación de espacio para los materiales y maquinaria durante el desarrollo de construcción.	Operativo	Secundario
5	Planificación de desastres	Es un proceso al que se puede acudir en caso de alguna emergencia en el que se puede acceder a información crítica del edificio con el fin de minimizar riesgos en respuesta a lo que indique el modelo.	Operativo	Secundario
6	Modelado de riesgos	Este proceso es importante porque muestra una representación exacta del estado físico, entorno y activos de la edificación. Debe de contener como mínimo la arquitectura, estructura y elementos MEP.	Operativo	Primario
7	Planificación del uso del sitio	Este proceso permite visualizar las instalaciones permanentes y temporales en el sitio durante las múltiples fases de la construcción.	Construcción	Primario
8	Diseño del sistema constructivo	Este proceso va relacionado con el modelado 3D, es usado para el análisis del diseño constructivo.	Construcción	Secundario
9	Fabricación digital	Es un proceso que digitaliza toda la información para facilitar la fabricación de los materiales. Este también se podría utilizar para ensamblar las piezas fabricadas en el conjunto final.	Construcción	Secundario
10	Control y planificación 3D	Es un proceso que utiliza un modelado de información para establecer tiempo de ejecución.	Construcción	Primario
11	Coordinación 3D	Es el proceso en donde se detectan las interferencias y se determinan conflictos comparando los modelos en 3D con los sistemas de estructuras. El objetivo es erradicar todo tipo de interferencias previo a la instalación.	Diseño y Construcción	Primario

	Uso BIM	Descripción	Etapas de aplicación	Tipo de Uso
12	Diseño de auditoría	Es un proceso que utiliza el modelado 3D para desarrollar un modelo basado en el criterio de diseño, utilizando herramientas basadas en auditoría y análisis.	Diseño	Primario
13	Análisis de Ingeniería	Este proceso está basado en el modelo inteligente para facilitar la simulación y mejora el diseño. El uso de este proceso facilita el diseño de las instalaciones de energía, permite hacer simulaciones para evaluar la distribución de energía.	Diseño	Primario
14	Evaluación de Sostenibilidad (LEED)	Es un proceso que evalúa en base a LEED u otros criterios, este debe ocurrir en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto. Este proceso requiere de integración para lograr los objetivos sostenibles.	Planificación, diseño, construcción y operación	Secundario
15	Validación de código	Este proceso se realiza del proyecto para analizar los parámetros contra las especificaciones del proyecto.	Diseño	Secundario
16	Programación	En este proceso se utiliza la programación para evaluar si es eficiente y preciso el diseño con respecto a los aspectos espaciales. En este se pueden analizar el espacio y comprender si se cumplen con los estándares y regulaciones espaciales.	Planificación y diseño	Primario
17	Análisis de Sitio	En este proceso se pueden utilizar herramientas BIM y GIS para evaluar propiedades del área y determinar la ubicación óptima para cada requerimiento del sitio, desde la ubicación de edificio hasta la ubicación de maquinaria y otro tipo de requerimientos.	Planificación y diseño	Primario
18	Revisiones de diseño	Este proceso ve aspecto del cumplimiento del programa, realiza una evaluación de la estrategia del diseño y espacio. En esta se evalúan todas las necesidades del proyecto desde la iluminación, seguridad, ergonomía, diseño, etc.	Planificación, diseño y construcción	Primario
19	Planificación de fases (Modelado 4D)	Se utiliza el modelado 4D para planificar de una forma más eficiente las secuencias de la construcción y espacio. Además, que permite una mejor visualización para mejorar procesos.	Planificación, diseño y construcción	Primario

	Uso BIM	Descripción	Etapas de aplicación	Tipo de Uso
20	Estimación de costos	Se puede usar este proceso para realizar estimaciones de costos más precisos y determinar su desempeño a lo largo de la vida del proyecto. Esto permite ver los cambios de los costos durante todas las fases y llevar un mejor control si en dado caso ocurren modificaciones o costos extra.	Planificación, diseño y construcción	Primario
21	Modelado de condiciones existentes	Este proceso permite modelar proyectos existentes en 3D y analizar el sitio.	Planificación, diseño, construcción y operación	Primario

Cuadro 1
Muestra los usos BIM

Por motivos de la investigación los usos que se utilizarán en el desarrollo del proyecto son los usos relacionados a etapa de planificación, algunos usos de la etapa de diseño y construcción.

E. Diseño del proceso de ejecución BIM.

Para comenzar un proceso de ejecución es fundamental que se realice un mapeo de los procesos que lleva implementar la metodología BIM. De la misma forma es necesario que se resalten los usos BIM que se implementarán en el proyecto. Esto permite que el proceso sea claro y que se puedan identificar los colaboradores y miembros que participan en el proceso, así mismo se puede identificar los puntos claves de intercambio de comunicación que se compartirán entre las múltiples partes.

En el mapa general se debe especificar el inicio del proyecto, la planificación, el diseño esquemático, el desarrollo del diseño, los documentos de construcción y la operación. En cada una de estas etapas del mapa se debe especificar dos cosas importantes el contratista que va a realizar el trabajo (debe ser una persona capacitada y líder que puede manejar e intercambiar la información con los demás colaboradores), información del modelo según la etapa en la que se encuentra.

Al finalizar el mapa general, se crea el mapa de proceso esto debe incluir los usos BIM de forma detallada, esto incluye especificación de tiempos, información de productividad, análisis de posibles retrasos por el clima u otro tipo de índole, vinculación del cronograma, modelos arquitectónicos y estructurales.

F. Coordinación de un proyecto

Para la coordinación de proyectos se debe de elegir una persona líder con capacidades de transmitir motivación, organizada para detectar prioridades, comunicativa ya que debe de coordinar de forma clara, asertiva en la toma de decisiones que pueden afectar en el desarrollo del proyecto, tiene que tener una gran capacidad para analizar datos para poder detectar problemas, debe ser una persona atenta e informada para detectar problemas externos que puedan influir en el desarrollo.

Como podemos ver estas cualidades tiene que ser tanto personales como profesionales.

La primera cualidad que debe de cumplir es que debe ser una persona metódica y que sepa llevar procesos, por ejemplo, que tenga la capacidad de coordinar reuniones lo más productivas posibles para lograr un avance significativo en el proyecto, además de ser constante para que estas sesiones den soluciones efectivas durante el trayecto de las etapas.

Como segunda cualidad que debe poseer es que, de soluciones asertivas, esto quiere decir que resuelva problemas tomando la mejor decisión en un tiempo estipulado, siempre y cuando tome la opinión de las demás, además debes saber priorizar los problemas conforme a la situación.

La tercera y última característica va relacionada con el pensamiento lógico, por ejemplo, debe saber solucionar un problema analizando los diferentes escenarios y utilizando todos los recursos disponibles, ya sean recursos técnicos, herramientas o experiencia y habilidades.

En mundo existen casos de éxito de la implementación de la metodología BIM, en esta oportunidad se mostrará el caso de la construcción de Chelsea Island, un residencial de lujo, que forma parte del desarrollo urbanístico del master plan de Chelsea Harbour Development en el oeste de Londres. La edificación tiene una superficie de construcción de 12,000 metros cuadrados, las zonas comunes del proyecto incluyen apartamentos, gimnasio, plaza de uso semi público y 1,000 metros cuadrados de espacios comerciales.



Figura 4. Edificio Chelsea Island

La empresa contratada MV-BIM, tenía como responsabilidad llevar a cabo la ejecución de la obra mediante el uso de herramientas BIM, utilizando el software Revit TM para asegurar la calidad y precisión del proceso de diseño, fabricación e instalación. Durante el proceso de ejecución generaron planos de detalles, realizaron el modelo BIM como proceso de pre construcción, llevaron a cabo la coordinación y la detección de interferencias, generaron tablas de cantidades del modelo BIM y realizaron los planos de montaje e instalación de obra. (MV-BIM, 2018)

El desarrollo del modelo BIM, les permitió representar gráficamente cada una de los elementos como paneles, anclajes, conectores, juntas, etc. Para realizar tareas de pre fabricación que aumentaron la productividad y disminuyeron los errores de detalle en obra.

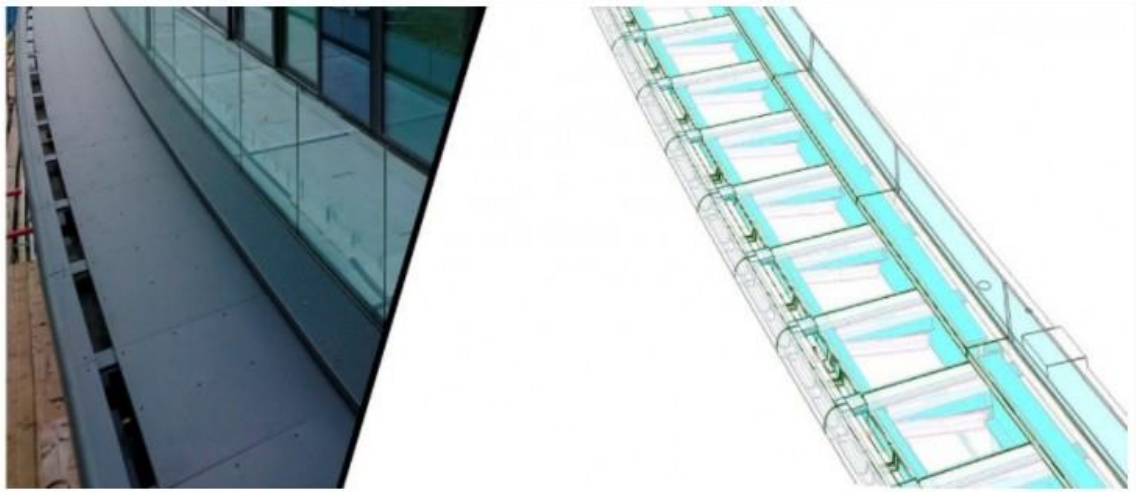


Figura 5. Muestra la barandilla construida y muestra en modelado BIM

G. Estándares BIM

Los estándares BIM son especificaciones para que se de un intercambio de información entre los diferentes agentes de un proyecto. Es importante aplicar los estándares para generar un ciclo de vida sea más eficiente.

El modelo debe de cumplir con los estándares generado en el BIM execution plan (BEP), pueden incluirse elementos adicionales para describir la intención del diseño. Se deben reportes de interferencias, un programa de validación de información en donde se termina de validar la información del espacio de diseño, se debe de definir le nivel de detalle al que se quiere llegar a implementar enel modelo.

En la etapa de coordinación deben de mantenerse consistentes los elementos y objetos que representan la dimensión actual del edificio. Luego el BIM manager define el BEP junto con el equipo de diseño. De este se extrae el modelo junto con los documentos que se compartirán a las diferentes disciplinas. Al momento de hacer el intercambio de información es importante mantener reuniones de coordinación con los subcontratos, para hacer revisiones de los cronogramas de programación con cada una de los campos de instalación. El responsable de la integración de los modelos 3D en una sola herramienta, es el equipo del BIM manager. El equipo de construcción debe proveer una coordinación BIM mediante reuniones. (USF, 2018)

H. Dimensiones de la metodología BIM

1. BIM 3D.

Es la representación gráfica de un modelo arquitectónico, estructural y de instalaciones, que permite interactuar, visualizar y realizar modificaciones al modelo con el fin de brindarsolución a los problemas de incompatibilidades antes de la ejecución del proyecto. (Leandro Fernández, 2016)

2. BIM 4D.

El modelado 4D se basa en la programación y tiempo de la construcción, programando el calendario de obra y a la vez vinculando el modelado 3D, que permite ver la simulación constructiva del tiempo real del proyecto. Esta etapa ayuda a reducir la variabilidad en la etapa de construcción y optimiza el tiempo ya que controla el avance del proyecto. (Leandro Fernández, 2016)

3. BIM 5D.

El modelado 5D se encarga de coordinar el costo y presupuesto de la obra, en este se realiza el cálculo de cantidades de los materiales, mano de obra, maquinaria, etc. Se pueden utilizar softwares para la creación de los reportes de presupuestos. (Leandro Fernández, 2016)

4. BIM 6D.

Esta dimensión consiste en la sustentabilidad del proyecto, incorpora la información de los materiales, incluye las propiedades físicas, químicas, térmicas, acústicas, etc. Con esta información se puede analizar el comportamiento de un edificio y realizar los análisis de energía, consumo de agua, análisis lumínico, entre otros. (Leandro Fernández, 2016)

5. BIM 7D.

Según Leandro Fernández (2016) el modelado 7D consiste en el mantenimiento y operación del proyecto. Esta fase es la más duradera, debido a que es a lo largo de la etapa de funcionamiento, muchas veces esta fase no se llega a monitorear. Esta fase es importante para mantener el control de información importante como los planos de arquitectura, electricidad, estructurales, etc. (Leandro Fernández, 2016)

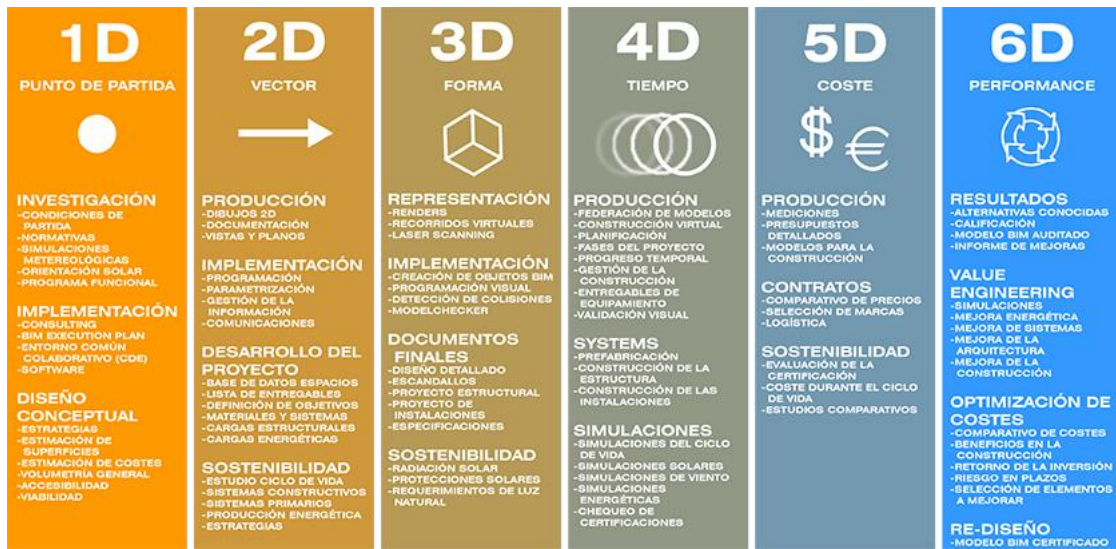


Figura 6. Dimensiones del BIM

VII. Project management

Es una disciplina que engloba la organización, el planteamiento y el control de los recursos con la finalidad de alcanzar objetivos para llegar a la meta esperada de uno o varios proyectos.

Los proyectos son trabajos temporales realizados para crear productos, servicios o resultados únicos. Estas acciones se realizan para lograr el objetivo a través de la posición estratégica que se desea alcanzar. El proyecto impulsa el cambio porque está destinado a trasladarse de un destino a otro para alcanzar metas específicas. El líder del proyecto tiene como objetivo mantener la organización siguiendo cuatro elementos, que son:

- Cumplir con regulaciones, leyes o requisitos sociales.
- Crear, mejorar o reparar entregables, procesos o servicios.
- Cumplir con los requisitos o necesidades de las partes relevantes.
- Implementar o cambiar estrategias comerciales o técnicas.

La importancia de la gestión de proyectos es aplicar conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos. Todo esto se logra a través de la integración total de los procesos de administración de aplicaciones y proyectos para lograr metas, aumentar las posibilidades de éxito, resolver problemas y optimizar el uso de los recursos organizacionales. (Institute, 2010)

A. Rol de un director de proyectos

El rol del director de proyectos tiene como fin liderar y organizar la ejecución de un proyecto, esta persona debe de cumplir con ciertas características de personalidad que tiene como meta alcanzar los objetivos del proyecto a desarrollar.

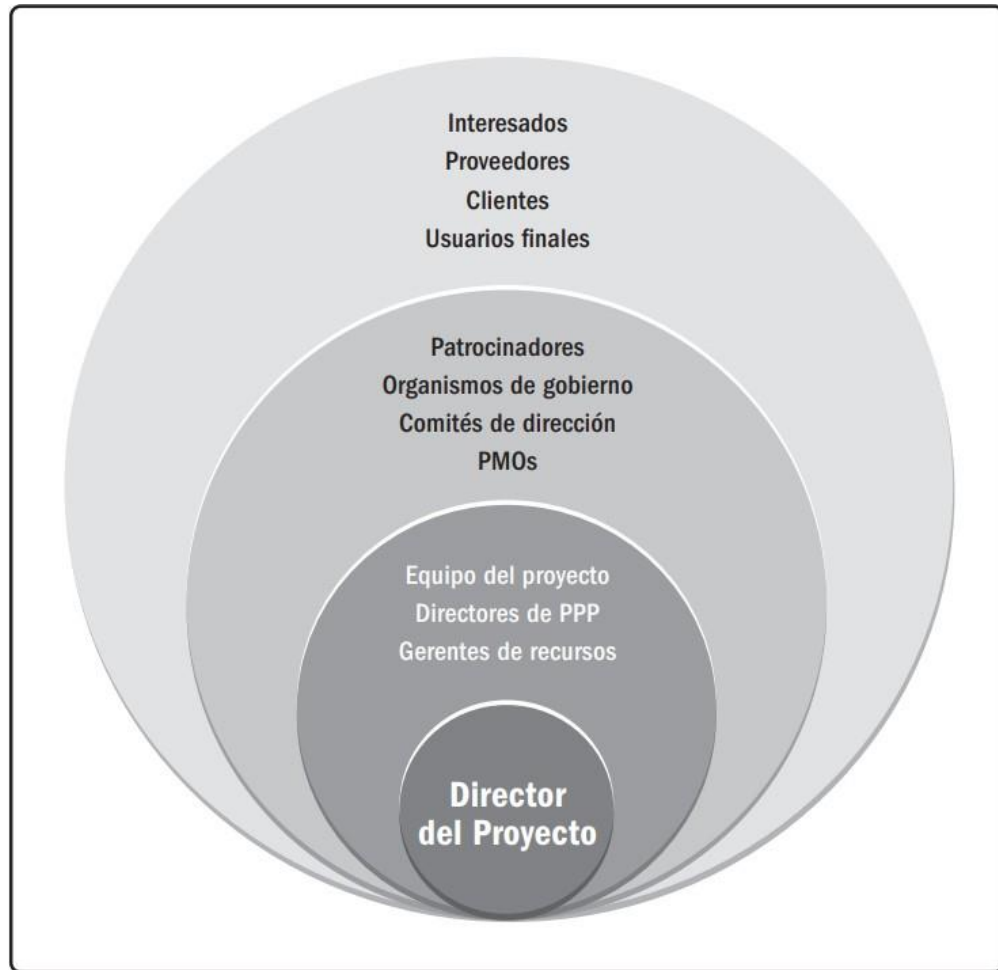


Figura 7. Esfera de Fluencia

El director de proyecto se encuentra en una posición en la cual debe llegar a comunicarse con todas las personas que impactan en la toma de decisiones del proyecto, estas se encuentran en las diferentes áreas como se puede ver en la "Esfera de fluencia". Mantener la comunicación con estas distintas áreas es importante para poder notificar las modificaciones o cambios en el proyecto, además la opinión de cada una de estas áreas afecta directamente en el desarrollo del proyecto.

Es importante que el director de proyectos se mantenga informado de la coyuntura del país, debido a que las tendencias pueden afectar de manera positiva o negativa el desarrollo del proyecto. Esto llega a ser una ventaja debido a que se pueden evitar problemas con tiempos de ejecución o generar soluciones con nuevas tecnologías que salen en el mercado. Un ejemplo de ello es la implementación de los drones en el área constructiva, estos pueden llegar a transmitir las imágenes en tiempo real del proyecto, permite el acceso a zonas peligrosas o que son difíciles de inspeccionar, se puede analizar los avances de la obra y tener un monitoreo.

B. Fases de la dirección de proyectos

En la dirección de las fases de proyectos, se encuentran cinco procesos, los cuales son proceso de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y finalización. Este se puede representar en un diagrama de flujo con los procesos de la dirección de proyectos.

Para el desarrollo de un proyecto puede que se utilizan más área de conocimientos adicionales a las explicadas anteriormente, ya que cada proyecto tiene sus particularidades dentro de cada uno de los procesos. Esta área de conocimiento se distribuye a lo largo de la dirección de procesos, en especial en el proceso de planificación y en el monitoreo y control.

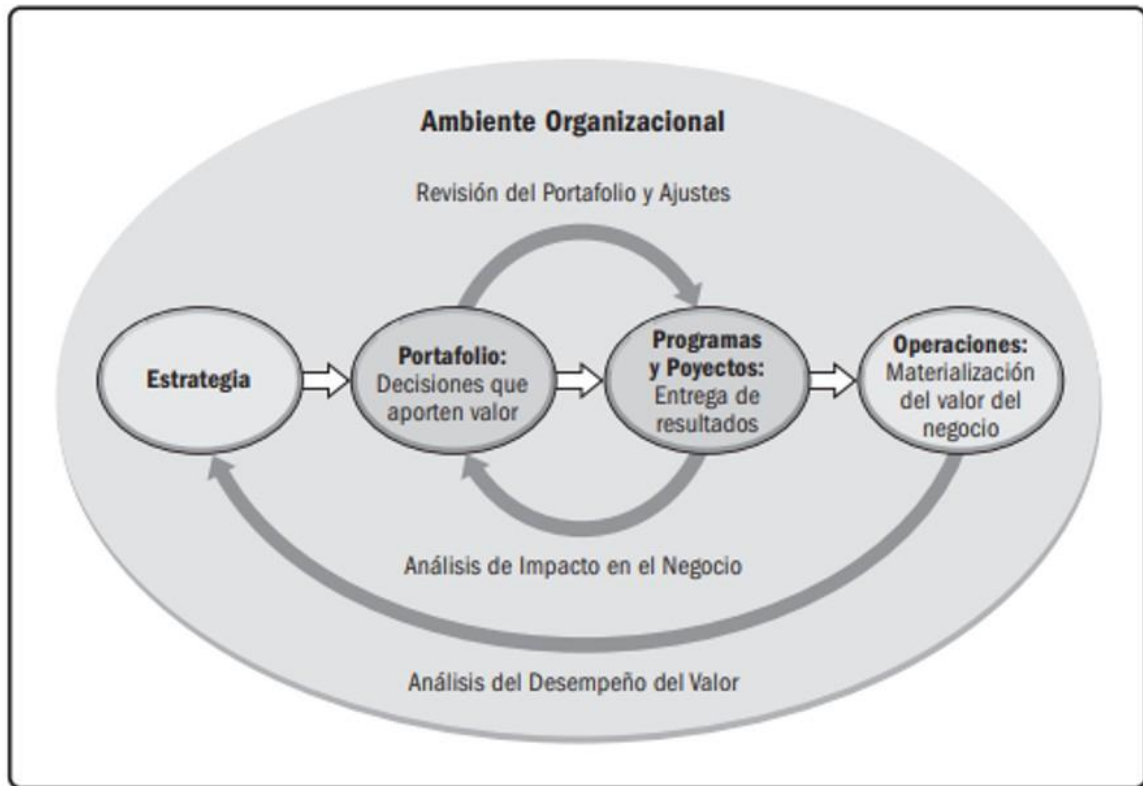


Gráfico 1-4. Dirección Organizacional de Proyectos

Figura 8. Esta figura representa lo organización que debe de tener un proyecto.

Los componentes clave sirven para realiza el proyecto de una forma eficaz, los diversos componentes se relacionan unos con otros durante la dirección de un proyecto.

1. Ciclo de vida del proyecto: Es una serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.
2. Fase del proyecto: Conjunto de actividades del proyecto relacionadas lógicamente que culmina con la finalización de uno o más entregables.
3. Punto de revisión de fase: La revisión al final de una fase en la que se toma una decisión de continuar a la siguiente fase, continuar con modificaciones o dar por concluido un programa o proyecto.

4. Proceso de dirección de un proyecto: Serie sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de forma tal que se actuará sobre una o más entradas para crear una o más salidas.

5. Grupo de procesos de la dirección de proyectos: Agrupamiento lógico de las entradas, herramientas, técnicas y salidas relacionadas con la dirección de proyectos. Los grupos de procesos de la dirección de proyectos incluyen procesos de inicio, planificación ejecución, monitoreo y control, y cierre. Los grupos de procesos de la dirección de proyectos no son fases del proyecto.

6. Área de conocimiento de la dirección de proyectos: Área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen. (Institute, 2017)

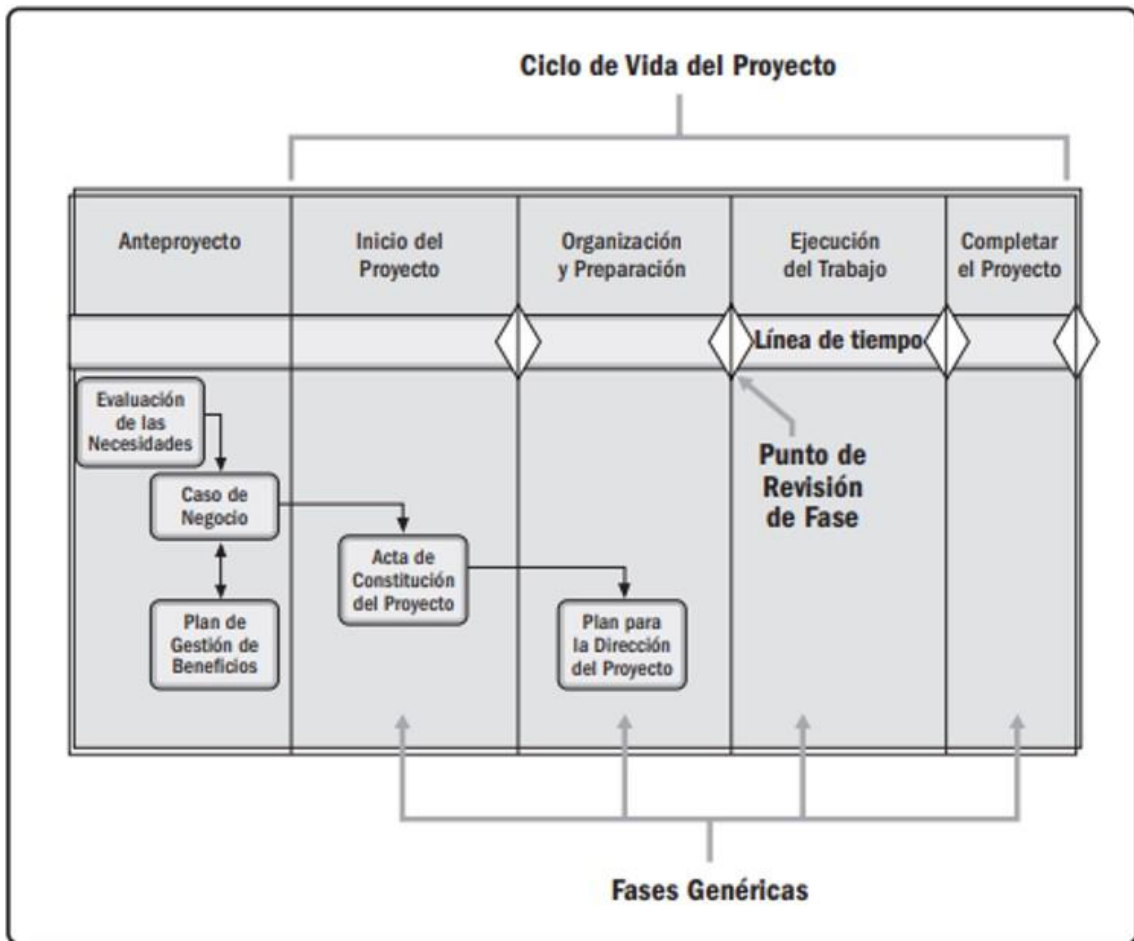


Gráfico 1-8. Interrelación entre la Evaluación de Necesidades y los Documentos Críticos del Negocio/Proyecto

Figura 9

Para la autorización de otras actividades de dirección del proyecto. El plan de gestión de beneficios del proyecto es una explicación documentada que define los procesos de crear, maximizar y mantener los beneficios proporcionados por un proyecto.

C. Desarrollo del plan de trabajo

Es importante que el desarrollo del plan de trabajo se desarrolle en las etapas tempranas del proyecto. En esta etapa es indispensable que un director de proyectos esté familiarizado con los objetivos del cliente, las necesidades y a tener presente cualquier tipo de información adicional que ayude a complementar el desarrollo del plan de trabajo. Existen tres categorías en las cuales se define un proyecto: Alcance, Presupuesto y Cronograma, estas tres deben ser ejecutadas con alta calidad para que de ser una buena ejecución del proyecto. Para cada una de las fases es importante realizar una serie de preguntas que ayudan a organizar un proceso de revisión.

El plan de desarrollo de trabajo, tiene la finalidad identificar las metas y usos apropiados en el proyecto, diseñando el proceso de ejecución BIM, definiendo los entregables BIM e identificando la infraestructura de apoyo para que se pueda implementar con éxito el plan.

D. Cronograma

La planificación de un proyecto lleva una serie de actividades necesarias con las cuales se lleva a completar el proyecto de una forma exitosa. El cronograma es el proceso de determinación del orden secuencial del plan de actividades, asignando el tiempo y duración de cada trabajo y especifica los tiempos de inicio y fin. (Levitt, 2000)

El sistema de control consiste en planificar, medir, evaluar, pronosticar y controlar los aspectos de un proyecto como la calidad, cantidad, costos y los horarios. Para lograr administrar se debe de realizar de una forma simple y fácil de entender.

Para desarrollar un cronograma se debe de utilizar el Método de la Ruta Crítica o bien conocido en inglés como Critical Path Method (CPM), estos se desarrollan por medio de diagramas que a lo largo del año ha sido un método exitoso para desarrollo de los horarios y cronogramas. En este se ven diferentes variables como el período de trabajo, la cantidad de trabajo, la calidad y el costo. Además, es importante que se genere un cronograma para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto, por medio del análisis de las actividades, tiempo de duración, requisitos y recursos.

VIII. Seguridad en obra

La normativa de equipo de protección personal (EPP), tiene como objetivo proporcionar seguridad física a los trabajadores, ya que el sector constructivo es vulnerable ante accidentes en campo que pueden llegar a ser graves o en el caso más extremo mortales; como prevención solicitan el uso del siguiente equipo de protección:

Los equipos de protección personal se utilizan en todo momento o solamente en áreas específicas, es importante que los equipos se encuentren bajo las normas de seguridad nacionales para brindarle la mejor seguridad a los trabajadores.

Esta sección sirve como herramienta de apoyo para informar a los trabajadores que equipo de seguridad se debe utilizar para la ejecución de una obra. Además, es importante conocer la señalización de obra y construcción, estas se categorizan por diferentes categorías:

La primera categoría de señal de advertencia, esta permite dejar reglas claras de los sucesos de determinada señal, así evitando posibles accidentes.





Señal	Descripción	Tipo de señal	Figura
Cruce Peatonal	Esta señal advierte al conductor de un cruce peatonal en donde debe de dar preferencia al peatón	Advertencia	
Excavación profunda	Se utiliza en obras de construcción para advertir a trabajadores y transeúntes de que la zona hay una excavación con cierto grado de peligro.	Advertencia	
Entrada y salida de camiones	Se utiliza con el fin de advertir de la existencia de un espacio de donde ingresan y salen camiones o vehículos de carga.	Advertencia	
Maquinaria pesada	Se utiliza en área donde se estén realizando trabajos con maquinaria pesada que se encuentra en constante movimiento	Advertencia	

Figura 10. Señales de advertencia

La segunda categoría son las señales de obligación, son las señales que informan al usuario especificaciones de la obra o que obligan directamente al usuario a cumplir ciertas reglas, en este caso se identifican con color azul. A continuación, se muestran la simbología de obligación, las descripciones de estos elementos fueron descritos anteriormente por la normativa EPP.



Figura 11. Señales de obligación

La tercera categoría son las señales de emergencia, estas indican las rutas de evacuación de las instalaciones, ubicadas en las salidas de emergencia y estaciones de protección, así como elementos auxiliares. (CONRED, 2019) Estas se indican de color verde como se muestra a continuación.




Señal	Descripción	Tipo de Señal	Figura
Ruta de evacuación	Esta señal indica las salidas de emergencia.	Emergencia	
Puntos de reunión	Como dice el nombre es el área designada posterior a una evacuación.	Emergencia	

Figura 12. Señales de emergencia

Estas tres categorías son las más importantes de identificar, ya que son las señales que se utilizan en el proceso de ejecución.


IX. Softwares BIM en la etapa de planificación y ejecución

A. Revit

Software	Descripción	Implementación	Imagen
Revit	Es un software que permite la creación de modelos, con los principios básicos del modelado de información.	Modelado	
Ventajas		Desventajas	
Tiene la ventaja de integrar los trabajos con el concepto BIM, además trabaja con conceptos paramétricos, esto quiere decir que los elementos 3D y 2D están relacionados.		El enfoque estructural no tiene tanta precisión de diseño, ya que carece de herramientas. Los elementos isométricos determinados no tienen tanta flexibilidad de modificación.	


(Pura, 2021)

B. CYPE

Software	Descripción	Implementación	Imagen
CYPE	Es un software para arquitectura, ingeniería y construcción.	Estructuras, modelado, instalaciones documentación	
Ventajas		Desventajas	
Ofrece la variabilidad de programas que ofrece fiabilidad, sencillez y rapidez. Permite visualizar la estructura y detectar errores en los elementos. Incluye normas vigentes en cada una de las áreas.		Puede ser complicado entender el funcionamiento, ya que tiene un menú amplio.	


(CYPE Ingenieros, 2021)

C. ArchiCAD

Software	Descripción	Implementación	Imagen
ArchiCAD	Es un software especificado en la arquitectura, interiorismo y construcción, que trabaja bajo el concepto de VirtualTM.	Modelado	 GRAPHISOFT Archicad®
Ventajas		Desventajas	
El proceso de diseño es bastante sencillo y sin complicaciones, permite crear masas conceptuales, lo cual facilita el proceso.		Una de las desventajas es que los procesos conceptuales del método push/pull no son tan fáciles de implementar dentro del proyecto.	


(GRAPHISOFT, 2021)

D. Navisworks

Software	Descripción	Implementación	Imagen
Navisworks	Es un programa de revisión de proyectos, con la finalidad de mejorar la coordinación BIM.	Planificación y coordinación	
Ventajas		Desventajas	
Controla los horarios y costos mediante la simulación del 4D y 5D, facilita la interacción de los objetos del modelo para la simulación.		Requiere una inversión económica alta, por ser una metodología de trabajo con herramientas nuevas puede demorarse más tiempo.	


(Autodesk, 2021)

E. Synchro

Software	Descripción	Implementación	Imagen
Synchro	Synchro es un software de Bentley, integrado para la realización de la gestión de procesos constructivos, permite la programación y la simulación 4D de proyectos de construcción vertical.	Planificación y coordinación	
Ventajas		Desventajas	
Este facilita la gestión, permite la creación de cronogramas y vincula la coordinación con el modelado BIM, también permite trabajar en tiempo real.		Puede llegar a tener ciclos largos de operación.	


(SYSTEMS, 2021)

F. Plexos Project

Software	Descripción	Implementación	Imagen
Plexos	Es un software que trabaja con las dimensiones 3D, 4D y 5D, permite el control de proyectos y ciclo de vida.	Planificación y coordinación	
Ventajas		Desventajas	
Es flexible su forma de trabajo BIM, además permite conectarse al BIM server center, para el intercambio de información. Genera visualizaciones del progreso.		Requiere mucho detalle si es un proyecto grande.	

(BIMRECH, 2021)

G. Open BIM health and safety

Software	Descripción	Implementación	Imagen
Open BIM Health and Safety	Es un software que permite elaborar los planos de elementos de protección dentro de un proyecto, con el fin de proporcionar seguridad y salud para cada uno de los usuarios.	Seguridad y salud	
Ventajas		Desventajas	
Tiene diferentes tipos de protecciones colectivas de las cuales son: barandillas, redes verticales, protecciones de huecos, andamios, zonas de acopio, rótulos indicadores de información, vallas perimetrales, entre otros.		Dificultad de utilizar alguna otra alternativa según el resultado del programa.	

(Server, 2021)

H. Plan de ordenamiento territorial

El plan de ordenamiento territorial, es una normativa que planifica y regula el urbanismo, basado normativas legales y técnicas de la Municipalidad de Guatemala, el objetivo de revisar el POT es para determinar el área más conveniente del desarrollo del edificio de apartamentos, tomando en consideración aspectos de las intensidades de construcción según la división territorial del Municipio de Guatemala. El POT se categoriza en 6 zonas generales:

Zona G0: Esta es el área de conservación de la naturaleza y el ambiente, son zonas de alto riesgo a desastres naturales, por lo que no son aptas para la construcción de edificaciones.

Zona G1: Es más conocido como el área rural, se considera para la conservación del ambiente y los recursos naturales, es habitable pero la intensidad de construcción es baja.

Zona G2: Es una zona semiurbana, en la cual la distancia con las vías de mayor acceso se considera convenientes para edificaciones de baja intensidad de construcción. En esta área predomina en la vivienda unifamiliar y las áreas verdes. Zona G3: Se le conoce como el área urbana, son las áreas con cercanía a la red de transporte, se consideran aptas para las construcciones de mediana intensidad. Predomina la vivienda, tanto para unifamiliar como multifamiliar.

Zona G4: Es el área central por la mayor cercanía a las vías de acceso del municipio, se consideran aptas para edificaciones de alta intensidad, en donde predominan las viviendas para familiar multifamiliares.

Zona G5: Se le conoce como el núcleo por su colindancia con las vías de mayor acceso del municipio, se consideran aptas para el desarrollo de edificaciones de muy alta intensidad de construcción.

En las que predominan la vivienda multifamiliares y de usos no residenciales compatibles con la vivienda.

El desarrollo del modelo se supondrá que el proyecto a desarrollar está ubicado en una zona G4 esto quiere decir que se encuentra relativamente cerca de una ruta principal de la ciudad, según los requerimientos del POT este no debe de sobrepasar una altura de 32 metros.

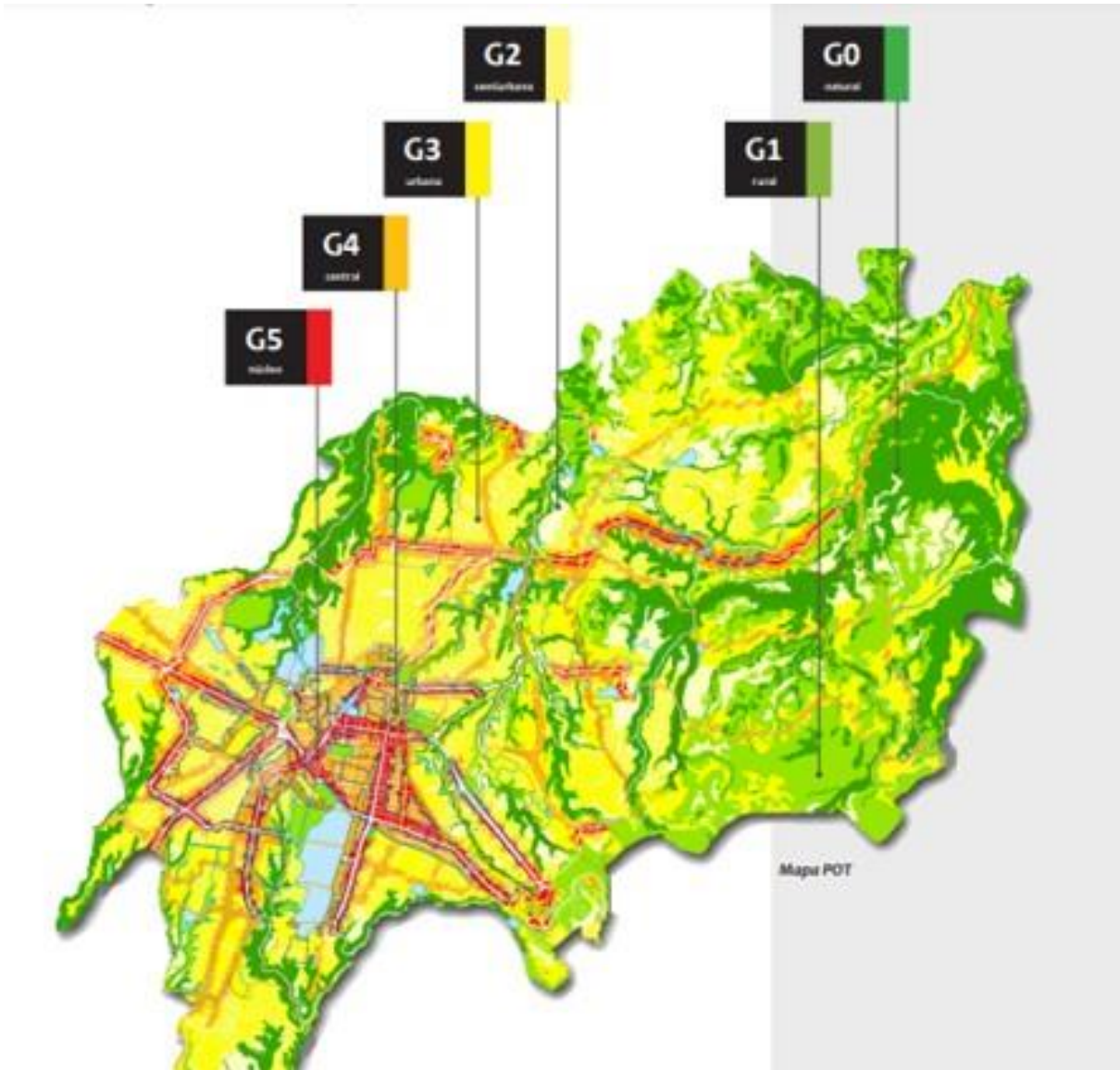


Figura 13. Mapa de Plan de Ordenamiento Territorial

IX. Desarrollo Objetivo 1

A. Documentación BEP

1. Sección A: Información del proyecto.

A continuación, se mostrará la información básica del proyecto.

Información	Descripción
Dueño del proyecto	Universidad del Valle de Guatemala
Título del proyecto	Edificio de apartamentos
Tipo de proyecto	Apartamentos familiares
Tipo de contrato	Planificación y ejecución
Ubicación	Ciudad de Guatemala.
Categoría del proyecto	G4

Es un complejo de 5 niveles de apartamentos familiares de 138 metros cuadrados. Cuentan con área de eventos, con una terraza para fines recreativos, los residentes tienen un área de parqueo bajo sótano, el de las visitas está ubicado al aire libre.

2. Sección B - Fases de la ejecución.

A continuación, se muestra el contratista responsable de cada una de las fases de la planificación y ejecución.

Contratista	Descripción
Excavación	El tipo de contrato es para realizar la excavación del sótano 1.
Obra civil	Encargados de realizar el levantamiento de muros, losas y columnas del edificio.
Tablayeso	Instalación de tabique de tablayeso para el área interior de los apartamentos.
Ventanería y puertas	Instalación de puertas y ventanas en las áreas asignadas.
Fachada	Instalación de elementos de decoración del edificio.

Cuadro 2

Descripción de las fases de ejecución

3. Sección C - Casos de uso y entregables del proyecto.

Los usos del proyecto, se enfocan en la etapa de planificación y ejecución. Si vemos la Figura 4 se analizarán los usos BIM de: programación, revisiones de diseño, modelado 4D y planificación de fases.

4. Sección D - Metas del proyecto.

A continuación se describen las metas y objetivos del proyecto en base a los usos definidos con anterioridad.

Prioridad	Descripción de Meta	Uso BIM
Alta	Evaluar la eficiencia del diseño	Programación
Alta	Determinar la ubicación para analizar los requerimientos del sitio.	Análisis de sitio
Alta	Este proceso se revisa el cumplimiento de diseño	Revisión de diseño
Alta	Planificación eficiente de la construcción	Modelado 4D

Cuadro 3

La tabla muestra las metas con relación a los usos BIM

El objetivo principal de la programación, es la generación de información y la realización del cronograma. Para comprender el flujo de trabajo de cada una de las áreas.

El objetivo para el análisis de sitio es poder determinar la posible ubicación de la maquinaria y poder mantener la seguridad de obra. Por otro lado, la revisión del diseño debe llevar una serie de planos para generar la mayor información.

Por último, está el objetivo del Modelado 4D, que tiene que involucrar las simulaciones de la programación y el tiempo de construcción determinado para dar resultados de avances del proyecto.

5. Sección E - Autor o usuarios de BIM.

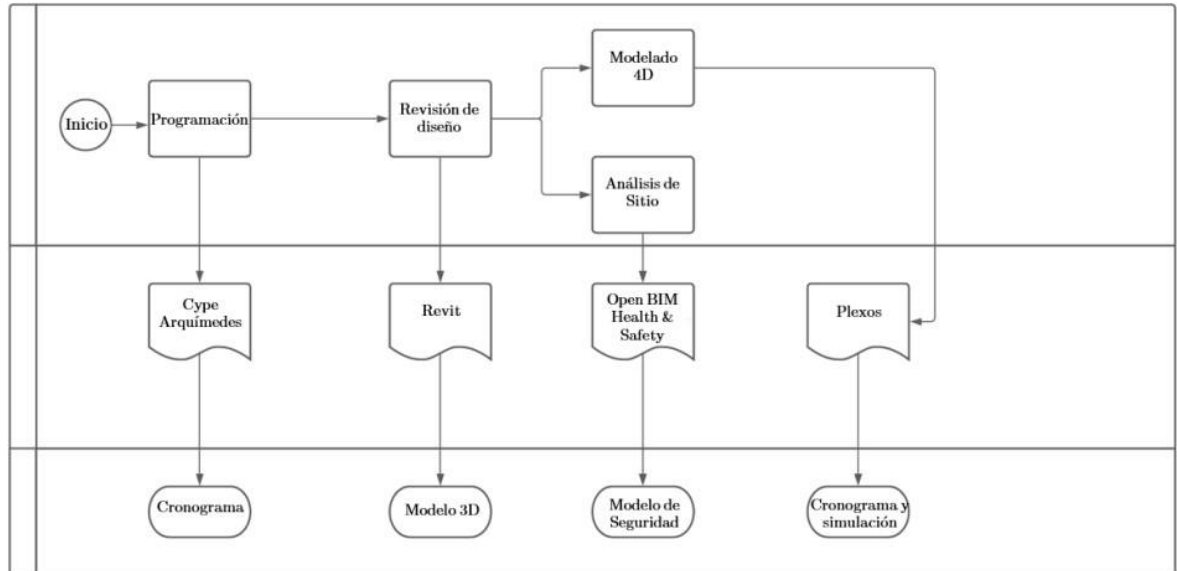
A continuación, se muestra el uso determinado de la etapa de planificación con su encargado y el software que se utilizará para generar la información.

Uso BIM	Encargado	Software
Programación	Project Manager	Cype
Análisis de sitio	Ingeniero Civil	Open Bim Health and Safety
Revisión de diseño	Ingeniero Civil	Revit
Modelado 4D	BIM Manager	Plexos

6. Sección F - Plan de coordinación.

Una vez identificados los usos BIM, se plantea el mapa del proceso secuencial para llevar a cabo la planificación y ejecución del proyecto. Este ayuda a identificar los recursos de información que se necesitan, además del intercambio de información requerido para el proceso.

El Modelo de Información se debe encontrar clasificado por dentro de las fases del proceso de planificación y ejecución.

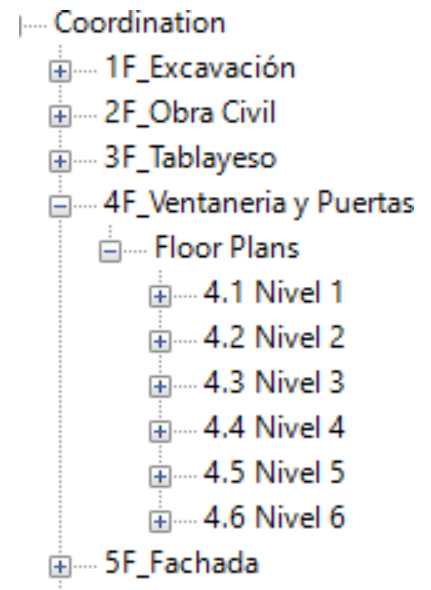
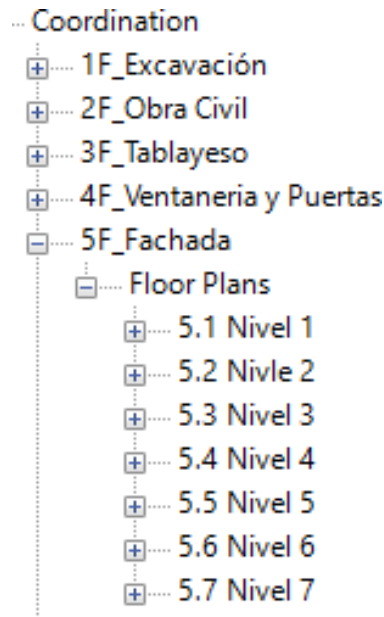
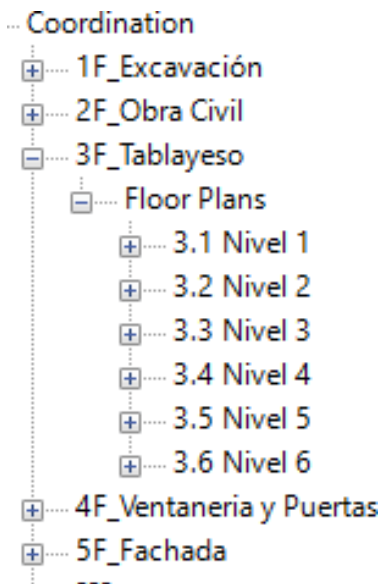
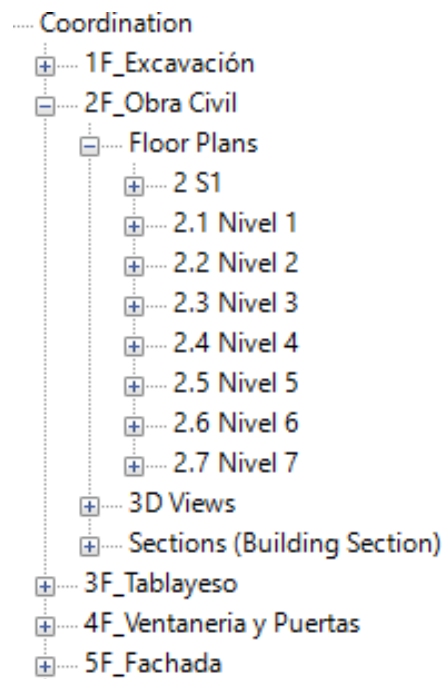
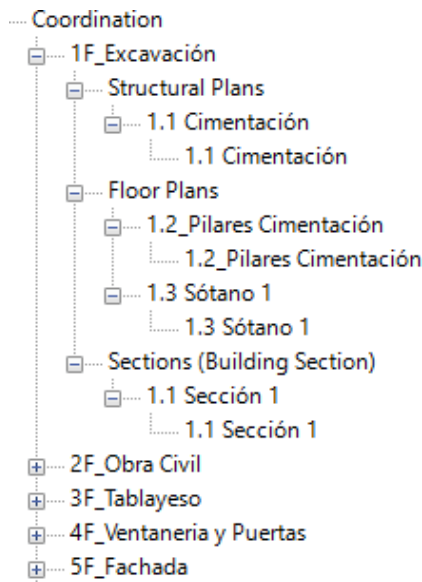


El Modelo de Información se debe de encontrar clasificado por dentro de las fases del proceso de planificación y ejecución.

Coordination

- + FASE 1 Excavación
- + FASE 2 Obra Gris
- + FASE 3 Tablayeso
- + FASE 4 Instalaciones
- + FASE 5 Fachada

La nomenclatura de los archivos se manejará de a la siguiente manera: "número de fase, número de secuencia y número de nivel". Esto garantiza que no se dupliquen archivos, que la información sea fácil de localizar, se utiliza el mismo lenguaje con los participantes y mejora el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada en el modelo desarrollado en Revit.



B. Desarrollo del modelo 3D en Revit

Este modelo se ubica en una zona G4 de la Ciudad de Guatemala. Es una edificación multifamiliar de 5 niveles, cuenta con una terraza y sótano de parqueos. El complejo cuenta con escalera de emergencia y elevadores. Una vez determinadas las especificaciones, se realiza el diseño y se comienza a generar el modelo 3D.

Para realizar el levantamiento 3D en Revit, se tomaron en cuenta cada uno de los parámetros del plan de ordenamiento territorial. Se inició definiendo las unidades de medidas para este caso se utilizó el Sistema Internacional de medidas (*SI*)

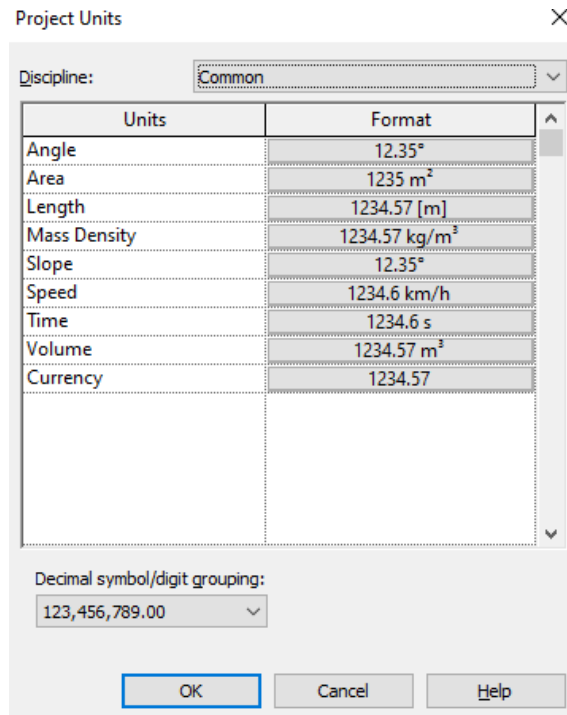


Figura 14. Configuración de Unidades

Una vez definidas las unidades del proyecto, se comienzan a determinar los niveles de construcción del edificio, en este caso cada nivel tiene una altura de 3.30 metros, a excepción del sótano, tiene una altura de 2.20 metros. La cimentación se encuentra a una profundidad de 2.5 metros por debajo del sótano 1. Por último, se realiza la definición de ejes verticales y horizontales de acuerdo a las distancias especificadas. Con esto damos por terminado la configuración de los parámetros iniciales del modelo.

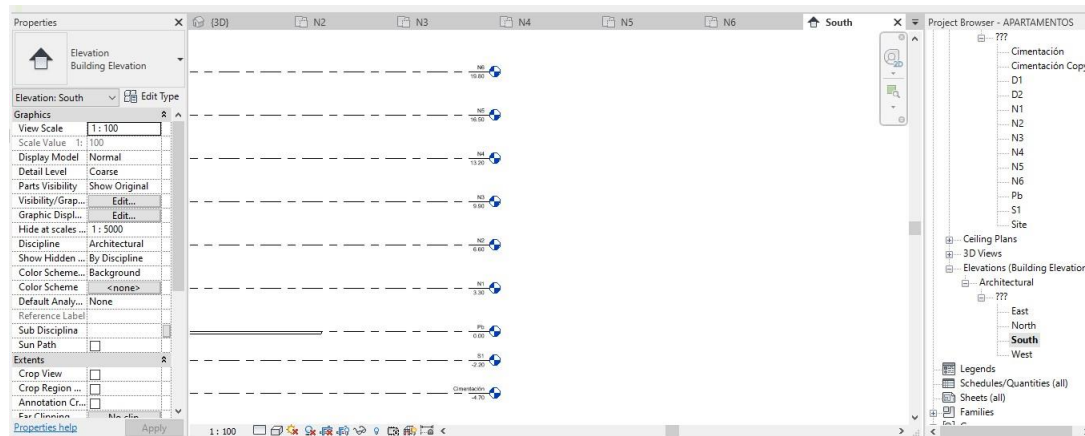


Figura 15. Definición de los niveles de construcción

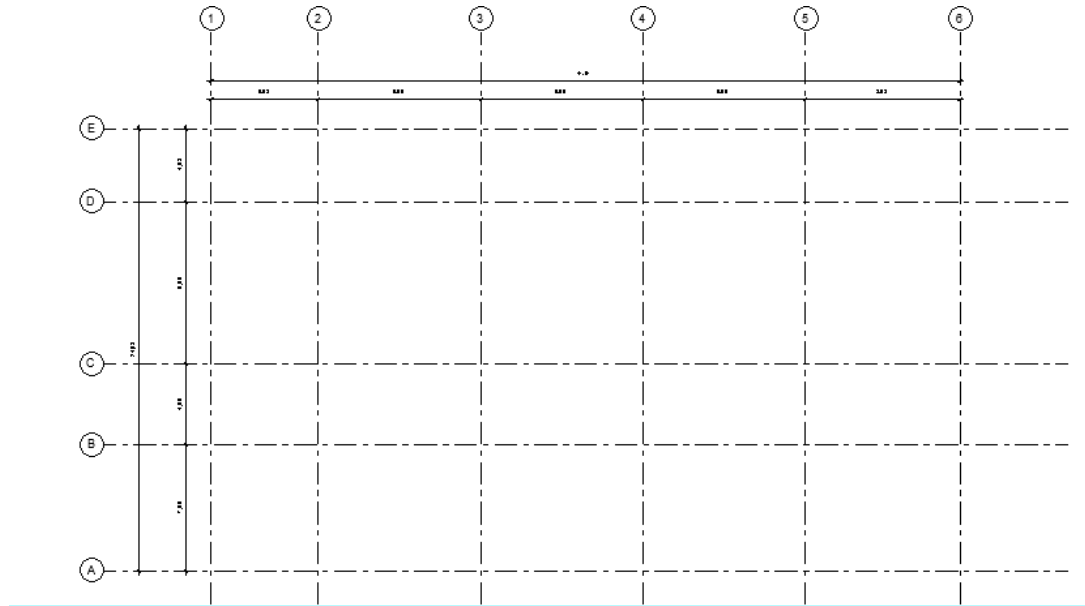


Figura 16. Definición ejes del proyecto

1. Fase de excavación.

La realización de la excavación es indispensable para la realización del sótano de parqueos y las cimentaciones. El proceso de excavación deberá ser supervisado por diferentes personas como el director de obra un topógrafo y un ingeniero residente. Previo a la ejecución debe realizarse un análisis de riesgos en las actividades, además de plantear cómo será el movimiento de las maquinarias.

Lo primero a realizar es la preparación de la tierra, se deben mover los arbustos, plantas, árboles, es decir todo el tipo de material orgánico que se encuentre sobre la superficie. A este proceso se le conoce como desmonte y limpieza. Una vez limpia el área, se realiza el replanteo para comenzar la excavación, el movimiento de tierras se realiza por medio de maquinaria como bulldozers o excavadoras, se busca llegar a un desnivel de 2.20 m. Luego se prepara el área para las cimentaciones, a partir de este proceso se comienzan a construir los elementos de la obra civil como los muros de retención y zapatas. Además, se debe realizar la nivelación en las zonas de cimentaciones.

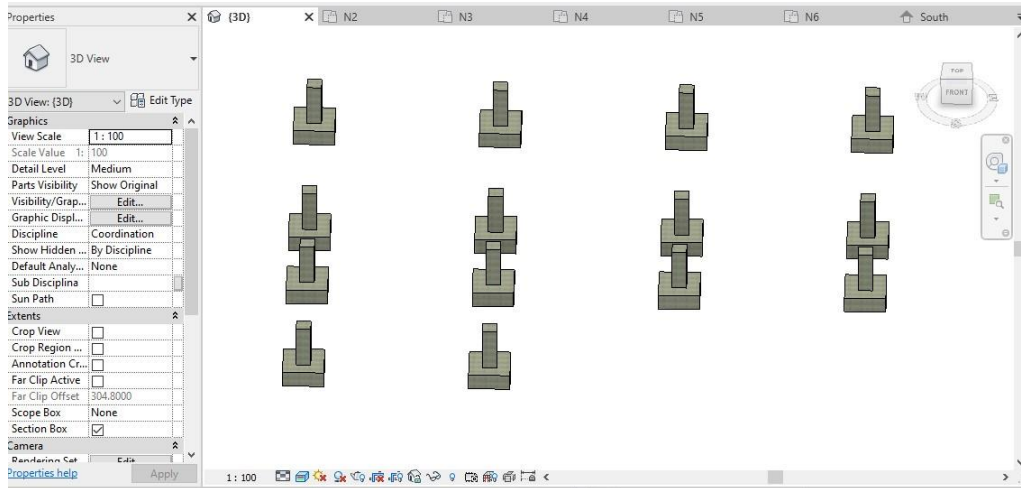


Figura 17. Cimentaciones

2. Fase obra gris.

Al finalizar la etapa de excavación y cimentación, se comienza la fundición de los elementos como: columnas, vigas, losas y muros. Esta debe ser supervisada por un ingeniero estructural, para asegurar que el armado de los hierros y el tipo de concreto esté de acuerdo a la memoria de cálculo.

Las dimensiones de los elementos son los siguientes:

- Columnas son de 70x70 cm.
- Vigas tienen una dimensión de 40 cm x 60 cm
- Muros exteriores cuentan con un grosor de 30 cm.
- Muros interiores son de 15 cm.
- Las losas cuentan con un grosor de 10 cm.

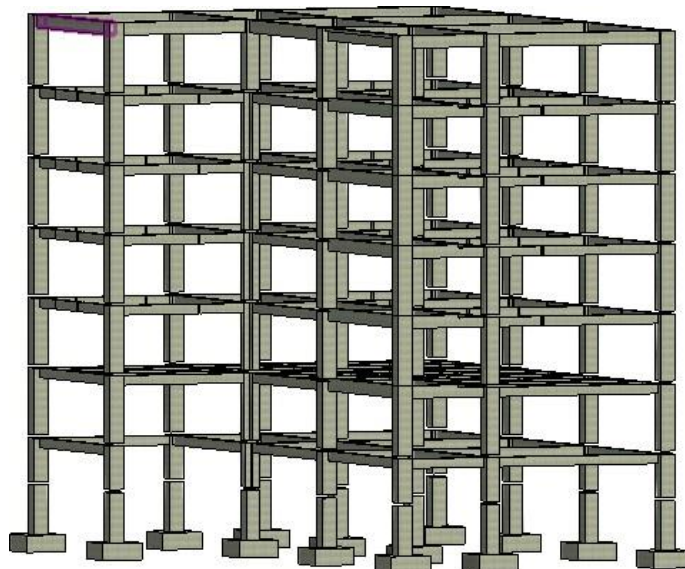


Figura 18. Sistema estructural

En las siguientes imágenes se muestra el desarrollo de losas, muros interiores y exteriores, gradasy la rampa que se dirige hacia los sótanos.

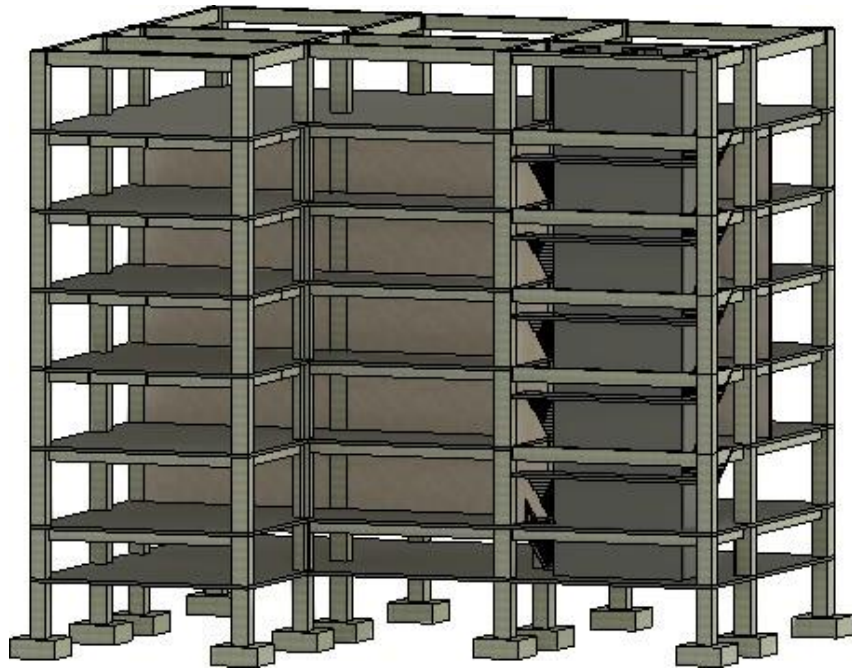


Figura 19. Sistema estructural

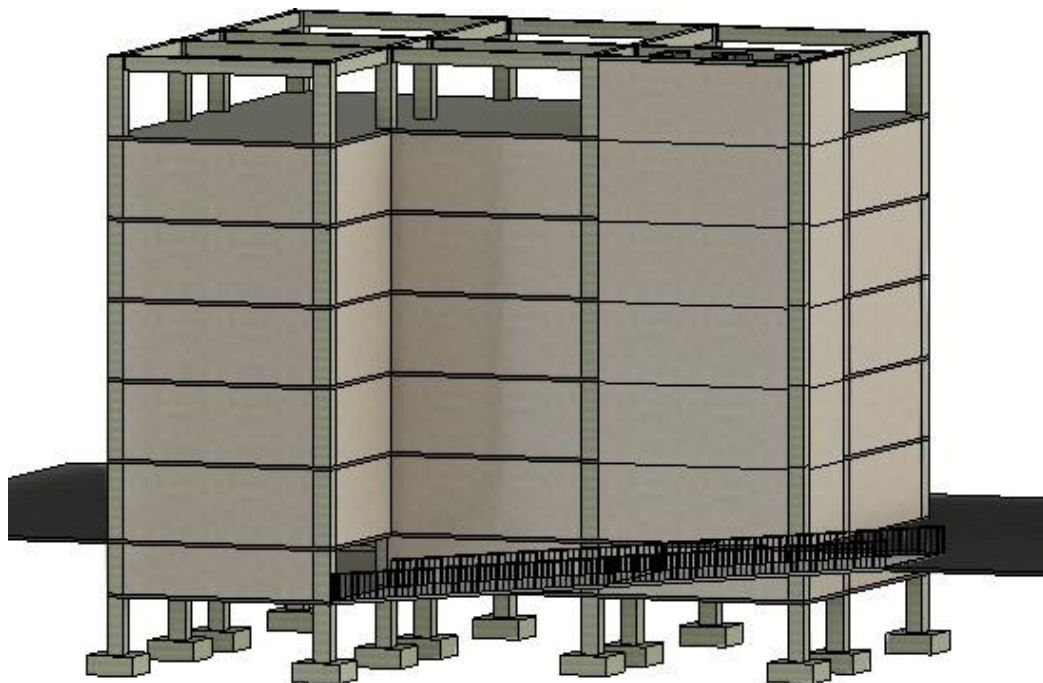


Figura 20. Sistema estructural

3. Fase instalación de tabla yeso.

En esta fase se ejecutan los tabiques divisorios de los apartamentos. El proceso de instalación del muro interior se comienza realizando trazos en el piso, donde será colocado el muro, luego se instala la canaleta de amarre y se sujeta a 61 cm a la losa. Posteriormente, con un Plomo láser se alinea la canaleta que será colocada en el techo con los mismos anclajes. Después se comienzan a sujetar los postes a los canales de amarre esto se ubica a 61 cm, y se colocan canales intermedios para instalaciones posteriores.

Una vez armada la estructura, se comienzan la colocación de las instalaciones necesarias. Luego, las planchas de tablayeso son instaladas y aseguradas a los postes verticales, se rellena cada una de las áreas con fibra de vidrio para mejorar el aislamiento entre habitaciones. Una vez colocada la fibra de vidrio se instala la otra cara de tabla yeso y se asegura en la en los postes por medio de tornillos.

Se abren los agujeros en las planchas para las instalaciones necesarias. Posteriormente, con cinta se sellan las uniones entre planchas y a los agujeros de los tornillos, se les aplica pasta para tabla- yeso. Una vez aplicar la última capa de pasta se lijan los agujeros y las juntas. Y queda listo para cualquier tipo de acabado. (Sistegua, 2021)

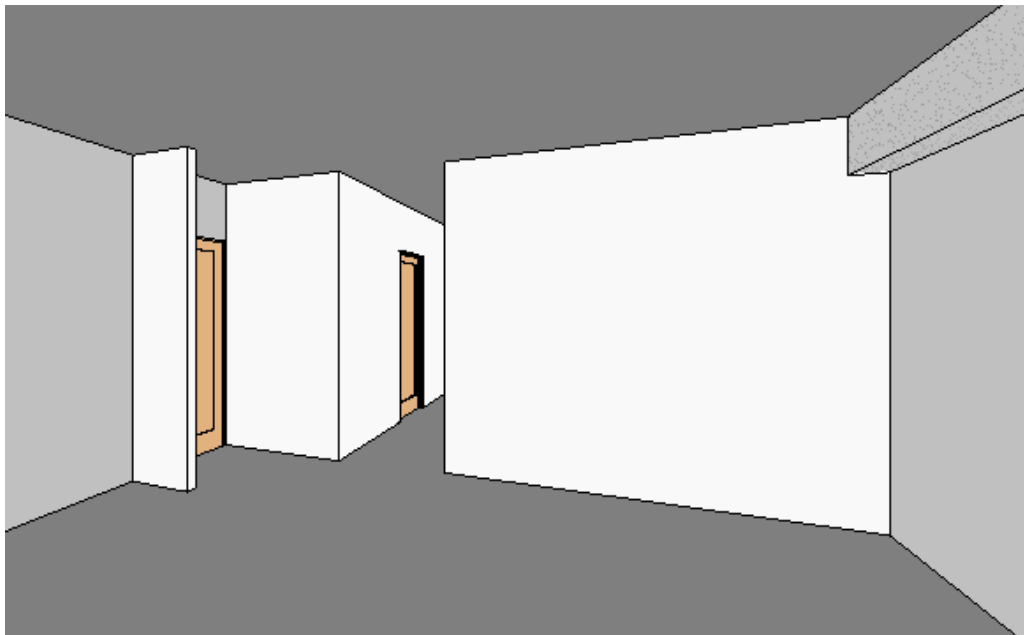


Figura 21. Instalaciones de tablayeso

4. Fase instalaciones puertas y ventanas.

En la siguiente fase se definen las puertas y ventanas que se estarán instalando en los apartamentos. Se debe coordinar una visita técnica para corroborar las medidas de los espacios en donde se estarán realizando las instalaciones. Los carpinteros deberán trabajar tres tipos de puertas; la primera, es para la entrada principal de los apartamentos, la segunda, para los cuartos y el último tipo de puerta será instalada en los baños. Algunos apartamentos cuentan con una puerta

corrediza, estas serán de PVC, al igual que las ventanas. El estilo de ventana será oscilo batiente. Una vez corroboradas las medidas de ambas instalaciones se comienza el proceso de fabricación, y luego ya se procede a realizar el trabajo en obra.

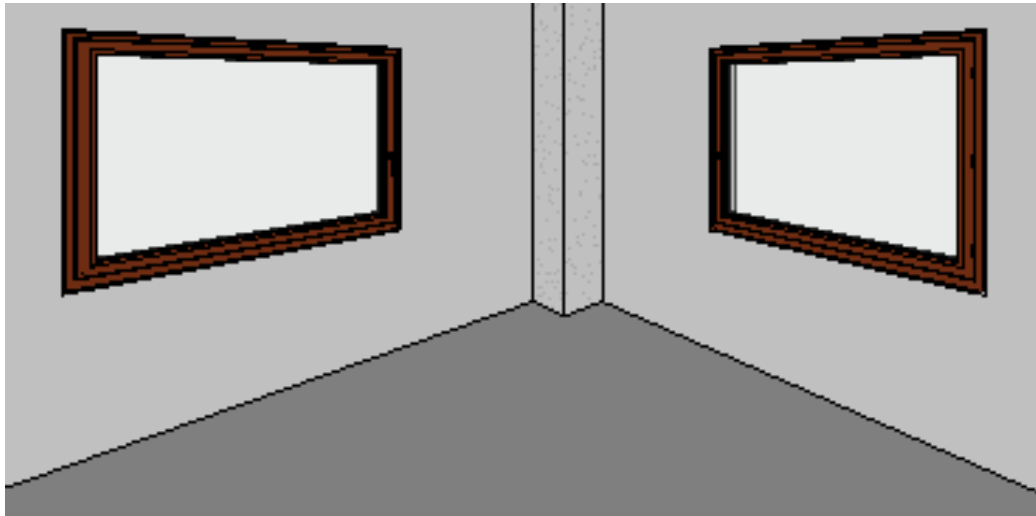


Figura 22. Instalaciones ventanas

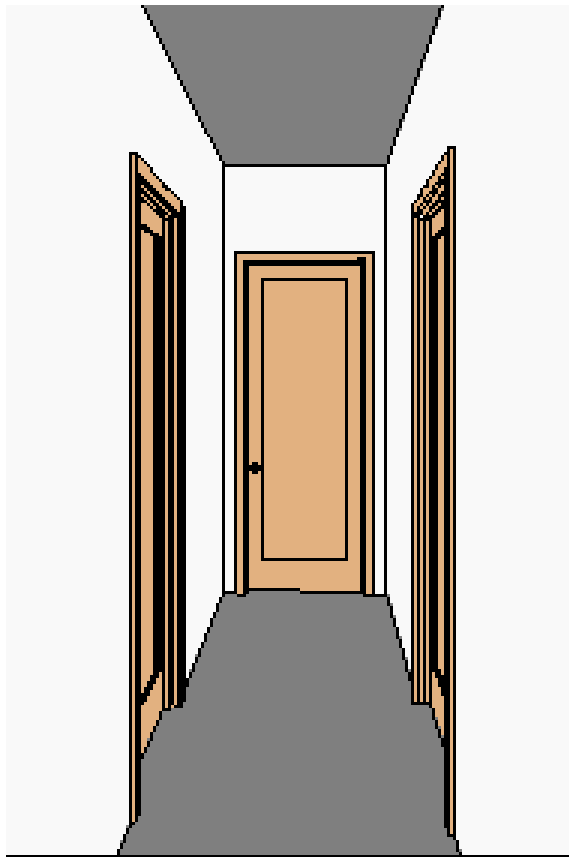


Figura 23. Instalaciones puertas

5. Fase fachada.

La fachada está conformada por salientes irregulares de metal, un volumen que se extiende a lo largo de la fachada de forma rectangular, este será construido con una estructura metálica liviana forrada por medio de tablayeso para exterior. Además, se instalarán muros verdes artificiales, estos se estarán instalando sobre una superficie de concreto es importante que se hagan

perforaciones a lo largo del área para poder colocar ganchos que sujetan las mallas de los paneles. En los balcones se colocarán unos elementos de madera de 15×15 cm como baranda lateral, cómo se indican en los planos constructivos incluidos en el anexo.



Figura 24. Elementos arquitectónicos



Figura 25. Elementos arquitectónicos

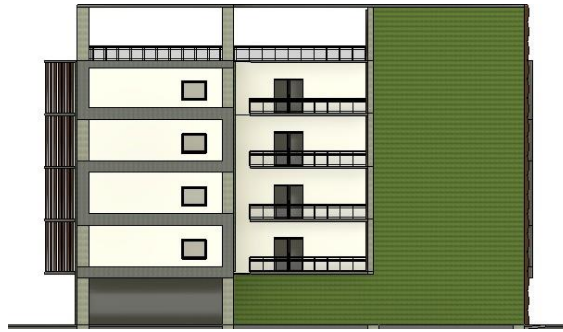


Figura 26. Vista de elevación sur



Figura 27. Vista de elevación este



Figura 28. Vista de elevación norte



Figura 29. Vista de elevación oeste

C. Creación del cronograma

En el cronograma se establecen los criterios de las actividades a desarrollar, controlar y monitorear. Estas se definen a partir de las necesidades del proyecto. En este proceso lo podemos encontrar en la sección F del desarrollo del BEP.

En la primera fase, se asignaron actividades como: la limpieza del terreno, excavación, movilización de tierras, muros de sótano y cimientos. La siguiente etapa consta de la realización de obra civil, en donde se encuentran todos los elementos estructurales del edificio como: losas, columnas, vigas, etc. Luego, en la fase 3, se trabajan las divisiones de los apartamentos con tabiques de tablayeso. En la cuarta fase son todas las instalaciones de ventanería, puertas y barandas del edificio. Por último, en la quinta fase se trabajan los elementos de la fachada.

El desarrollo del cronograma se realiza con el software que más se acople al proyecto, en este caso trabajará con Cype Arquímedes. Posee la ventaja de generar información rápida de los elementos, además se puede realizar la extracción de mediciones del modelo en Revit.

D. Desarrollo Cype

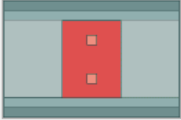
1. Configuración.

Se comienza con la creación de un nuevo proyecto, en el que se van realizando varias configuraciones dependiendo de la información. Se ingresan los datos generales del presupuesto como el nombre y una pequeña descripción. Se puede clasificar dentro de tres tipos de obras, en este caso se selecciona como una obra nueva. Se marca el país para manejar la misma moneda, luego se le coloca aceptar, y se continúa con el generador de precios.

Emplazamiento:

Uno de los principales objetivos del Generador de precios es ofrecer el coste de una partida de obra lo más ajustado posible a su valor real. En esta pantalla deberá elegir los parámetros que más se aproximen a las características de su obra. Cuanto más se ajuste esta elección a la realidad de la obra, más se aproximarán los precios generados a los de mercado. Todas las posibilidades disponibles en cada parámetro tienen una ayuda (botón "?") en la parte derecha de la cabecera de pantalla en la que se indican una serie de características objetivas que le permitirán la correcta clasificación de su obra.

Superficie total construida	<input type="text" value="2200,00"/> m ²	Número de plantas sobre rasante	<input type="text" value="6"/>
Superficie de la planta tipo	<input type="text" value="500,00"/> m ²	Número de plantas bajo rasante	<input type="text" value="1"/>

Accesibilidad <input type="radio"/> Muy buena <input checked="" type="radio"/> Buena <input type="radio"/> Normal <input type="radio"/> Dificultad media <input type="radio"/> Dificultad alta	Topografía <input type="radio"/> Plana <input checked="" type="radio"/> Con desniveles mínimos <input type="radio"/> Con desniveles acusados <input type="radio"/> Accidentada <input type="radio"/> Muy accidentada	Mercado <input type="radio"/> En alza <input type="radio"/> Crecimiento moderado <input checked="" type="radio"/> Crecimiento sostenido (normal) <input type="radio"/> Recesión moderada <input type="radio"/> Recesión acusada (crisis)
Tipo de proyecto <input type="radio"/> Vivienda unifamiliar <input type="radio"/> Viviendas adosadas <input checked="" type="radio"/> Edificio plurifamiliar <input type="radio"/> Otros usos	Situación <input checked="" type="radio"/> Entre medianeras <input type="radio"/> En chaflán <input type="radio"/> Aislada	Geometría de la planta 

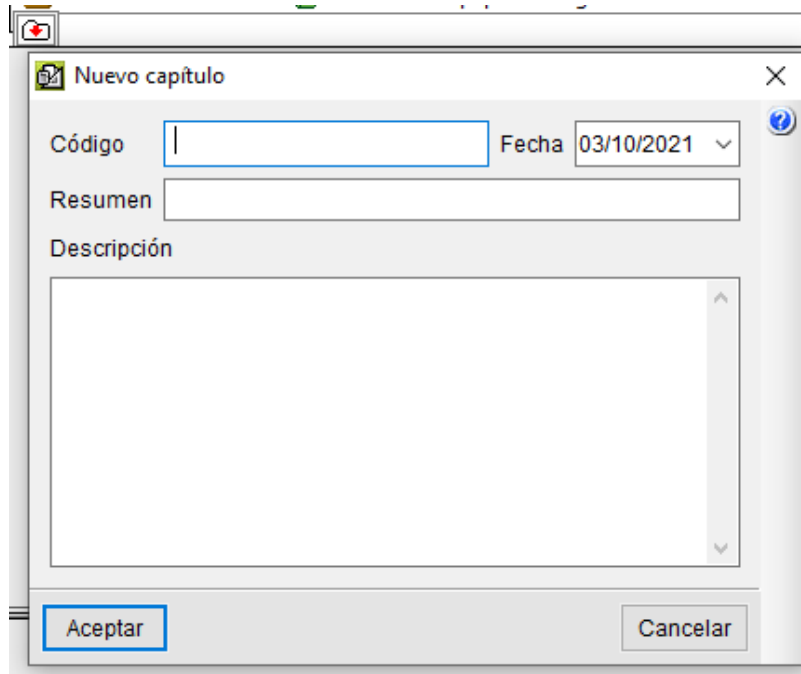
Distancia a vertedero autorizado km

Figura 30. Datos del presupuesto

En el generador de precios se colocan los parámetros relacionados a la obra, para que la información sea ajustada a su valor real. Mientras más precisa sea la información mejor resultado se obtiene de la generación de los precios. Si se estuviera evaluando presupuestos este es un proceso importante del desarrollo. Al darle aceptar aparecerán otras pestañas de configuraciones adicionales, y queda listo.

2. Creación de capítulos y partidas.

Para la creación de los capítulos se debe seleccionar el símbolo de una carpeta con una flecha dirigida hacia abajo y aparecerá la pestaña que se muestra en la figura que se muestra a continuación. En esta se crean los 5 capítulos relacionados con las fases del proyecto y se le coloca una pequeña descripción.



FASES DEL F		
01		Excavación
02		Obra Civil
03		Tablayeso
04		Ventanería, puertas
05		Fachada
06		Equipo de Seguridad

Figura 31. Creación de capítulos

Dentro de los capítulos se configuran las partidas, estas se relacionan con las actividades específicas de cada una de las fases. Para crear una partida se realiza desde un generador de precios o se puede crear configurándolo, pero en este caso se utilizará la primera opción.

Desde el generador de precios se eligen las actividades desde el análisis de precios unitarios. En donde se encuentran actividades de trabajos preliminares, cimentaciones, estructuras, instalaciones, etc.

Código	Doc.	Pli	SS	Ud	Resumen
FASES DEL PROYECTO					
01					Excavación
ADE005	ADE			m³	Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad, que en todo su perímetro quedan por debajo de la rasante natural, en suelo de arcilla semidura
ADV020				m²	Estabilización de taludes mediante la proyección por vía húmeda de dos capas de concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0
ADT010				m³	Transporte de tierras con camión de 12 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.
CCS010	CCS			m³	Muro de sótano de concreto reforzado, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado
CSZ010	C.SZ			m²	Zapata de cimentación de concreto reforzado, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado
02					Obra Civil
EHS010	EHS			m²	Columna de sección rectangular o cuadrada de concreto reforzado, de 70x70 cm de sección media, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi)
EHV010	EHV			m²	Viga descolgada, recta, de concreto reforzado, de 40x60 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tam:
EHL010	EHL			m²	Losa maciza de concreto reforzado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 24 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 p:
EHM011	EHM			m²	Montaje y desmontaje en una cara del muro, de sistema de encofrado a dos caras con acabado visto con textura lisa, realizado con tablero contrach:
0XT010				Ud	Alquiler mensual de grúa torre de 40 m de flecha y 1000 kg de carga máxima.
OXA110				Ud	Alquiler, durante 15 días naturales, de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, hasta 20 m de altura máxima de trabajo, formado por estr.
EHL010b	EHL			m²	Losa maciza de concreto reforzado, inclinada, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 24 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 ps
EHE010	EHE			m²	Losa de escalera de concreto reforzado de 15 cm de espesor, con escalonado de concreto, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase d
EHE020	EHE			m²	Escalera de concreto visto, con losa de escalera y escalonado de concreto reforzado, realizada con 15 cm de espesor de concreto f'c=210 kg/cm² (30
03					Tablayeso
OXA110b				Ud	Alquiler, durante 15 días naturales, de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, hasta 20 m de altura máxima de trabajo, formado por estr.
FLG030	FLG			m²	Fachada ligera de panel sándwich de GRC, de 120 mm de espesor total, 3,3 m de ancho máxima y 12 m² de superficie máxima, formado por un núc
04					Ventanería, puertas
LEM140	LEM			Ud	Block de puerta exterior principal, acorazada normalizada, de madera, de una hoja, de 85x203x7 cm, compuesto por alma formada por una plancha s
LEM010	LEM			Ud	Puerta interior de entrada de 203x82,5x4,5 cm, hoja con cuarterones, con tablero de madera maciza, barnizada en taller, marco de madera maciza, t
LEC010	LEC			Ud	Puertas principal de panel macizo decorado, realizado a base de espuma de PVC rígido y estructura celular uniforme, de una hoja abatible, dimensio
LVC010	LVC			m²	Doble vidriado estándar, 4/6/4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de alu
FDD010	FDD			m	Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandil superior e inferior de cuadrillito de perfil n
FDD120	FDD			m	Barandilla de madera de pino país barnizada, de 90 cm de altura, para escalera de ida y vuelta, de dos tramos rectos con descanso intermedio, fijad
05					Fachada
FAS005	FAS			m²	Revestimiento exterior de fachada ventilada, de paneles composite de 2000 a 6800 mm de longitud, 1000 mm de altura y 4 mm de espesor, compue
FAH010	FAH			m²	Revestimiento exterior de fachada ventilada, de placas mecanizadas de concreto polímero, de entre 50 y 70 cm de longitud, entre 20 y 40 cm de altur
OXA110c				Ud	Alquiler, durante 15 días naturales, de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, hasta 20 m de altura máxima de trabajo, formado por estr.
mq13ats010j				Ud	Alquiler diario de m² de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, de 20 m de altura máxima de trabajo, constituido por estructura tubular
%				%	Costes directos complementarios
OXT010b				Ud	Alquiler mensual de grúa torre de 40 m de flecha y 1000 kg de carga máxima.

Figura 32. Desarrollo en Cype

Una vez definidas las actividades, se calculan las cantidades para cada una de las partidas. Esto se puede realizar manualmente ingresando los datos de la extracción de cuantificaciones de Revit o por medio de la vinculación del modelo. Como resultado de la asignación de cantidades, se procede a generar el cronograma de actividades. Una vez dentro del diagrama de tiempos y actividades, se puede modificar la información de cada una de las actividades, como el nombre de las actividades, fechas de inicio y fin, cantidad y rendimiento.

Para definir el tiempo que dura de cada una de las actividades, se define por medio de tablas de rendimiento de mano de obra. Sin embargo, ayudan a completar la información de la programación. Las tablas utilizadas fueron generadas por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (USAC, 2019)

El cálculo de tiempo se realizó de dos formas:

- 1) El primer desarrollo se realizó por medio de cálculos realizados en Mathcad, ingresando la información de las tablas y generando una fórmula para determinar la cantidad de días. En una misma actividad se desplegaba sub actividades, que ayudan a determinar con mayor precisión el tiempo de cada actividad. A continuación, se muestra el desarrollo de cada una de las fases con sus actividades y sub actividades.

Fase 1 – Excavación

■ Chapeo y limpieza del terreno

$$\frac{1 \text{ hr}}{50 \text{ m}^2} = \frac{6 \text{ hr}}{a} \xrightarrow{\text{solve, a}} 300 \cdot \text{m}^2$$
$$a := 300 \text{ m}^2$$

$$\frac{1 \text{ day}}{300 \text{ m}^2} = \frac{b}{1014.68 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, b}} 3.382266666666666667 \cdot \text{day}$$

Chapeo y Limpieza 4 días

■ Excavaciones

- Rendimiento de excavadora de potencia de 90HP

$$\frac{1 \text{ hr}}{90 \text{ m}^3} = \frac{6 \text{ hr}}{c} \xrightarrow{\text{solve, c}} 540 \cdot \text{m}^3$$
$$c := 540 \text{ m}^3$$

$$\frac{1 \cdot \text{day}}{540 \text{ m}^3} = \frac{d}{1014.68 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, d}} 1.879037037037037 \cdot \text{day}$$

Excavación 2 días

- Movimiento de Tierra

$$\frac{50 \text{ m}^3}{1 \text{ hr}} = \frac{e}{6 \text{ hr}} \xrightarrow{\text{solve, e}} 300 \cdot \text{m}^3$$
$$e := 300 \text{ m}^3$$

$$\frac{1 \cdot \text{day}}{300 \cdot \text{m}^3} = \frac{f}{1143.65 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, f}} 3.812166666666666667 \cdot \text{day}$$

Movimiento de tierra 4 días

Total de días 6

Estabilización de Taludes

Trabajarían 5 equipos
Rendimiento Unitario por equipo
1 albañil + 1 ayudante rendimiento de $2.5m^3$
5 albaniles + 5 ayudantes rendimiento de $12.5m^3$

$$\frac{1 \text{ day}}{12.5 \text{ m}^3} = \frac{g}{58.43 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } g} 4.6744 \cdot \text{day}$$

Taludes 5 días

Cimentaciones

2 días de Armado
21 días que el concreto llega a su resistencia máxima

$$\frac{9.5 \text{ m}^3}{1 \text{ day}} = \frac{65.8 \text{ m}^3}{h} \xrightarrow{\text{solve, } h} 6.9263157894736842105 \cdot \text{day}$$

Cimentación 31 días

Fase 2 – Obra Civil

Losas

14 días de armado
21 días que el concreto llega a su resistencia máxima

- Fundición Losa

Rendimiento Unitario por equipo de bomba
 $80m^3$ la hora

– Sótano

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{i}{170.85 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } i} 2.135625 \cdot \text{hr}$$

Nivel 1 al 5

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{j}{42.32 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } j} 0.529 \cdot \text{hr}$$

Descanso de gradas (5 descansos)

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{k}{2.1 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } k} 0.02625 \cdot \text{hr}$$

Losa nivel 7

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{l}{31.61 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } l} 0.395125 \cdot \text{hr}$$

Rampa

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{m}{25.01 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } m} 0.312625 \cdot \text{hr}$$

Muros

13 días de Armado

21 días fraguado

- Fundición Muros

Rendimiento Unitario por equipo de bomba
80m³ la hora

– Muros de concreto exteriores N1

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{n}{64.88 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } n} 0.811 \cdot \text{hr}$$

– Muros de concreto exteriores N2 al 5

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{o}{78.77 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } o} 0.984625 \cdot \text{hr}$$

– Muros de concreto Interiores N1 al N5

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{p}{20.499 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } p} 0.2562375 \cdot \text{hr}$$

– Muros Sótanos

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{q}{70.35 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } q} 0.879375 \cdot \text{hr}$$

– Muros elevadores S1 a N6

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{r}{14.98 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } r} 0.18725 \cdot \text{hr}$$

■ Columnas

Armado 8 de armado

21 días de fraguado para que el concreto llegue a su resistencia máxima

- Fundición de Columnas S1 al N6

Rendimiento Unitario por equipo de bomba

80m³ la hora

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{s}{22.64 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } s} 0.283 \cdot \text{hr}$$

■ Vigas

- Fundición de Vigas S1 al N6

Rendimiento Unitario por equipo de bomba

80m³ la hora

$$\frac{1 \text{ hr}}{80 \text{ m}^3} = \frac{t}{26.615 \text{ m}^3} \xrightarrow{\text{solve, } t} 0.3326875 \cdot \text{hr}$$

■ Escaleras

- Formaleta de escaleras (hacer, quitar y poner)
14 m² trabajo de 2 albañiles y 1 ayudante

$$\frac{1 \text{ day}}{14 \text{ m}^2} = \frac{u}{4.5 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } u} 0.32142857142857142857 \cdot \text{day}$$

- Fundición de escaleras por nivel del S1 al N6
8m² trabajo de 2 albañiles + 1 ayudante

$$\frac{1 \text{ day}}{8 \text{ m}^2} = \frac{v}{4.5 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } v} 0.5625 \cdot \text{day}$$

Fase 3 – Tablayeso

■ Tabiques de Tablayeso

- Instalación de tablayeso de tabiques a dos caras por nivel del N1 al N5

70 m² trabajo de 1 Instaladaro + Ayudante

$$\frac{1 \text{ day}}{70 \text{ m}^2} = \frac{w}{212.902 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } w} 3.0414571428571428571 \cdot \text{day}$$

Fase 4 – Instalaciones

■ Puertas

- Puertas para entrada de edificio, dormitorio, baños y entrada principal por nivel del N1 al N6

$$\frac{1 \text{ day}}{1.5 \text{ un}} = \frac{x}{19 \text{ un}} \xrightarrow{\text{solve, } x} 12.66666666666666666667 \cdot \text{day}$$

- Puestas doble vidriado por nivel y son del N1 al N5

$$\frac{1 \text{ day}}{5 \text{ m}^2} = \frac{y_1}{7.28 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } y_1} 1.456 \cdot \text{day}$$

Ventanas

- Ventanas oscilobatiente

$$\frac{3 \text{ hr}}{1 \text{ un}} = \frac{z}{11 \text{ un}} \xrightarrow{\text{solve, } z} 33 \cdot \text{hr}$$

Barandal

- Instalación de barandal de metal por nivel del N1 al N6
trabajo de 1 albañil

$$\frac{1 \text{ day}}{6 \text{ mL}} = \frac{a_1}{33.79 \text{ mL}} \xrightarrow{\text{solve, } a_1} 5.6316666666666666666666666666667 \cdot \text{day}$$

Fase 5 – Fachada

Volumen saliente

- Instalación tablayeso exterior a una cara (3 elementos)
trabajo de 1 instalador + ayudante

$$\frac{1 \text{ day}}{100 \text{ m}^2} = \frac{b_1}{119.52 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } b_1} 1.1952 \cdot \text{day}$$

- Instalación fachada lijera (coronación de planas)
trabajo de 2 instaladores + Ayudante

$$\frac{1 \text{ day}}{56 \text{ m}^2} = \frac{c_1}{510 \text{ m}^2} \xrightarrow{\text{solve, } c_1} \frac{255 \cdot \text{day}}{28}$$

10 días

- 2) El segundo cálculo se realizó por medio de Cype, al modificar la información de los rendimientos en las actividades, como se muestra en la siguiente figura. Este proceso fue un pocodiferente, ya que al ingresar el rendimiento tenía que ser el de todas las sub actividades. A continuación, se muestra el proceso de una de las actividades.

Figura 33. Asignación de rendimientos

Al final con ambos desarrollos se llegó a la misma cantidad de días, esto permite tener un nivel de exactitud alto para estimar el tiempo que llevaría en cada una de las actividades. Al tener la duración de cada una de las partidas, se crea un diagrama de tiempos y actividades. En la siguiente imagen se puede observar cada una de las actividades, pero sin la duración exacta, esta se va editando hasta tener le cronograma final.

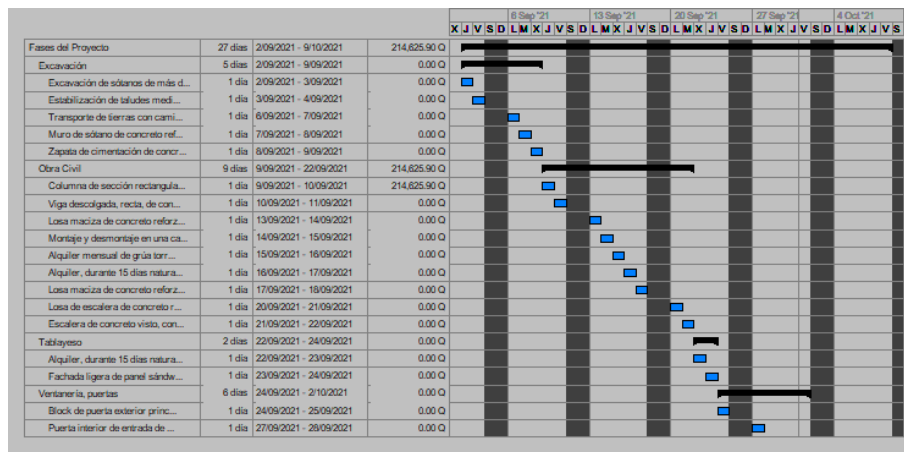


Figura 34. Asignación de rendimientos

Una vez teniendo el cronograma de actividades, se puede comenzar a realizar el desarrollo del

modelado 4D.

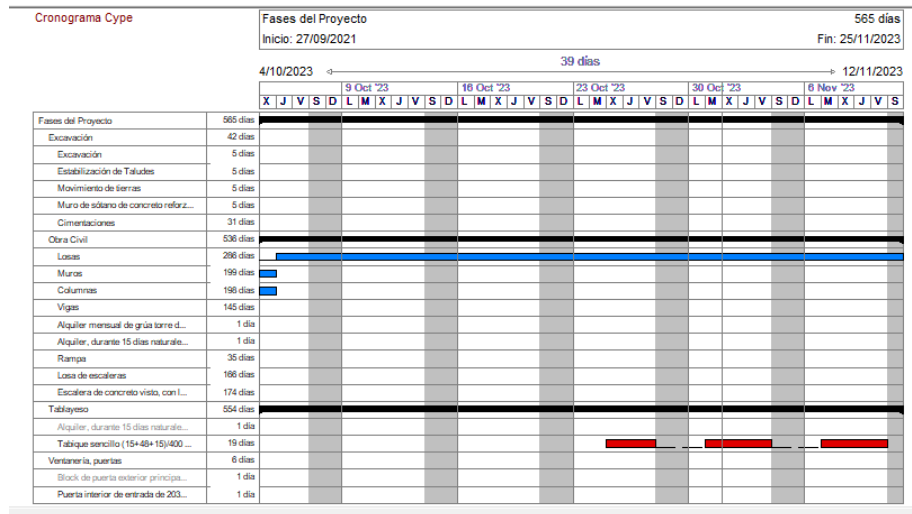


Figura 35. Asignación de rendimientos

E. Desarrollo 4D

El desarrollo del modelado 4D se basa en la vinculación del modelo 3D con el diagrama de Gantt, elaborado en Cype. Teniendo en cuenta que se necesitan compartir los documentos creados en los software's de diseño hacia otros programas, es importante tener una plataforma para realizar la transferencia de información. En este caso se debe hacer una vinculación de información de Revit a Plexos Project. Se realizará utilizando BIM Server Center, que es una plataforma que ayuda a llevar a cabo colaboraciones por medio de una nube de proyectos.

Primero se debe tener una cuenta en la plataforma para poder crear un nuevo proyecto, en este se coloca el nombre y una pequeña descripción. Una vez colocada la información, se utiliza la aplicación de IFC uploader, que ayuda a cargar el archivo generado en Revit al BIM Server center. Por lo que el proyecto está listo para poder trabajar colaborativamente.

Nuevo proyecto ×

● ●

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Proporcione la información necesaria para que el proyecto sea identificable por todos los miembros del equipo. Esta información será pública si decide que el proyecto sea visible para otros usuarios.

Nombre del proyecto*

Descripción

Selección del tipo de proyecto*

Tipo de proyecto ▼

Siguiente

Figura 36. BIM server center

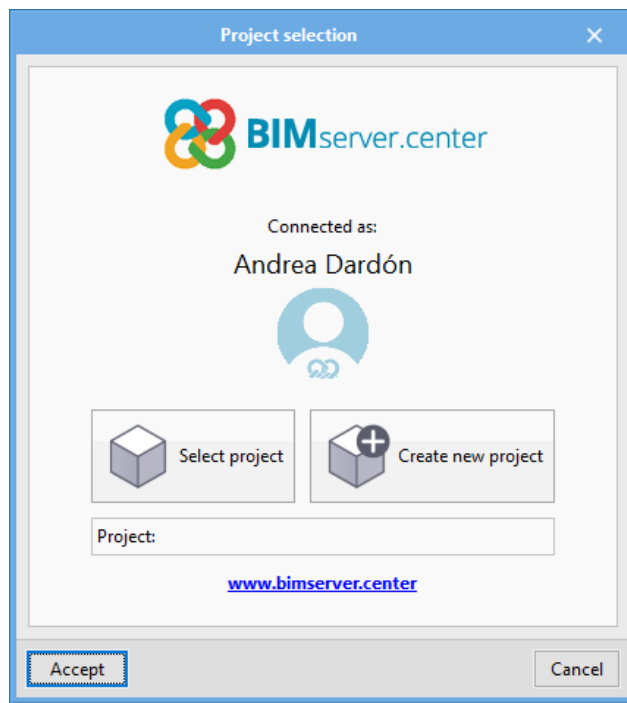


Figura 37. BIM server center

Al entrar a la página principal de Plexos se debe realizar la configuración de la información. Si se dirige a ubicaciones que se encuentra del lado izquierdo de la figura que se muestra a continuación.

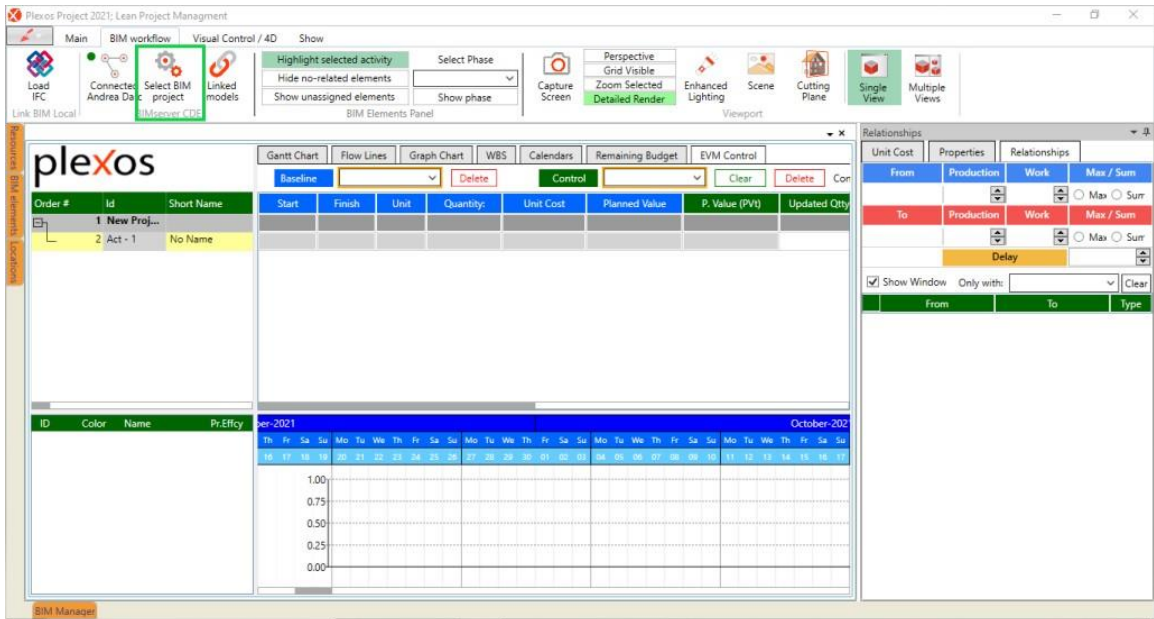


Figura 38. Página principal de plexos project

Podrá definir los departamentos y responsables que van a trabajar en el proyecto. Estos se especifican de acuerdo a las 5 fases previamente definidas. Los departamentos deben de llevar la información del nombre de la persona, la organización, el responsable y una descripción. En el apartado de responsable se coloca el nombre, la compañía que va a trabajar y el departamento.

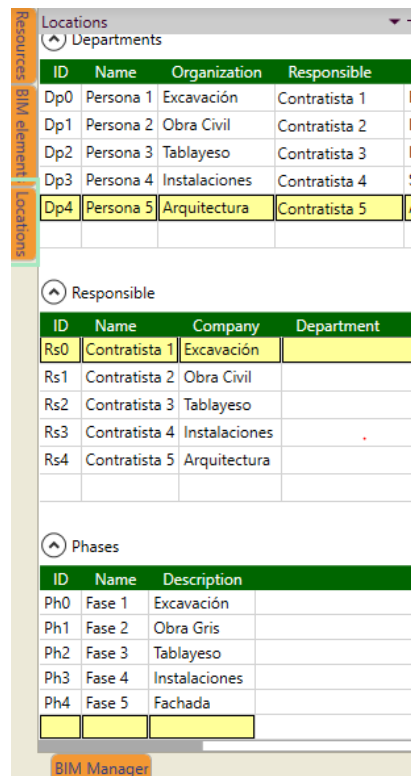


Figura 39. Página principal de plexos project

En el menú principal se definen las 5 fases del proyecto, con la misma nomenclatura que se ha trabajado para mantener un orden. A cada una de estas se les añade una serie de actividades propias que serán ejecutadas en el proyecto. Como se puede ver en la barra superior se encuentra una casilla denominada "id", en esta se puede colocar el Assembly code generado en Cype para cada una de las actividades relacionadas con las partidas. Si se realiza por medio de este proceso, la asignación de los elementos de Revit será mucho más fácil. En este caso no se utilizó la asignación de códigos, pero se puso en práctica el desarrollo de la asignación del modelo en Revit.

Order #	Id	Short Name	D
1	Proyecto...		
2	Dp0	Fase 1 Excavación	
3	Planeamie...	preparación del área	
4	Limpieza d...	Preparación del terreno	
5	Movimient...	Excavación de sótano	
6	Estabilizaci...	En este proces se realiza...	
7	Zapatas	No Name	
8	Ph1	Obra Gris	
9	Losas	Fundición de losas	
10	S1.L	Fundición de Losa Sótano	
11	N1.L	Fundición de Losa primer...	
12	N2.L	Fundición Losa Nivel 2	
13	N3.L	Fundición de Losa Nivel 3	
14	N4.L	Fundición de Losa Nivel 4	
15	N5.L	Fundición de Losa Nivel 5	
16	N6.L	Fundición de Losa Nivel 6	
17	N7.L	Fundición de Techo Nivel 7	
18	Muros	No Name	
19	N1.M	Fundición de muro	
20	N2.M	Fundición de Muros N2	

Figura 40. Desarrollo de fases

Como podemos ver en la siguiente figura se muestra cómo se utilizaría los assembly codes, para facilitar la asignación de los elementos que se realizará más adelante.

Order #	Id	Short Name	D
1	New Proj...		
2	Ph0	Fase 1 Excavación	
3	CCS010	Estabilización de Taludes	
4	CSZ010	Cimentación	
5	Ph1	Fase 2 Obra Gris	
6	EHL010	Losas	
7	EHS010	Columnas	
8	EHM010b	Muros	
9	EHV010	Vigas	
10	EHE020	Escaleras	
11	Ph2	Fase 3 Tablayeso	
12	FBY010	Tabiques de tablayeso	
13	Ph3	Fase 4 Instalaciones	
14	LEM010	Puertas	
15	LVC010	Ventanal	
16	FDD010	Baranda apartamentos	
17	FDD120	Barandilla de madera	
18	LPM010	Puerta baño	
19	LEC010b	Puerta Vidrio	
20	LEC010	Puerta Principal	

Figura 41. Assembly code

A cada actividad se le asigna una serie de propiedades como: descripción, calendario, control de costos y ubicaciones 4D. En donde se encuentran la siguiente información que se muestra en las figuras.

1. Description

1. Id

2. Short description

3. Long description

4. HTML Color

Figura 42. Propiedad de descripción

2. Scheduling

1. Duration

2. Conditioned duration

3. # Sub-activities

4. Continuous

5. Do not start before

6. Learning Curve Effect

7. Calendar

Figura 43. Propiedad de calendario

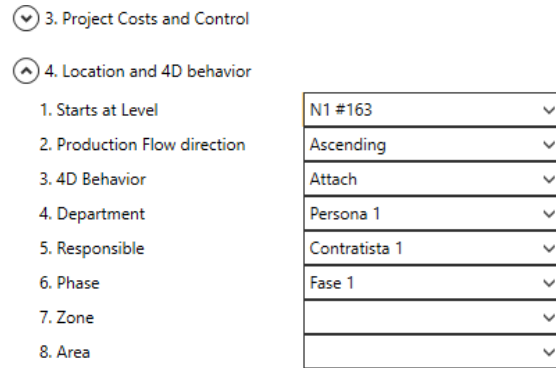
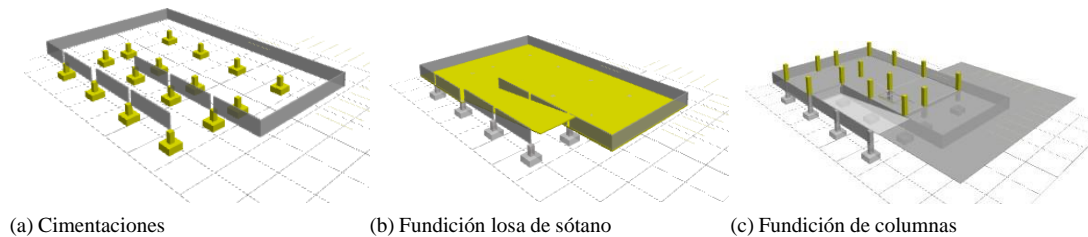


Figura 44. Propiedad control de costo y ubicación 4D

El control de costos no se desarrolló debido a que el tema de investigación no se enfoca en esa área. Una vez definidas cada una de las propiedades con la información necesaria, se procede a cargar el IFC generado en Revit. Este se realiza desde el BIM Server Center o cargando el documento propiamente desde los archivos de la computadora.

Al cargar el IFC, en la pestaña de BIM elements, debe de aparecer el proyecto con toda la información definida desde los niveles hasta cada una de las familias utilizadas en el modelo. Los elementos deben ser asignados a una de las actividades, en este caso se realizó de forma manual seleccionando los elementos y configurando la asignación. Hay que mencionar que utilizando los Assembly Codes, como se muestra en la figura 41, ayudaría a que el modelo de Revit se vincule inmediatamente, en cuestiones de tiempo es una forma más fácil y práctica.

Una vez asignados los elementos se asignan las fechas de inicio y fin, respecto al cronograma de Cype. Por último, se realiza la simulación 4D del edificio.



(a) Cimentaciones

(b) Fundición losa de sótano

(c) Fundición de columnas

Figura 45. Simulación sótano 1

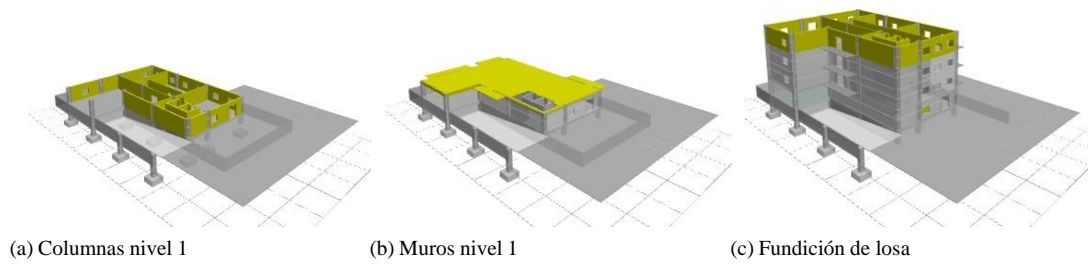


Figura 46. Simulación obra gris

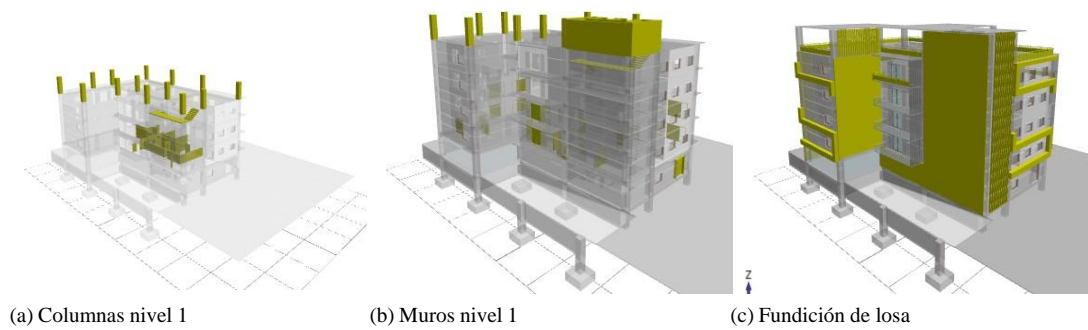


Figura 47. Simulación de instalaciones

Plexos genera una serie de documentación importante como el diagrama de Gantt, líneas de flujo, una tabla gráfica y otros elementos para el área de costos. El diagrama de Gantt nos permite ver el cronograma con las fechas asignadas y la duración de cada una de ellas. Las líneas de flujo nos permiten ver el desarrollo del modelo comparando la distribución de los niveles y el tiempo. Por último, el diagrama de gráficos muestra la secuencia entre cada una de las actividades.

1. Beneficios del modelado 4D.

La simulación 4D tiene el beneficio de visualizar modelo 3D con relación al tiempo, esto permite identificar si hay que realizar alguna configuración de secuenciao de tiempo para alguna tarea. La simulación ayuda a todas las partes interesadas en el proyecto, ya que pueden identificar interferencias en elementos de las distintas áreas, pero también sirve para visualizar que ninguna de sus actividades sea interrumpida por otra.

Realizar este proceso les permite analizar trabajos futuros, y tiene la ventaja que, si se encuentra un problema, se pueden tomar decisiones rápidas para cambiar algún proceso y volverlo a analizar sin ningún problema.

X. Desarrollo Objetivo 2

El propósito a cumplir en este apartado es: determinar las diferencias entre la metodología BIM y las metodologías tradicionales, además de comparar las herramientas que estas utilizan para planificar y ejecutar un proyecto. Se realizaron dos entrevistas, una fue elaborada a una empresa que trabaja la metodología BIM y la otra fue realizada hacia una empresa que no trabaja BIM, sin embargo, ejecuta y planifica proyectos. Además, se trabajó el desarrollo del mismo modelo de apartamentos generado en el capítulo 1, respecto al uso de las herramientas que se utilizan en la metodología tradicional.

A partir de la información generada se realizó un cuadro comparativo para evidenciar las ventajas y desventajas que pueden llegar a tener ambas estrategias de trabajo. Sabemos que en Guatemala esta metodología es reciente, por lo tanto, se quiere demostrar los beneficios que esta metodología posee a los sectores de arquitectura y construcción. Ya que todos los cambios son positivos y puede lograr impulsar la productividad y economía del país.

A. Discusión de entrevista

La primera empresa a la que se le realizó la entrevista se dedica al desarrollo de proyectos inmobiliarios y de infraestructura, se enfocan en los temas de ingeniería y arquitectura, por medio de la metodología BIM. Como empresa consideran que BIM es una tendencia mundial en el sector de la construcción, ya que por medio de esta generan la mayor cantidad de información que es lo más importante dado que es más precisa que cualquier otra metodología.

El proceso de inicio se comienza desde que se conoce la ubicación del proyecto, ya que el terreno determina ciertas condicionantes para la etapa de diseño y planificación. Se genera un EIR para conocer qué es lo que el cliente busca y qué es lo que necesita. Luego se genera un BEP para determinar la información específica de la planificación del proyecto, los Entregables y la comunicación se genera por medio de un CDE para que todos estén enterados de cómo se debe trabajar.

La planificación se comienza a generar desde el BEP, a partir de este proceso se inicia un calendario. Luego se deben estructurar las entregables de planificación y ejecución, el modelo se debe determinar a que LOD se quiere llegar, para comenzar a realizar la planimetría. Las herramientas que se utilizan para generar esta información es Revit, ArchiCAD, Tekla, Cype, civil, entre otras, ya que, dependiendo del proyecto y necesidades del cliente, se adapta al tipo de software con el que se va a trabajar. Esto tiene una ventaja, ya que se pueden compartir la información por medio de un archivo IFC. Una desventaja de la transferencia de información entre softwares, por ejemplo, que se mejore la comunicación entre Revit y SketchUp, ya que al momento de trasladar modelos que notiene la misma casa matriz se pierde información.

La generación de información en la etapa de planificación lleva más tiempo de lo normal en comparación de la metodología tradicional, pero se recompensa en la etapa de construcción, debido a que la información va más precisa. Las herramientas que se utilizan para compartir la información es BIM 360 y la nomenclatura de la información está definida en el BEP por lo que no debe de generar ninguna complicación.

El proceso de ejecución de obra se genera por medio de Project, Navisworks, Arquímedes y con el programa con el que se está modelando. En este proceso es importante que las personas designadas

a realizar la ejecución entren desde la etapa de planificación para tener un conocimiento mayor de la coordinación, ya que se pueden dar interferencias de MEP con las estructuras. Las ventajas es que permite visualizar la programación y ver el porcentaje de eficiencias que al final se convierte en un control de calidad.

Desde la Metodología BIM todas las etapas son importantes, ya que son sucesivas, y por lo tanto pueden llegar a afectar de forma recíproca. Es importante que el contratista que va a ejecutar la obra, se involucre desde el proceso de planificación.

La segunda entrevista fue realizada a una empresa que trabaja con la metodología tradicional y lleva trabajando 23 años en el desarrollo de proyectos constructivos. Además, comenta que ha escuchado sobre la metodología BIM y que espera poder irse actualizando pronto.

Para iniciar un proyecto es importante conocer la ubicación del lugar y comprender que es lo que quiere el cliente por medio de reuniones para recaudar la mayor cantidad de información. En la primera visita que se realiza al lugar, se deben determinar los puntos críticos, ya sean topográficos o constructivos para tomarlos en cuenta durante el proceso de diseño y planificación. La documentación del cliente se genera basándose en un formato que manejan como empresa donde contiene el nombre del cliente, contacto, ubicación del proyecto y nombre del proyecto junto con otros detalles.

El proceso de planificación se realiza basándose en el diseño aprobado por el cliente, el diseño se realiza por medio de AutoCAD y el Gantt de actividades se trabaja por medio de Excel detallando cada una de las etapas a realizar.

La generación de planos se realiza por medio de AutoCAD y se comparten por correo electrónico hacia los otros colaboradores y contratistas.

Antes de ejecutar un proyecto se revisan los planos para que no haya ninguna interferencia entre las instalaciones y otros elementos. Luego se prepara el área a trabajar y se realiza la compra de materiales basándose en la cuantificación, luego se va siguiendo el cronograma realizado por medio del Gantt. Por el momento no se utiliza ninguna simulación de la coordinación en tiempo real de la obra.

B. Desarrollo del modelado con herramientas tradicionales

El desarrollo de la metodología tradicional comienza desde la definición del diseño a ejecutar, la creación de planos y la creación de cronogramas. En este proceso se realiza también la cuantificación, pero en este caso se simulará únicamente el uso de las herramientas para el diseño, creación de planos y cronograma.

La herramienta de diseño a utilizar es AutoCAD, se realiza el diseño del edificio creando un machote, en dónde se desarrollan las distintas disciplinas determinadas en el proyecto.

El primer paso para dibujar el diseño del edificio es la configuración de los layers en donde se definen todos los elementos a utilizar como:

- 1) Ejes
- 2) Muros
- 3) Cimientos
- 4) Ventanas
- 5) Tablayeso

- 6) Barandas
- 7) Gradadas
- 8) Puertas
- 9) Elementos de detalle

A cada uno de estos layers se le definen propiedades de estilo y grosor de línea, color, visibilidad, etc. Para que los elementos sean fáciles de identificar.

Se configuran las unidades de medida en metros y la precisión de dos decimales, una vez definidos estos elementos se procede a dibujar cada uno de los ejes del proyecto. Se genera el machote del sótano, nivel 1, del nivel 2 al 5, y el nivel 6. A partir del diseño base se genera la documentación para la excavación, obra gris, instalación de tablayeso, instalación de puertas y ventanas y fachada.

La ventaja de la creación del machote es lo fácil que se puede copiar, y en base a esa nueva copia generar los elementos que se van a trabajar en cada una de las fases.

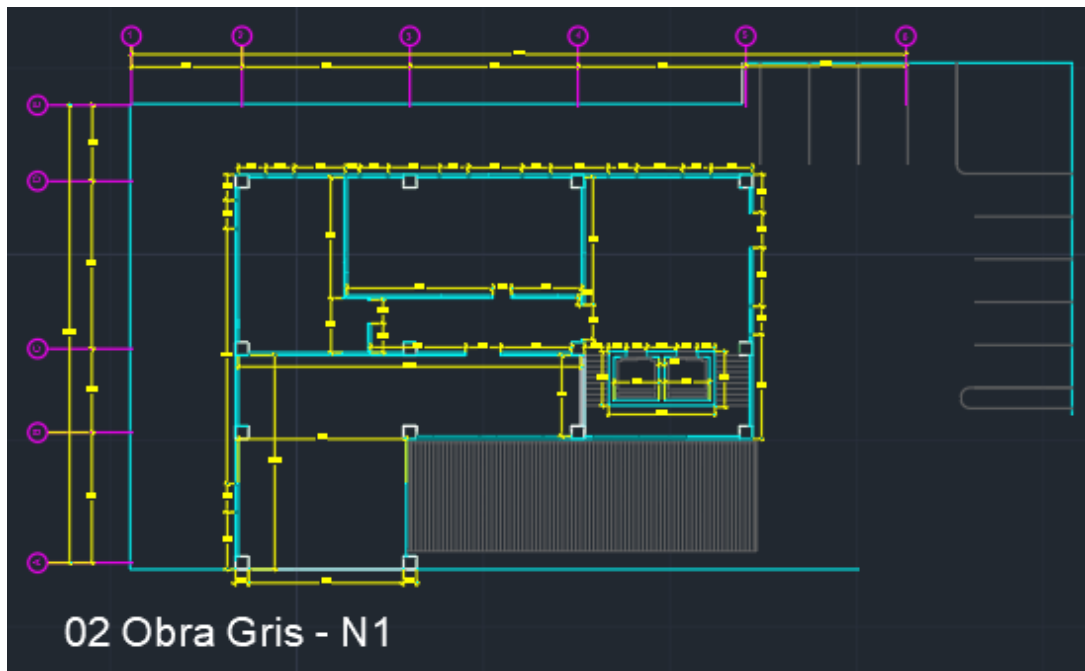


Figura 48. Obra gris

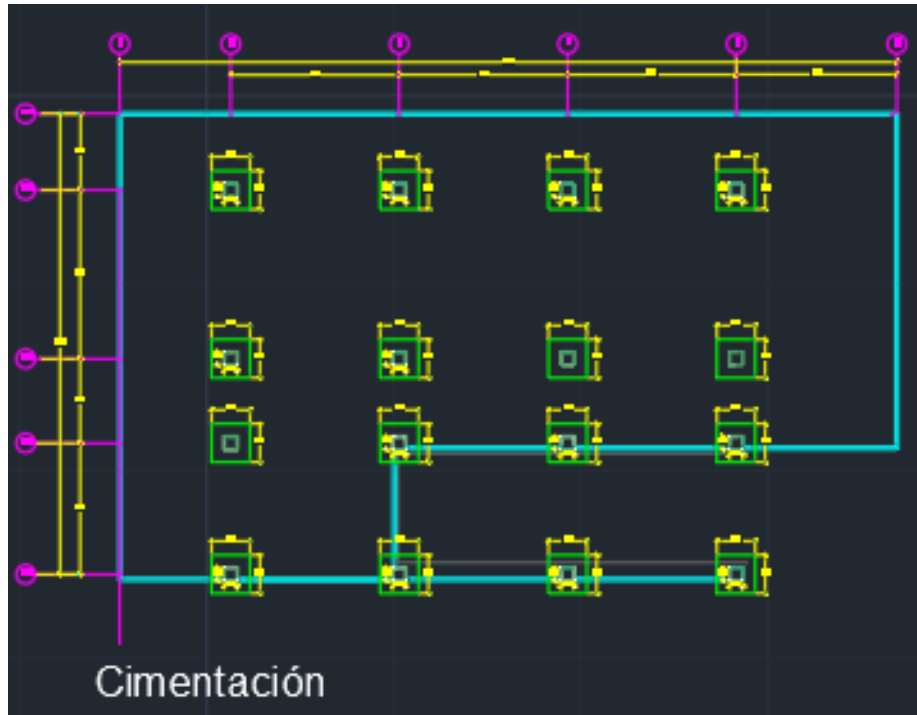


Figura 49. Cimentaciones

El desarrollo de todas las fases se realizó de la misma forma, dibujando cada uno de los elementos según la fase. Este proceso de diseño se convierte en una forma secuencial de generar toda la información del proyecto, debido a que los elementos se van agregando poco a poco hasta que se llega el resultado final. Los planos generados en cada una de las fases se encuentran en anexos. La creación del cronograma se realiza con los mismos tiempos de obra definidos anteriormente, con la diferencia que se utiliza Excel para hacer la coordinación de las actividades. Este proceso tiende a ser lento, ya que la configuración del formato en Excel debe especificar las semanas, días y mes durante todo el proyecto.

Fase	Nivel	Actividad	Mes 1																		
			Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4						
			L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V			
Excavación	Sotano 1	Planeación	■																		
		Limpieza de terreno		■	■	■															
		Excavación y Movimiento de tierras					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Muros de retención																			
		Zapatas																			
Sótano 1	Sótano 1	Columnas																			
		muros																			
		vigas																			
		Losa																			
Nivel 1	Nivel 1	Columnas																			
		muros																			
		vigas																			
		Losa																			
Nivel 2	Nivel 2	Columnas																			
		muros																			
		vigas																			
		Losa																			

Figura 50. Cronograma generado en Excel

La creación del cronograma en Excel no es factible, ya que se tarda en generar, se puede utilizar únicamente como referencia de la cantidad de tiempo que se estipula una actividad, pero no se puede generar a partir de esta simulación a tiempo real.

C. Cuadro comparativo de las herramientas utilizadas en ambas metodologías

A continuación, se muestra el cuadro de ventajas y desventajas de cada una de las metodologías en relación a los 4 usos BIM. En la metodología BIM se utilizaron tres herramientas. Se utilizó Revit para el desarrollo de diseño, Plexos se utilizó para la programación y el modelado 4D, por último, se utilizó Open BIM Health and Safety para el área de análisis de sitio, seguridad y salud. En cambio, la metodología tradicional trabaja los elementos de diseño en AutoCAD y los elementos de programación en Excel.

Usos	Herramientas de la Metodología BIM	
	Ventajas	Desventajas
Diseño	<p>La información generada ya que es más precisa.</p> <p>Además, el diseño puede que lleve más tiempo que la metodología tradicional, pero al final se ve recompensado en la etapa de ejecución.</p> <p>Modificación de parámetros de forma inmediata.</p> <p>Permite analizar modelos 3D.</p> <p>Se pueden compartir los archivos de los distritos softwares por medio de IFC o por medio de sincronizaciones por medio de BIM server center.</p>	<p>Lleva mayor detalle de configuraciones, por lo que hace que el proceso sea un poco tardado, pero trae beneficios en una escala de tiempos.</p> <p>Se deben estar pendientes de las actualizaciones.</p> <p>Cierta comunicación entre herramientas no es muy buena ya que se puede llegar a perder información.</p>
	<p>Se tiene un documento de apoyo como el BEP, para determinar el proceso durante toda la programación de todas las fases del proyecto.</p> <p>La planificación lleva un poco más de tiempo que una metodología tradicional.</p> <p>Los cronogramas se pueden editar fácilmente.</p> <p>Se genera información de alta precisión y se ahorra tiempo y costos.</p>	<p>Si hay falta de información puede haber un problema que repercuta en las demás etapas del proyecto especialmente en la ejecución.</p> <p>Requiere de configuraciones específicas para facilitar el trabajo.</p>
Análisis de sitio	<p>La herramienta a utilizar permite visualizar los elementos en el sitio de trabajo.</p>	<p>La desventaja de esta herramienta</p>

Modelado 4D	Ventajas	Desventajas
	<p>Hay varias herramientas para generar la información, ya que varía dependiendo el proyecto.</p> <p>Se utilizan 3 tipo de softwares para llevar le manejo de ejecución, lo que ayuda a llevar un mejor control de obra.</p>	<p>Los softwares de modelado 4D pueden llegar a tener un precio elevado por el nivel de detalle que se maneja.</p>
Seguridad y salud	Ventajas	Desventajas
	<p>Permite simular elementos de seguridad, para prevenir accidentes a la hora de ejecutar el proyecto.</p>	<p>El costo de la licencia tiene un precio elevado.</p>

Figura 51. Ventajas y desventajas de las herramientas BIM

Usos	Herramientas de la Metodología Tradicional	
	Ventajas	Desventajas
Diseño	<p>Es factible realizar los diseños y generar diferentes layers para generar un nivel de detalle práctico.</p> <p>Se pueden exportar con facilidad los archivos.</p> <p>Los planos incluyen toda la información.</p>	<p>No se pueden tener cambios inmediatos en la planimetría.</p> <p>No hay generación de modelos 3D instantáneos.</p>
Programación	<p>Se puede llevar los tiempos de construcción por medio de un cronograma.</p>	<p>No se evalúan por medio de un software los elementos que se utilizarán en obra, solo se ejecutan.</p>
Análisis de sitio	<p>No tiene ventajas, ya que no genera este tipo de información.</p>	<p>No se trabaja un análisis de sitio.</p>
Modelado 4D	Ventajas	Desventajas
	<p>No tiene ventajas, ya que no genera este tipo de información.</p>	<p>No se tiene un modelado 4D.</p> <p>No se pueden tener cambios inmediatos en obras.</p>
Seguridad y salud	<p>No tiene ventajas, ya que no genera este tipo de información.</p>	<p>No maneja los temas de seguridad y salud por medio de una simulación.</p>

Figura 52. Ventajas y desventajas de las herramientas tradicionales

Además de comparar las ventajas y desventajas de cada una de las herramientas de la metodología BIM y la metodología tradicional, también podemos analizar un cuadro comparativo general. Utilizando las entrevistas y el desarrollo de ambas metodologías como fuente principal para la creación de esta comparación.

Metodología BIM	Metodología tradicional
Usa más de un software de diseño para el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto.	Utiliza software de AutoCAD como herramienta para la fase de diseño.
Tiene un documento estructurado por medio del BEP.	Usa herramientas propias para desarrollar la información necesaria.
Conoce los objetivos del proyecto por medio de los Usos BIM.	Sigue el proceso planificación
Utiliza plataformas colaborativas para compartir la información inmediata y queda registrado cualquier cambio.	Utiliza herramientas comunes como correo electrónico o drive para compartir documentos.
Tiene un mayor control sobre los cambios.	Pueden ocurrir problemas por mala comunicación entre las partes.
La planificación se puede realizar a tiempo real por medio de una simulación.	La planificación se queda a nivel de cronograma y únicamente se le da seguimiento.
Lleva más tiempo de diseño y planificación dependiendo del nivel de detalle al que se quiere llegar.	Menos tiempo de diseño, pero igual es lento al momento de dibujar.
Los costos de los programas son elevados.	Los costos de la licencia son altos, pero no tan caro como los programas que utiliza la Metodología BIM.
La programación de la obra va en consecuencia a todas las fases del proyecto.	La programación de la obra depende del presupuesto y en base a esto se desarrolla el proyecto.

Es un proceso circular, ya que trabaja por medio de un ciclo de vida, en donde entran todas las disciplinas a trabajar.	Podemos decir que es un proceso lineal o iterativo.
Las reuniones son necesarias cuando se quiere tomar una decisión que involucre a varios colaboradores.	Tiene reuniones presenciales
Maneja información de elementos de protección de obra.	No maneja información los elementos de protección de seguridad en obra.

Cuadro 4
Cuadro comparativo

XI. Capítulo 3

En la sección del capítulo 3, se muestran los elementos de seguridad que deben implementar en obra, debido a la vulnerabilidad ante accidentes que se presenta el sector constructivo. Por medio de la generación de las fichas de seguridad y la implementación de los elementos de seguridad en obra.

A. Fichas de seguridad

Las fichas de seguridad fueron desarrolladas en Arquímedes, se generaron con en el fin de dar a conocer los requisitos, normas de uso y mantenimiento de los siguientes elementos que se muestran a continuación.

- 1) Maquinaria
- 2) Andamiaje
- 3) Equipos auxiliares
- 4) Herramientas manuales

Las fichas proporcionan información valiosa para identificar y anticipar posibles riesgos laborales, indicando las medidas técnicas de cada uno de los elementos a utilizar en la ejecución de la obra, además sirve como una herramienta de apoyo para tomar decisiones del uso de la maquinaria o algún otro elemento, dependiendo de las condiciones y alternativas para encontrar una solución.

MAQUINARIA MÓVIL CON CONDUCTOR	
Requisitos exigibles al vehículo	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se verificará la validez de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) y se comprobará que todos los rótulos de información de los riesgos asociados a su utilización se encuentran en buen estado y situados en lugares visibles. 	
Requisitos exigibles al conductor	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuando la máquina circule únicamente por la obra, se verificará que el conductor tiene la autorización, dispone de la formación específica que fija la normativa vigente, y ha leído el manual de instrucciones correspondiente. 	
Normas de uso de carácter general	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de subir a la máquina: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobará que los recorridos de la máquina en la obra están definidos y señalizados perfectamente. ▪ El conductor se informará sobre la posible existencia de zanjas o huecos en la zona de trabajo. ▪ Se comprobará que la altura máxima de la máquina es la adecuada para evitar interferencias con cualquier elemento. ▪ Antes de iniciar los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se verificará la existencia de un extinguidor en la máquina. ▪ Se verificará que todos los mandos están en punto muerto. ▪ Se verificará que las indicaciones de los controles son normales. ▪ Se ajustará el asiento y los mandos a la posición adecuada para el conductor. ▪ Se asegurará la máxima visibilidad mediante la limpieza de los retrovisores, parabrisas y espejos. ▪ La cabina estará limpia, sin restos de aceite, grasa o barro y sin objetos en la zona de los mandos. ▪ Al arrancar, se hará sonar la bocina si la máquina no lleva avisador acústico de arranque. ▪ No se empezará a trabajar con la máquina antes de que el aceite alcance la temperatura normal de trabajo. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ El conductor utilizará el cinturón de seguridad. ▪ Se controlará la máquina únicamente desde el asiento del conductor. ▪ Se contará con la ayuda de un operario de señalización para las operaciones de entrada a los solares y de salida de los mismos y en trabajos que impliquen maniobras complejas o peligrosas. ▪ Se circulará con la luz giratoria encendida. ▪ Al mover la máquina, se hará sonar la bocina si la máquina no lleva avisador acústico de movimiento. ▪ La máquina deberá estar dotada de avisador acústico de marcha atrás. ▪ Para utilizar el teléfono móvil durante la conducción, se dispondrá de un sistema de manos libres. ▪ El conductor no subirá a la máquina ni bajará de ella apoyándose sobre elementos salientes. ▪ No se realizarán ajustes en la máquina con el motor en marcha. ▪ No se bloquearán los dispositivos de maniobra que se regulan automáticamente. ▪ No se utilizará el freno de estacionamiento como freno de servicio. ▪ En trabajos en pendiente, se utilizará la marcha más corta. ▪ Se mantendrán cerradas las puertas de la cabina. ▪ Al aparcar la máquina: <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se abandonará la máquina con el motor en marcha. ▪ Se aparcará la máquina en terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones. ▪ Se inmovilizará la máquina mediante calces o mordazas. ▪ No se aparcará la máquina en el barro ni en charcos. ▪ En operaciones de transporte de la máquina: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobará si la longitud, la tara y el sistema de bloqueo y sujeción son los adecuados. ▪ Se verificará que las rampas de acceso pueden soportar el peso de la máquina. ▪ Una vez situada la máquina en el remolque, se retirará la llave de contacto. 	
Normas de mantenimiento de carácter general	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobarán los niveles de aceite y de agua. 	

Figura 53. Ficha 1

<p>mq01pan010a</p> <p>Pala cargadora sobre neumáticos.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se utilizará la cuchara como andamio ni como plataforma de trabajo. ▪ Se evitará que la cuchara se sitúe por encima de las personas. ▪ No se utilizará la cuchara para transportar materiales distintos de los previstos por el fabricante de la máquina. ▪ No se cargará la cuchara por encima de su carga máxima. ▪ No se dejará la carga en suspensión en ausencia del conductor. ▪ Se mantendrá una distancia libre mínima con las líneas eléctricas de 5 m. ▪ En operaciones de carga de camiones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se evitará que la cuchara pase por encima de la cabina del vehículo que se está cargando. ▪ Durante esta operación, el material quedará uniformemente distribuido en el camión, la carga no será excesiva y se dejará sobre el camión con precaución. ▪ Al aparcar la máquina: <ul style="list-style-type: none"> ▪ La cuchara se dejará en el suelo una vez que hayan finalizado los trabajos, aplicando una ligera presión hacia abajo. 	
<p>Normas de mantenimiento de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los gatos hidráulicos se colocarán sobre una base firme y dispondrán de mecanismos que eviten el descenso brusco. ▪ Se comprobará la presión de los neumáticos. ▪ Se verificará la ausencia de cortes en los neumáticos. 	

Figura 54. Ficha 2

<p>mq01ret020b</p> <p>Retrocargadora sobre neumáticos.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se utilizará la cuchara como andamio ni como plataforma de trabajo. ▪ Se evitará que la cuchara se sitúe por encima de las personas. ▪ No se utilizará la cuchara para transportar materiales distintos de los previstos por el fabricante de la máquina. ▪ No se cargará la cuchara por encima de su carga máxima. ▪ No se elevarán cargas que no estén bien sujetas. ▪ No se dejará la carga en suspensión en ausencia del conductor. ▪ Durante los trabajos de excavación, se colocarán los estabilizadores extendidos y apoyados en terreno firme. ▪ Se mantendrá una distancia libre mínima con las líneas eléctricas de 5 m. ▪ En operaciones de carga de camiones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se evitará que la cuchara pase por encima de la cabina del vehículo que se está cargando. ▪ Durante esta operación, el material quedará uniformemente distribuido en el camión, la carga no será excesiva y se dejará sobre el camión con precaución. ▪ Al aparcar la máquina: <ul style="list-style-type: none"> ▪ La cuchara se dejará en el suelo una vez que hayan finalizado los trabajos, aplicando una ligera presión hacia abajo. 	
<p>Normas de mantenimiento de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los gatos hidráulicos se colocarán sobre una base firme y dispondrán de mecanismos que eviten el descenso brusco. ▪ Se comprobará la presión de los neumáticos. ▪ Se verificará la ausencia de cortes en los neumáticos. 	

Figura 55. Ficha 3


<p>mq04cab010c</p> <p>Camión basculante.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante la carga y descarga, el conductor estará dentro de la cabina. ▪ La carga y descarga del camión se realizará en lugares habilitados para ello. ▪ El material quedará uniformemente distribuido en el camión. ▪ Se cubrirá el material cargado con un toldo, que se sujetará de forma sólida y segura. ▪ Cuando una pieza sobresalga del camión, se señalará adecuadamente. ▪ No se circulará con el volquete levantado. ▪ Antes de levantar el volquete, se comprobará la ausencia de obstáculos aéreos y de trabajadores en el lugar de descarga, y se anunciará la maniobra con una señal acústica. 	
<p>Normas de mantenimiento de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobará la presión de los neumáticos. ▪ Se verificará la ausencia de cortes en los neumáticos. 	

Figura 56. Ficha 4


<p>mq06gun010</p> <p>Equipo para lanzar concreto de concreto por vía húmeda.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de iniciar los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobará que la superficie está humedecida para favorecer la adherencia del concreto lanzado. ▪ Se situará la máquina en un lugar que permita trabajar con la menor longitud de manguera posible. ▪ Se verificará que la longitud de la manguera es suficiente para poder alcanzar la zona de trabajo sin dificultad. ▪ Una vez situada la máquina, se bloquearán las ruedas mediante los frenos. ▪ Se verificará la existencia de un extinguidor en un lugar accesible cerca de la máquina. ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Únicamente se proyectarán concretos previstos por el fabricante de la máquina. ▪ Para proyectar el material en altura, se utilizarán plataformas de trabajo adecuadas tales como andamios. ▪ Se utilizarán mangueras adecuadas a la presión y al caudal de trabajo. ▪ Se evitarán ángulos bruscos en los cambios de dirección de la manguera. ▪ Con la mano derecha se sujetará la manguera y, con la mano izquierda, se accionará la llave del aire comprimido situada en la lanza de proyección para comenzar a proyectar el material. ▪ No se trabajará con la manguera por encima de la altura del hombro. ▪ El material se aplicará de forma continua y de abajo hacia arriba, rellenando las armaduras de forma que queden completamente embebidas, manteniendo una distancia de entre 60 y 150 cm entre la boquilla de la lanza de proyección y la pared. ▪ No se utilizarán alambres para acopiar mangueras neumáticas. ▪ No se abandonará la máquina con el motor en marcha. ▪ No se abandonará la máquina con la tolva llena durante largos períodos de tiempo. 	
<p>Normas de mantenimiento de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se comprobará el nivel de aceite. ▪ Al finalizar los trabajos, se limpiará la manguera mediante la introducción de bolas de caucho y el bombeo de agua limpia. 	

Figura 57. Ficha 5


<p>mq06hor010</p> <p>Concretera mecánica.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de iniciar los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se situará en zonas habilitadas para ello. ▪ Se comprobará el buen funcionamiento del freno de basculamiento de la cuba. ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se seguirán las instrucciones del fabricante. ▪ No se abandonará mientras esté en funcionamiento. ▪ No se girará el volante de accionamiento de forma brusca. 	
<p>Normas de mantenimiento de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se colocarán y se mantendrán en buen estado las protecciones de los elementos móviles de la concretera mecánica. ▪ Se comprobará con regularidad el buen estado de la concretera mecánica. 	

Figura 58. Ficha 6


<p>mq07gto010k</p> <p>Grúa torre.</p>	
<p>Normas de uso de carácter específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de iniciar los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se verificará que los ganchos de los elementos de elevación llevan marcada su capacidad de carga máxima y están dotados de pestillo de seguridad. ▪ Se verificará la existencia de un extinguidor en un lugar accesible cerca de la máquina. ▪ Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se transportarán personas. ▪ Se prohibirá el paso de trabajadores por debajo de elementos con riesgo de caída de materiales. ▪ No se elevarán cargas que no estén bien sujetas. ▪ No se balanceará la carga. ▪ No se dejará la carga en suspensión en ausencia del conductor. ▪ Se evitará la entrada de humedad en los componentes eléctricos. ▪ Se comprobará que los mandos de la máquina son de material aislante. ▪ No se utilizarán cables eléctricos en mal estado. ▪ No se realizarán empalmes manuales. ▪ Las conexiones se realizarán mediante tomas de corriente y clavijas normalizadas. ▪ Las tomas de corriente serán de tipo industrial y adecuadas para el uso a la intemperie. ▪ No se abandonará la máquina con el motor en marcha. ▪ Se evitará la presencia de trapos impregnados de grasa, combustible, aceite u otros líquidos inflamables. 	

Figura 59. Ficha 7


<p>mq13ats010j</p> <p>Andamio tubular normalizado, tipo multidireccional.</p>	
<p>Requisitos exigibles al andamio</p> <ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones, forma y disposición de las plataformas de trabajo del andamio tendrán que ser las apropiadas al tipo de trabajo a realizar y las cargas a soportar, permitiendo al mismo tiempo que se circule y trabaje sobre ellas con total seguridad. <p>Normas de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> Durante el desarrollo de los trabajos: <ul style="list-style-type: none"> No se trabajará sobre andamios, escaleras u otros elementos similares, apoyados sobre la plataforma para alcanzar un punto de mayor altura. No se trabajará con viento fuerte ni con lluvia. No se modificará ni se eliminará ningún dispositivo de seguridad del andamio. Se accederá al andamio mediante una escalera adosada a los laterales o mediante una escalera integrada en la propia estructura del andamio. <p>Normas de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> La plataforma se mantendrá siempre limpia de grasa, barro, concreto y obstáculos. Las revisiones periódicas serán realizadas por personas con la experiencia y formación necesarias para ello. <p>En operaciones de carga y descarga</p> <ul style="list-style-type: none"> Los componentes del andamiaje se descargarán a su llegada a obra, desde los camiones de transporte, mediante grúa y elementos de izado adecuados. Posteriormente se realizará el proceso inverso de carga a los camiones, para su retirada de obra. <p>Normas de montaje y desmontaje</p> <ul style="list-style-type: none"> Se tendrá preparado en la obra un espacio con la superficie adecuada para ser ocupado por los componentes del andamiaje durante las operaciones de montaje y desmontaje. El montaje y el desmontaje serán realizados por personas con la experiencia y formación necesarias para ello. Las bases del andamio se montarán sobre una superficie con la resistencia y estabilidad necesarias para soportar el peso del mismo, por lo que se verificará la ausencia de caja de registros, tuberías o cualquier otro hueco bajo las bases de apoyo, ya que pueden comprometer la estabilidad del andamio. 	
<p>IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS DURANTE EL USO, MONTAJE, MANTENIMIENTO Y RETIRADA DEL ANDAMIO</p>	

Figura 60. Ficha 8


<p>au00auh020</p> <p>Canaleta para fundido del concreto.</p>	
<p>Normas de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> Se colocarán cuñas en las ruedas traseras del camión para inmovilizarlo. <p>Normas de uso y mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> El trabajador no se situará en el lugar de fundido hasta que el camión mezclador no esté en posición de fundido. El camión mezclador no cambiará de posición mientras se vierte el concreto. 	

Figura 61. Ficha 9


<p>00aux030</p> <p>Eslinga de cable de acero.</p>	
<p>Condiciones técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Se calculará de forma que la eslinga soporte la carga de trabajo a la que estará sometida. La eslinga tendrá marcada la carga máxima admisible en un lugar visible. <p>Normas de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> Se evitará que la eslinga apoye directamente sobre aristas vivas, para prevenir posibles daños o cortes en las eslingas, para lo cual se colocarán cantoneras de protección. Los diferentes ramales de la eslinga no deberán cruzarse en el gancho de elevación. <p>Normas de uso y mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Antes de la elevación definitiva de la carga, la eslinga deberá tensarse y elevarse 10 cm, para verificar su amarre y equilibrio. Tras cualquier incidente o siniestro, se cambiará la eslinga. Se comprobará diariamente el estado de la eslinga, para verificar la ausencia de oxidación, deformaciones permanentes, desgaste o grietas. La eslinga se engrasará con regularidad. 	

Figura 62. Ficha 10

<p>00aux060</p> <p>Puntal metálico.</p>	
<p>Condiciones técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> No se utilizará un puntal en mal estado. <p>Normas de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> Se colocará en posición vertical, siempre que sea posible. En caso de tener que colocarse inclinado, se calzará con cuñas de madera. <p>Normas de uso y mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> El puntal no se extenderá hasta su altura máxima. Se acoplará de forma ordenada y fuera de los lugares de paso. 	

Figura 63. Ficha 11

<p>00hma040</p> <p>Herramientas manuales de acabado: llanas, cucharas, paletines y lijadoras.</p>					
<p>Normas de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> La mano que no sujeta la herramienta no se apoyará sobre la superficie de trabajo, para evitar cortes. Las espuelas utilizadas para transportar las llanas, cucharas y paletines no se colocarán al borde de las plataformas de trabajo ni de los andamios. 					

Figura 64. Ficha 12

<p>00hma060</p> <p>Herramientas manuales para rascar: espátulas, rasquetas, rascadores y raspadores.</p>				
<p>Normas de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La mano que no sujeta la herramienta no se apoyará sobre la superficie de trabajo, para evitar cortes. ▪ Las espátulas, rasquetas, rascadores y raspadores no se utilizarán como palanca. ▪ El pomo del mango de espátulas, rasquetas, rascadores y raspadores no se utilizará para golpear. ▪ Antes de iniciar los trabajos, se verificará el buen estado de las láminas metálicas. ▪ Los labios de goma de los raspadores se sustituirán cuando estén rajados o desgastados. ▪ Al finalizar los trabajos, se limpiará la lámina metálica. 				

Figura 65. Ficha 13


<p>op00fre010</p> <p>Fresadora.</p>	
<p>Normas de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante la realización de operaciones en las que la máquina pueda entrar en contacto con cables ocultos, se mantendrá sujeta exclusivamente por la superficie de agarre aislada. ▪ No se utilizará para cortar objetos metálicos, tales como clavos y tornillos. ▪ Antes de activar el interruptor, se comprobará que se ha liberado el seguro del eje. ▪ Se utilizará pisando sobre suelo firme y sujetando la herramienta firmemente con ambas manos. ▪ Las manos se mantendrán alejadas de las piezas giratorias. ▪ No se depositará ni se apoyará estando en funcionamiento. ▪ Después de finalizar la tarea, se apagará la máquina y se esperará hasta que la pieza móvil se haya detenido completamente antes de retirarla. ▪ Inmediatamente después de finalizar la tarea, no se tocará ni la pieza móvil ni la pieza de trabajo. 	

Figura 66. Ficha 14

<p>op00ato010</p> <p>Atornillador.</p>					
<p>Normas de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante la realización de operaciones en las que la máquina pueda entrar en contacto con cables ocultos, se mantendrá sujeta exclusivamente por la superficie de agarre aislada. 					

Figura 67. Ficha 15

B. Elementos de seguridad y salud

En el siguiente apartado se definen los elementos a utilizar para prevenir los riesgos de accidentes y enfermedades durante la ejecución de la obra. Se analizaron qué tipo de elementos de protección colectiva se necesitan colocar durante la etapa de diseño, para que al ejecutar se coloquen los elementos necesarios y así reducir o minimizar los riesgos y accidentes durante el trabajo.

Los elementos de protección colectiva se desarrollan con la ayuda del software de Open BIM Health and Safety, la vinculación del modelo realiza por medio del BIM server center. Los elementos de seguridad colectiva se dibujan en planta y permite visualizar cada elemento en 3D.

La herramienta de seguridad y salud, proporciona información como planos y reportes de los elementos de seguridad y salud. A continuación, se muestran los elementos de seguridad colectiva:

- Barandillas
- Señalización
- Elementos perimetrales
- Redes de seguridad

Las barandas de seguridad se colocaron en los balcones de los apartamentos y en la azotea, con el fin de disminuir las probabilidades de caída del personal.

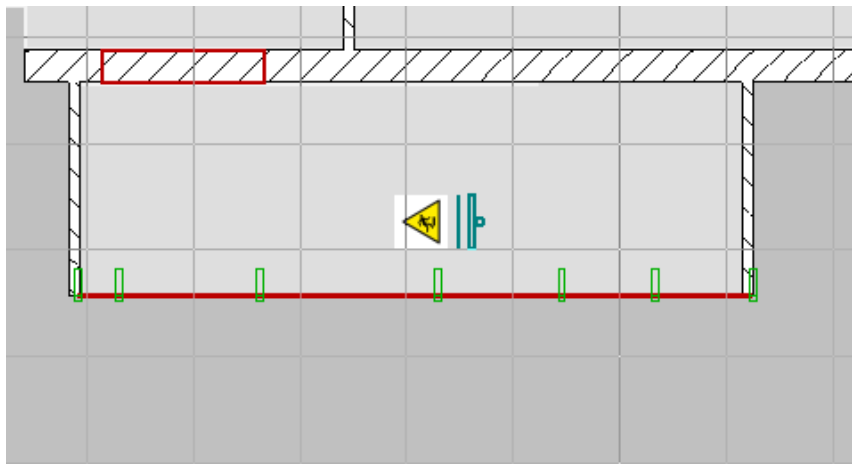


Figura 68. Vista en planta

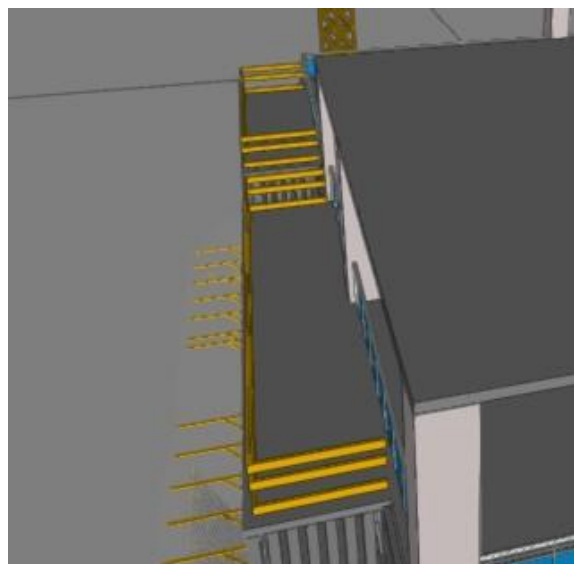


Figura 69. Vista 3D

Existen tres tipos de señalización, las señales de advertencia, las señales de emergencia y las señales de obligación. A continuación, se muestra dos cuadros con las señales de advertencia y las señales de obligación.

Las señales de advertencia deben ser colocadas en lugares visibles para los trabajadores, se encuentran distintos tipos de señales, ya que se adaptan a la actividad o entorno de trabajo. El siguiente cuadro muestra las señales que se colocaron en obra.









Fase		Excavación
Señal	Riesgos	Medidas a adoptar
	Caída del personal hacia el desnivel de la excavación	<ul style="list-style-type: none"> La zona debe estar señalizada, limpia y ordenada, prestando atención a la maquinaria que se encuentra trabajando.
	Aplastamiento por vuelco de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar una rampa para el acceso de los vehículos al fondo de la excavación.
	Caída de objetos por desplome	<ul style="list-style-type: none"> No se debe trabajar en zonas donde se puedan producir desprendimientos de tierras, rocas o árboles.
	Atropello con vehículos	<ul style="list-style-type: none"> Se debe verificar la ausencia de personas en el radio de acción de la maquinaria.
	Caída de objetos desprendidos	<ul style="list-style-type: none"> Se evitará la circulación de personas bajo la vertical de riesgo de caída de materiales.
	Contacto eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Si existen líneas eléctricas aéreas, se protegerán para evitar el contacto entre ellas.
	Golpe o corte de herramientas	<ul style="list-style-type: none"> Precaución con manipulación de herramienta.
	Caída de objetos por manipulación	<ul style="list-style-type: none"> Durante la manipulación de herramientas se deberán de evitar movimientos bruscos para evitar caída de herramienta.

Figura 70. Señales de advertencia en obra

La señal de riesgos de caída fue colocada cerca de los elevadores, excavación y en el área de balcones, para evitar que los trabajadores caigan a un nivel inferior.

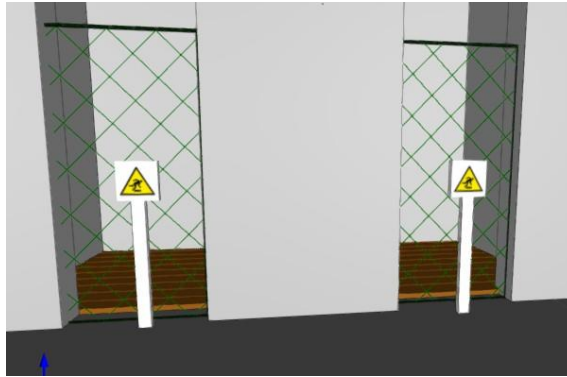


Figura 71. Señal riesgo de caída

En la imagen colocada anteriormente, se muestran los ductos de elevadores, en esta área de deben colocar redes de seguridad verticales y horizontales, ya que se encuentran vacíos en donde puede ocurrir un accidente por caída.

La siguiente señal de riesgo de vuelco de maquinaria fue colocada al rededor del área de excavación, ya que en esta área se maneja mucha maquinaria a nivel y a desnivel.

La señal de riesgo por desplome de materiales se coloca en el área de excavación, debido a que al hacer cortes en el terreno puede haber fallas y desbordarse sobre el área de trabajo.

El área dónde se movilizan camiones debe de estar señalizada para que no ocurran accidentes de atropellamiento. Además, el área dónde se trabaja con la grúa debe estar señalizado, porque pueden ocurrir caída del material manipulado.

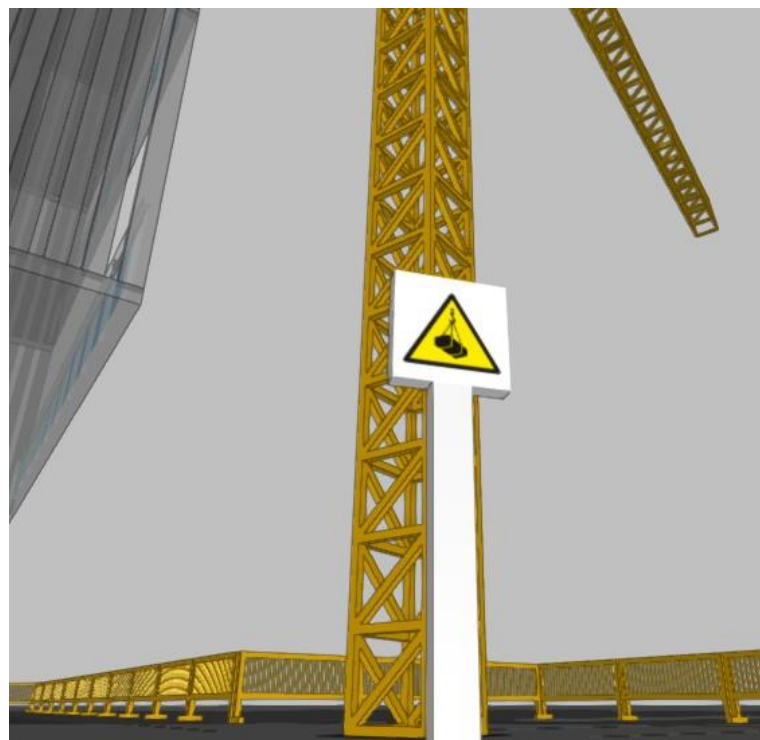
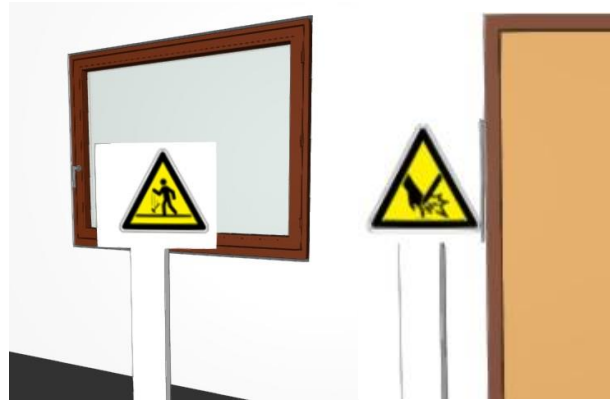


Figura 72. Señal de caída de objetos



Otras señales que deben estar especificada en los elementos de seguridad, son los riesgos por

manipulación de herramientas, ya que al trabajar se pueden lastimar o se pueden caer los elementos que se estén utilizando al trabajar.



(a) Señal de riesgo por manipulación
de (b) Señal de golpe herramienta

Se colocaron las señales de obligación ya que es de uso obligatorio para los trabajadores, todos deben de llevar el equipo de protección personal.

Equipo	Descripción	Simbología
Arnés y línea de vida	Es importante que se utilice en trabajos que se encuentren a una altura mayor de los 1.80 m sobre el nivel del piso.	
Botas de seguridad	Es necesario que las botas sean de punta de acero y suela anti perforación.	
Casco	El uso del casco se debe de utilizar de forma obligatoria y tiene que cumplir con las nacionales.	
Chaleco reflectivo	Sirve para identificar a los trabajadores y que sean visibles a la hora de operar maquinaria.	





Gafas de seguridad	Es necesario que se utilicen en áreas en donde pueda haber dispersión de fragmentos.	
Guantes	Se deben de utilizar al momento de manipular alguna herramienta, ya que estos guantes proporcionan un agarre antideslizante.	
Mascarilla	Se deben de utilizar en área donde se encuentren expuestos a material suspendido, gas o líquido.	
Tapones auditivos	Es necesario utilizar en caso que haya condiciones de ruido en áreas de operación.	

Figura 74. Elementos de seguridad personal

Actualmente por la pandemia es importante que se apliquen las señales de bioseguridad contra Covid-19, por lo tanto, estas señales fueron configuradas en el software, ya que no se encontraban definidas. Estos elementos son importantes incluirlos para evitar contagio dentro del área de trabajo.



Figura 75. Señales de bioseguridad

Las redes de seguridad se colocan con el fin de detener cualquier objeto o material que pueda caer desde alturas significativas y provocar un accidente o daño severo. En esta área el uso de casco debe ser obligatorio.

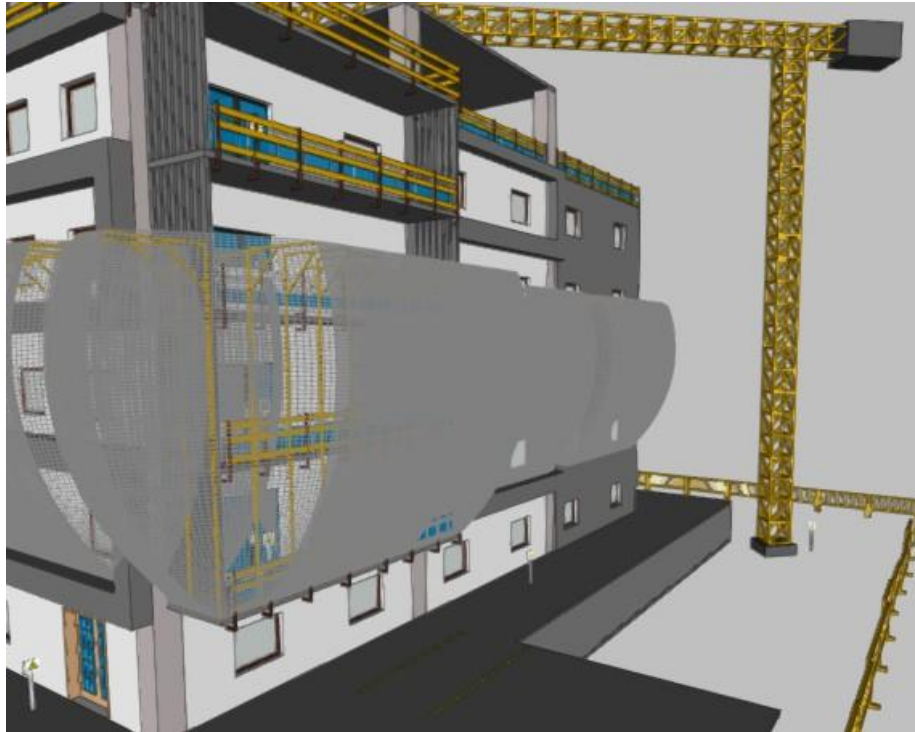


Figura 76. Redes de seguridad

Los planos de cada una de las plantas se encuentran en el área de anexos, ahí se pueden encontrar los diversos elementos de la protección colectiva definida para el uso de ejecución de obra.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las cantidades necesarias de los elementos a utilizar en la etapa de ejecución, los datos fueron obtenidos por medio del reporte generado en Open BIM Health and Safety.

Descripción	Un	Cantidad
Barandas provisionales plásticas	m	221.18
Soporte de barandas provisionales	Un	278
Red vertical	m ²	1917.84
Soportes de red vertical	un	169
Protección de aberturas horizontales	m ²	58.39
Protección de aberturas verticales	m ²	28.25
Grúa	Un	1
Indicador de bioseguridad	Un	1
Indicador de caída de objetos	Un	34
Indicador de caída de objetos por desplome	Un	1
Indicador de área de excavación	Un	4
Indicador de manipulación de herramienta	Un	13
Indicador de seguridad personal	Un	1
Indicador de vuelco de maquinaria	Un	3

Cuadro 5
Cantidad de elementos de seguridad

XII. Capítulo 4

La finalidad de este capítulo es proporcionar criterios y recomendaciones de seguridad y salud en obra. Para impedir accidentes y preservar el contagio de enfermedades. Esta sección se divide en dos apartados con el fin de proporcionar información desde los diferentes puntos de vista, las funciones que debe de cumplir los trabajadores y los elementos que dé deben de cumplir al momento de ejecutar.

A. Obligaciones autoridades y trabajadores partícipes del proyecto

Es importante que las autoridades realicen una evaluación previa de los riesgos que pueden ocurrir en obra, adoptando reglamentos nacionales que aseguren la seguridad y salud a todas las personas que se encuentran en obra. En Guatemala el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGGS), muestra las disposiciones que se deben de cumplir en el área de trabajo. En el artículo 1 del Reglamento General sobre Higiene y seguridad del trabajo, tiene como objetivo proporcionar al trabajador condiciones de higiene y seguridad, con el fin de proteger la vida, salud e integridad corporal. (de Seguridad Social, 1957)

Las autoridades deben proveer capacitaciones a su personal sobre temas de higiene y seguridad en el área de trabajo. En consecuencia, de la situación actual de la pandemia, este aspecto debe ser cumplido para evitar contagio contra el Covid-19. Es indispensable que se tomen las medidas preventivas necesarias en cada una de las áreas de trabajo, respetando el uso de mascarillas, distanciamiento social de 1.5 metros e higiene de manos.

Todas las personas en el área de trabajo deben cumplir en todo momento con las señales, estas serán especificadas en el área de trabajo y las deben de aplicar para prevenir accidentes o evitar situaciones en donde pongan en riesgo a otros trabajadores.

B. Responsabilidades en la fase de ejecución

A continuación, se exponen las responsabilidades y recomendaciones que se deben de cumplir en las distintas fases de la obra, con el fin de disminuir los riesgos de accidentes en obra.

- Uno de los factores más importantes es el orden y la limpieza, los accidentes son provocados por resbalones, tropiezos con herramientas o materiales colocados en un lugar inapropiado. Es importante especificar un área para colocar ripio y una bodega para colocar todos las herramientas o materiales que no se están utilizando en obra. Se debe garantizar que cada lugar de trabajo sea seguro para los trabajadores, es necesario que se coloquen la señalización dependiendo del entorno.
- Se deben tomar precauciones para proteger a las personas contra la caída de materiales o herramientas, esto se puede evitar realizando una instalación de vallas o barreras.
- Es importante que las señales se coloquen en lugares visibles de la obra.
- En áreas con huecos de elevadores o aberturas, deben estar indicadas. Ya que los trabajadores corren peligro de caerse en esas zonas. Por lo que se debe asegurar que estén señalizadas de una forma apropiada.
- Las operaciones que impliquen riesgos altos, deben estar supervisadas por una persona calificada.
- Las actividades de carga y descarga de materiales, de preferencia se deben de realizar por medios mecánicos y sin movimientos bruscos.
- Se deben tomar en cuenta que no se realizará ningún trabajo cerca del movimiento de maquinaria.
- Las maquinarias deberán circular a una velocidad moderada dentro de la obra.
- Es importante que en obra se mantenga un kit de primeros auxilios
- Se deben impedir el acceso a personas ajenas al proyecto.
- La rampa de acceso en la excavación debe tener las condiciones para aguantar la carga de los vehículos.
- No se trabajará en zonas próximas a los bordes.
- Se debe verificar la ausencia de personas en el radio de acción de la maquinaria.
- No se acopiará ningún tipo de material a menos de 2 metros del borde de la excavación.
- Se debe evitar la circulación del personal bajo la vertical de objetos suspendidos.
- No se trabajarán en zonas próximas a los bordes del corte del terreno.
- Se respetará la distancia de seguridad a los bordes de excavaciones.
- No se debe de trabajar en áreas cerca de desprendimientos de rocas, tierras o árboles.

- Las armaduras no se realizarán cerca del borde de las losas.

- Se deben evitar caminar sobre encofrados.

- Se debe fundir el concreto de forma pareja, para evitar concentramiento y provocar cargas al sistema de encofrado.

- El encofrado no se desganchará hasta no haber procedido su estabilización

- Se señalará y delimitará el área de izado de materiales.

- Los huecos horizontales deben permanecer protegidos.

- Se deben de evitar las prisas y seguir el procedimiento de trabajo.

- El uso y manejo de la herramienta debe ser responsable.

- Se debe supervisar que las instalaciones queden bien aseguradas.

- Los elementos que no estén asegurados deben estar apuntalados para evitar desplomes.

- Se deben evitar el contacto de piezas recién soldadas.

XIII. Análisis y discusión de resultados

La metodología BIM, busca integrar las distintas disciplinas dentro de un proyecto, por medio de la generación y exportación de información, el proyecto está enfocado en la etapa de la planificación y ejecución, tomando en cuenta los elementos de seguridad en obra.

El edificio a modelar es un proyecto de cinco niveles de apartamentos, con una terraza y cuenta con un sótano de parqueos. Las disciplinas a trabajar en la planificación y ejecución son: la excavación, obra gris, instalaciones de tablayeso, instalaciones puertas, ventanas y otros elementos, porúltimo, la fachada.

El desarrollo se realizó por medio de cuatro softwares especializados en diseño, planificación, coordinación 4D, salud y seguridad. A continuación, se muestra una figura que representa la interacción de información entre las distintas herramientas por medio del BIM Server Center.

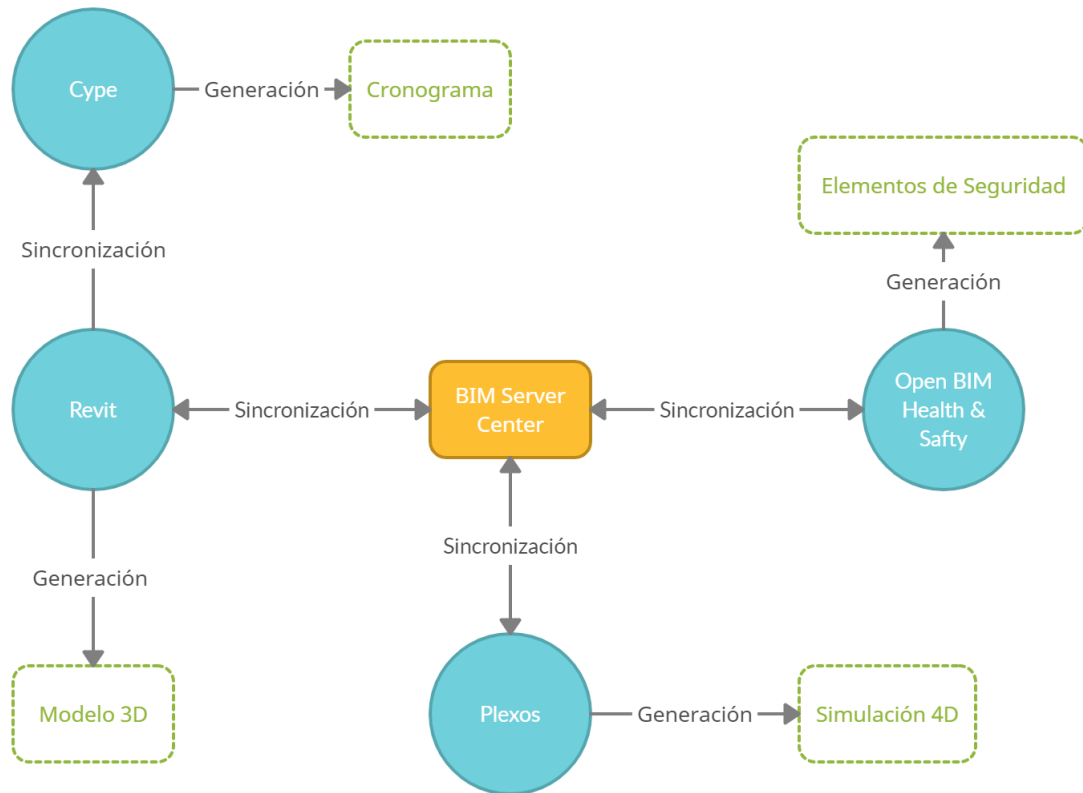


Figura 77. Interacción de información entre herramientas

El desarrollo se comienza desde el diseño y planificación del edificio de apartamentos, desarrollado por medio del BEP para determinar la información y seguimientos de los elementos a utilizar. Luego se realiza el modelo 3D en donde se le definen parámetros del modelo y se clasifica por cada una de las etapas a trabajar. Este modelo se vincula con Cype Arquímedes para extraer el cronograma de actividades con base en las cantidades definidas. En este proceso se generan los Assembly codes, por lo que es necesario regresar a actualizar el modelo de Revit definiendo estos códigos.

Luego por medio del BIM Server Center se carga el modelo al software de plexos para comenzar el trabajo de coordinación 4D, en donde se simulan cada uno de los elementos del modelo en 3D y se asignan a las fases descritas. Este proceso permite generar la mayor cantidad de información para la etapa de planificación y ejecución. Integrando cada uno de los elementos desarrollados con anterioridad se obtienen los siguientes resultados.


Fase	Excavación
Fechas	21/09/2021 – 4/10/2021
Ficha relacionada	Mq01pan010a mq01ret020b mq04cab010c
Señales seguridad	
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Se colocarán métodos de acceso seguros para los peatones. - No se trabajará en zonas próximas a los bordes de la excavación. - La rampa de acceso, debe de tener la capacidad de carga de los vehículos. - No se debe de trabajar en áreas cerca de desprendimientos de rocas, tierras o árboles. - El área de trabajo debe estar <u>limpia y en orden.</u>

Figura 78. Fase de excavación


Fase	Obra gris
Fechas	24/11/2021 – 14/08/2024
Ficha relacionada	mq06gun010 mq06hor010 mq07fto010k mq13ats010j au00auh020 00aux030 00auz060 00hma040
Señales seguridad	
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Las armaduras no se realizarán cerca del borde de las losas. - Se deben evitar caminar sobre encontrados. - El encofrado no se desganchará hasta no haber procedido su estabilización. - Se señalizará y delimitará el área de izado de materiales. - El área de trabajo debe estar limpia y en orden.

Figura 79. Fase obra gris


Fase	Tablayeso
Fechas	4/12/2023 – 7/03/2024
Ficha relacionada	Op00ato010 Op00fre010
Señales seguridad	
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Los huecos horizontales deben permanecer protegidos. - Se deben de evitar las prisas y seguir el procedimiento de trabajo. - El uso y manejo de la herramienta debe ser responsable. - El área de trabajo debe estar limpia y en orden.

Figura 80. Fase tablayeso


Fase	Instalaciones
Fechas	24/01/2023 – 27/08/2024
Ficha relacionada	Op00ato010 Op00fre010
Señales seguridad	
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Se delimitará la zona bajo la vertical, en caso de caída de fragmentos de materiales. - Se debe supervisar que las instalaciones queden bien aseguradas. - Los elementos que no estén asegurados deben estar apuntalados para evitar desplomes. - Se evitarán prisas y se seguirá el procedimiento del trabajo. - Se deben evitar el contacto de piezas recién soldadas. - El área de trabajo debe estar limpia y en orden.

Figura 81. Fase instalaciones


Fase	Fachada
Fechas	24/01/2023 – 27/08/2024
Ficha relacionada	Op00ato010 Op00fre010
Señales seguridad	
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Se delimitará la zona bajo la vertical, en caso de caída de fragmentos de materiales. - Se debe supervisar que las instalaciones queden bien aseguradas. - Los elementos que no estén asegurados deben estar apuntalados para evitar desplomes. - Se evitarán prisas y se seguirá el procedimiento del trabajo. - Se deben evitar el contacto de piezas recién soldadas. - El área de trabajo debe estar limpia y en orden.

Figura 82. Fase fachada

Al comparar cada una de las metodologías de trabajo, se llegó a comprender cómo trabaja la metodología tradicional y por qué suele ser menos eficiente que la metodología BIM. Como podemos ver en el siguiente diagrama la metodología tradicional trabaja de una forma lineal o iterativa, debido a que las herramientas que utiliza no le permiten trabajar de forma integrada, entonces si el proceso desde arquitectura no es aprobado por el área de ingeniería se regresa hasta que el diseño sea aceptado. Luego del área de ingeniería pasa hacia cada uno de los contratistas y puede que vuelva a suceder el mismo proceso de corrección.

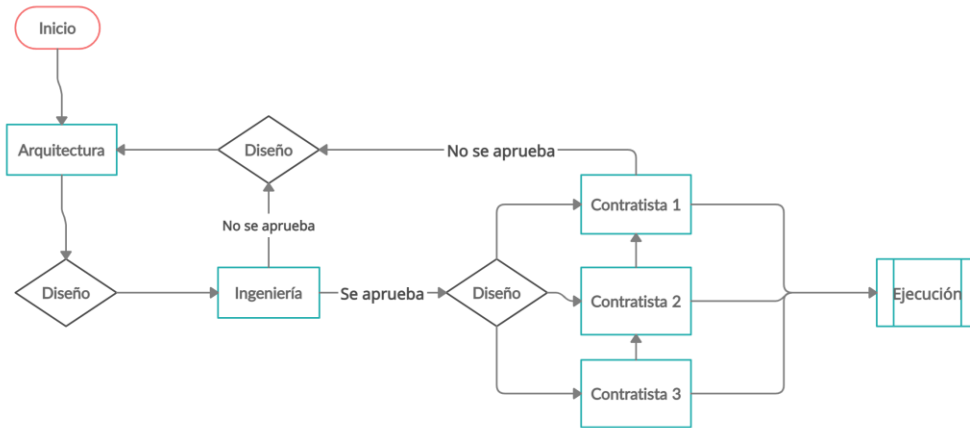


Figura 83. Diagrama de metodología tradicional

En cambio, la metodología BIM trabaja de una forma integrada, donde cada una de las disciplinas trabaja al mismo tiempo gracias a las herramientas y plataformas que permiten este trabajo integrado, para lograr el acceso rápido a la información.

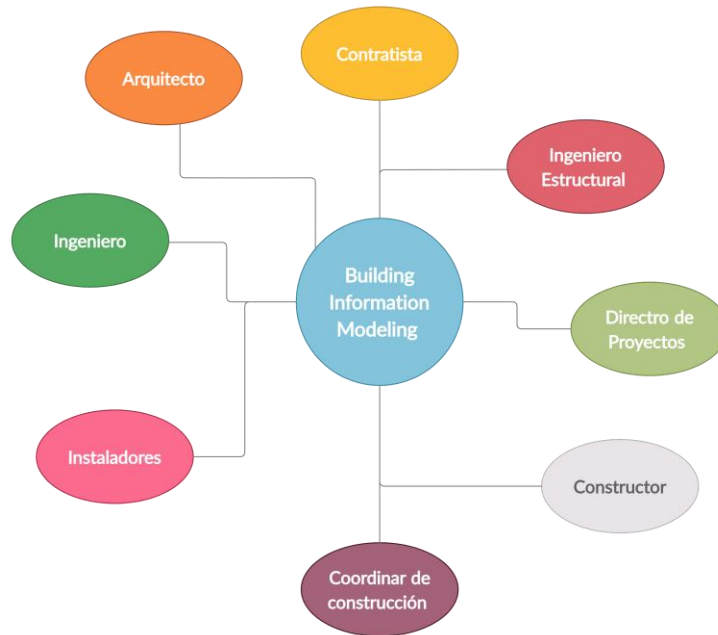


Figura 84. Diagrama metodología BIM

XIV. CONCLUSIONES

El BIM Execution Plan (BEP), desarrolla un plan estructurado del proceso de un proyecto, permitiendo analizar qué recursos se deben utilizar para la generación de información. A partir de esto se genera una guía del uso de los distintos softwares. Para poder generar información clara y de calidad, con el fin de tener un desarrollo eficiente en la etapa de planificación y ejecución, ya que el intercambio de información es lo más importante en la metodología BIM.

Como resultado de la comparación entre las herramientas de la metodología tradicional vs la metodología BIM, se comprueba que es más eficiente el desarrollo de información por medio de BIM. Ya que trae beneficios en la disminución de tiempos, permite ver visualizaciones, detecta interferencias y permite la coordinación 4D.

La generación de las fichas de seguridad permitió analizar el uso de maquinaria, equipos auxiliares y herramientas manuales, en la planificación de los elementos de seguridad en el software Open BIM Health and Safety.

Los criterios desarrollados, demuestran la responsabilidad que deben cumplir las personas, los criterios que se tienen que cumplir estando en obra y otros aspectos de salud y bienestar que no pueden faltar en la ejecución del proyecto. De esta forma se asegura que las personas encargadas de la supervisión se aseguren que todas las personas sean capaces de actuar ante una situación de emergencia.

XV. RECOMENDACIONES

En la metodología BIM, manejo de la información es clave para el desarrollo del ciclo de vida del proyecto. Por lo que recomiendan reuniones periódicas y constantes, para que la comunicación sea lo más clara posible para no generar duplicación de documentos y que se creen incompatibilidades e interferencias.

Se recomienda seleccionar las herramientas de trabajo, basándose en las necesidades del proyecto y en las habilidades y capacidades de los profesionales.

Para manejar los documentos es importante manejar la nomenclatura de la información, ya que este es un cuello de botella para el ciclo de vida de un proyecto.

Es importante que todas las personas que entren a trabajar en un proyecto basándose en la metodología BIM, reciban una capacitación para garantizar la eficiencia de trabajo. Además de realizar una evaluación del perfil de los colaboradores para tener conocimiento de sus habilidades y deficiencias.

Cada proyecto es diferente, por lo que hay que tomar en cuenta que el BEP no puede ser el mismo en todos los proyectos, claramente hay que adaptarlo a las necesidades y usos BIM que este vaya a requerir.

En Guatemala puede llegar a suceder que una empresa trabaje con la Metodología BIM y tenga que colaborar con una que utilice las metodologías tradicionales, en este caso puede que el proceso sea más largo mientras capacitan a la empresa que no sabe utilizar la metodología, al mismo tiempo se volvería un proceso interesante mientras llegar a tener la misma sintonía de cómo trabajar el proyecto.

La información generada de seguridad y salud se puede integrar en la simulación 4D para obtener mayores beneficios en la coordinación, por eso se recomienda a futuros profesionales implementar este tema de investigación.

Los elementos de seguridad colectiva son importantes tomarlos en cuenta para el desarrollo de la etapa de ejecución, por lo tanto, se recomienda realizar un análisis de presupuesto de estos elementos.

La Metodología BIM tiene la tendencia de ser el futuro del manejo de los proyectos, por lo tanto, se recomienda a las futuras promociones involucrarse en estos temas de investigación.

Trabajar con la metodología BIM tiene el beneficio de disminuir los tiempos en la fase de la ejecución de un proyecto, por lo que se recomienda a empresas guatemaltecas asesorarse y capacitarse para la utilización de esta metodología.

Implementar BIM en proyectos tiene el beneficio de simulaciones 4D, en dónde se pueden analizar el costo vs el tiempo de ejecución. Se les recomienda a inversores involucrarse para en este tema, ya que a partir de esta información pueden tomar decisiones de invertir.

Se necesita capacitar gente del sector constructivo acerca de la generación de información que se puede lograr a partir de la implementación de la Metodología BIM. Por lo tanto, se recomienda a la Cámara Guatemalteca de la Construcción, capacitar a personas guatemaltecas para comenzar la implementación a nivel nacional.

Es importante que los alumnos comiencen a utilizar softwares como Open BIM Health and Safety, para que integren los elementos de seguridad y salud en campo. Por lo tanto, se recomienda al departamento de ingeniería civil impartir cursos relacionados a la utilización de estos softwares.

Sería interesante realizar una comparación entre los softwares de diseño de Revit y Archicad, para comparar la versatilidad de generación de información. De tal forma se recomienda ampliar este tema de investigación.

Es importante poder utilizar otro software de planificación y coordinación, en este caso se recomienda investigar sobre la generación de información por medio de Navisworks.

XVI. BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk, I. (2021). Software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción. <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview?term=1-YEAR>. programas
- BIMRECH. (2021). Plexos Project. <https://bimtechla.com/productos/plexos-project/>. BIM
- CONRED. (2019). Guía para la señalización de ambientes. Consultado el 25 de septiembre de 2019, desde https://conred.gob.gt/normas/NRD2/Guia_de_Senializacion.pdf. Guía de señalización de ambientes
- CYPE Ingenieros, S. (2021). Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. <http://programas.cype.es/programas>
- Daniel Chacón, G. C. (2017). Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software Revit. *Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software Revit*, 8-15.
- de Seguridad Social, I. G. (1957). *Reglamento General de Higiene*. IGGS. https://www.igsgt.org/wp-content/uploads/ley_acceso_info/pdfs/Ley/inciso_6/ReglamentodeSeguridadeHigiene.pdf
- Florencia, R. (2019). Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción. *Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción*, 26-34.
- GRAPHISOFT. (2021). Graphisoft Archicad. <https://graphisoft.com/es/solutions/products/archicad>. programas
- Institute, P. M. (2010). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*, 869-876.
- Institute, P. M. (2017). *Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, Inc. file:///C:/Users/madar/Documents/PROJECT%20MANAGEMENT/PMBOK_6ta_Edicion_Espanol.pdf
- Jonathan León, I. G., Johan Cristancho. (2019). Manual para la ejecución de obra de construcción de edificaciones bajo el enfoque del Building Information Modeling BIM. *Manual para la ejecución de obra de construcción de edificaciones bajo el enfoque del Building Information Modeling BIM*, 10-14.
- Leandro Fernández, J. M., Renzo Ríos. (2016). Más Allá de la Tecnología BIM como una Nueva Filosofía. Consultado el 4 de noviembre de 2020, desde file:///C:/Users/madar/Downloads/18629-Texto%20del%20art%C3%ADculo-73832-1-10-20170529.pdf. Las Dimensiones BIM 4D,5D, 6D.
- Levitt, R. E. (2000). *Project Management For Engineering and Construction*. McGraw Hill. file:///C:/Users/madar/Documents/UVG/Cuarto%20A%20C3%B1o/2DO%20SEMESTRE/DISE%20C3%91O%20E%20INNOVACI%20C3%93N/BLIBLIOGRAF%20C3%8DA%20IMPORTANTE%20231/Project_Management_for_Engineers_and_Con.pdf
- Liston, C. E. P. T. R. S. K. (2008). *BIM Handbook*. WILEY. file:///C:/Users/madar/Documents/UVG/Cuarto%20A%20C3%B1o/2DO%20SEMESTRE/DISE%20C3%91O%20E%20INNOVACI%20C3%93N/BLIBLIOGRAF%20C3%8DA%20IMPORTANTE%20231/BIM_handbook_A_guide_to_building_informa.pdf

- Mendoza, L. (2020). Aplicación de la Metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos LEAN Construction en proyectos multifamiliares. *Aplicación de la Metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos LEAN Construction en proyectos multifamiliares*, 5-16.
- Mojica, A. (2012). Implementación de la Metodología BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. *Implementación de la Metodología BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*, 13-16.
- MV-BIM, E. (2018). Caso de Éxito: Chelsea Island. <https://mv-bim.com/caso-de-exito-chelsea-island-bim-en-el-sector-residencial-de-lujo/>. construcción
- Picó, E. C. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*. Departamento de Arquitectura. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Tecnolog%C3%ADa%20BIM.pdf>
- Program, C. R. (2011). *BIM Project Execution Planning Guide*. Penn State Architectural Program. [file:///C:/Users/madar/Documents/UVG/Cuarto%20A%20C3%B1o/2DO%20SEMESTRE/DISE%20C3%91O%20E%20INNOVACI%C3%93N/BLIBLIOGRAF%20C3%8DA%20IMPORTANTE%20%231/01_BIM_Project_Execution_Planning_Guide_V2.1_\(two-sided\)%20IMPORTANTE.pdf](file:///C:/Users/madar/Documents/UVG/Cuarto%20A%20C3%B1o/2DO%20SEMESTRE/DISE%20C3%91O%20E%20INNOVACI%C3%93N/BLIBLIOGRAF%20C3%8DA%20IMPORTANTE%20%231/01_BIM_Project_Execution_Planning_Guide_V2.1_(two-sided)%20IMPORTANTE.pdf)
- Pura, A. (2021). Autodesk Revit. <https://www.arquitecturapura.com/las-ventajas-y-desventajas-de-revit-bim/>. BIM
- Server, B. (2021). Open BIM Health and Safety. https://bimserver.center/es/store/122/open_bim_health_and_safety_programas
- Sistegua, S. (2021). Instalación de Muros con Tablero. Consultado el 19 de septiembre de 2021, desde <http://sistegua.com/instalacion%20muros.pdf>. tablayeso
- SYSTEMS, B. (2021). SYNCHRO. https://www.bentley.com/es/products/brands/synchro_programas
- USAC. (2019). Tablas de Rendimiento de Mano de Obra y Trabajo por Actividades. Consultado el 20 de septiembre de 2021, desde <http://sistegua.com/instalacion%20muros.pdf>. Tablas de rendimiento
- USF. (2018). BIM Guidelines and Standards. *BIM Guidelines and Standards*, 5-19

XVII. APÉNDICES

A. Entrevista

El objetivo de la entrevista es determinar las ventajas y desventajas del uso de la metodología BIM con respecto a las metodologías tradicionales.

1. ¿Conoce cuál es la metodología BIM? Si respondió que sí, con sus palabras me puede decir qué es?
2. ¿Cuál es el proceso de Iniciación?
3. ¿Cómo genera la documentación de un proyecto?
 - a. ¿Hay algún documento estándar con el que se puede guiar para generar esa información?
4. ¿Qué fase del proyecto considera que es más importante? ¿Por qué?
5. ¿Cuál es el proceso que utiliza para planificar un proyecto?
 - a. ¿Qué herramientas utiliza?
6. ¿Qué herramientas utiliza para la generación de planos? Ya sean arquitectónicos o constructivos
 - a. ¿Qué ventajas tiene utilizar esa herramienta?
 - b. ¿Qué desventajas tiene?
 - c. ¿Considera útil para generar la mayor cantidad de información?
 - d. ¿Cuánto tiempo le lleva generar información?
7. ¿Qué herramientas utiliza para compartir información a otros colaboradores del proyecto?
 - a. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la transferencia de información?
 - b. ¿Considera que es importante llevar un orden en la nomenclatura entre la información compartida?
8. ¿Cuál es el proceso de ejecución?
9. ¿Considera importante la generación de un cronograma?
10. ¿Por medio qué herramienta genera el cronograma de ejecución?
11. ¿Cuáles son los principales problemas en la ejecución? ¿Como cree usted que se puede evitar?
12. ¿Cuáles son los problemas más comunes en obra? ¿Y porque se dan?
13. ¿Cómo realiza un análisis de interferencias?
14. ¿Cuáles son los problemas de interferencias más comunes en obras? ¿Hay forma de evitarlas?
15. ¿Cómo maneja los contratiempos?
16. ¿Utiliza algún programa para simular la coordinación en tiempo real de la obra?
 - a. ¿Cuál es la ventaja de utilizarlo?
17. ¿Considera que la señalización de seguridad en obra es importante?
18. ¿Conoce alguna herramienta que lleve el control de seguridad de obra?
19. ¿Cuáles cree que son los aspectos más importantes de la seguridad en obra?

B. Documento de Plan de Ordenamiento Territorial


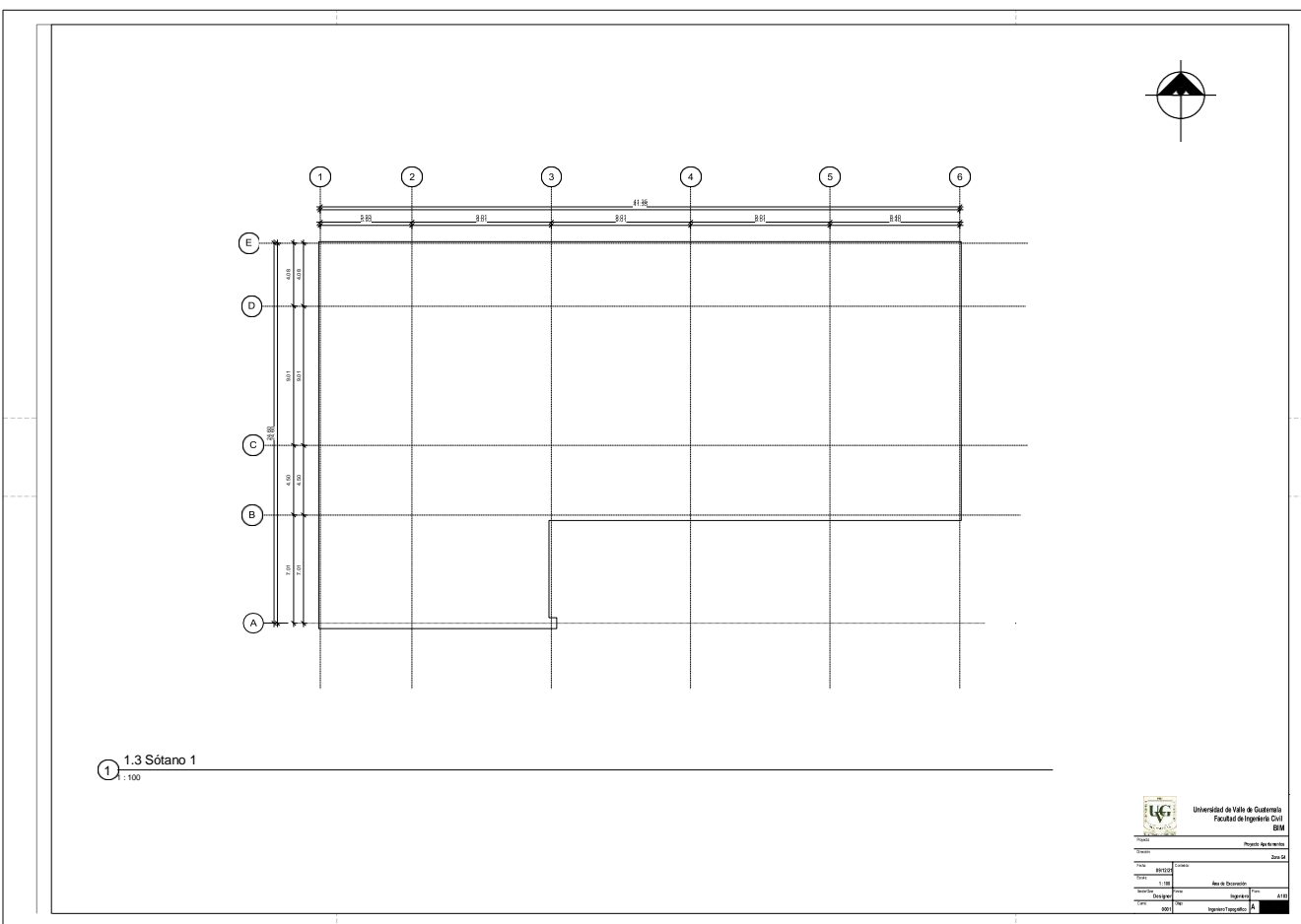
G4 Central		 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
		PARÁMETROS		PROCEDIMIENTOS		
		descripción	unidad	DCT	JOT	JOT + VEC
FRACCIONAMIENTO						
frente de predios		m	15 -	6 - < 15	13	
superficie efectiva de predios		m ²	450 -	300 - < 450	446	
OBRAS						
índice de edificabilidad	base	relación	- 4.0	□	□	
	ampliado	relación	> 4.0 - 6.0*	□		
altura (predominan restricciones de aeronáuticas)	base	m	- 32	19.80	> 32 - 48	
	ampliada	m	> 32 - 48*	□	> 48 -	
porcentaje de permeabilidad		%	0% -	0%		
BLOQUE INFERIOR h - 1.5m	separaciones a colindancias	m	0 -	0		
	lado mínimo de patios y pozos de luz	relación (h=altura)	1/4 h - ⁽¹⁾	4.95		
BLOQUE SUPERIOR h > 1.5m	separaciones a colindancias	m	4 -	4	< 4	
	lado mínimo de patios y pozos de luz	relación (h=altura)	1/8 h - ⁽²⁾	2.475		
USO DEL SUELO (ver clasificación de usos del suelo)						
natural		m ²	0 -	□		
rural		m ²	0 -	□		
residencial		m ²	0 -	1705.39		
mixto (al cumplir este % se obvia el parámetro normativo de usos no residenciales con actividades ordinarias)		% residencial	35% -	35%		
no residencial	con actividades	ordinarias	m ²	- 1,500	□	> 1,500 -
		condicionadas I	m ²	□	- 1,500	> 1,500 -
		condicionadas II	m ²	□	□	0 -
		condicionadas III	m ²	□	□	0 -
SIMBOLOGÍA - x : desde "x" hasta "x" x - y : desde "x" hasta "y" x - : desde "x" hasta infinito > : mayor que < : menor que						
* : Aplica a través de Incentivos o TEC		Modificable a través de PLOT		□ : No permitido		
DCT: Dirección de Control Territorial JOT: Junta Directiva de Ordenamiento Territorial VEC: opinión de vecinos TEC: transferencia de edificabilidad por compensación PLOT: Plan Local de Ordenamiento Territorial						
⁽¹⁾ : No podrá ser menor a 1.50m			⁽²⁾ : No podrá ser menor al lado mínimo de patios y pozos de luz del bloque inferior			

Figura 86. Parámetros del POT

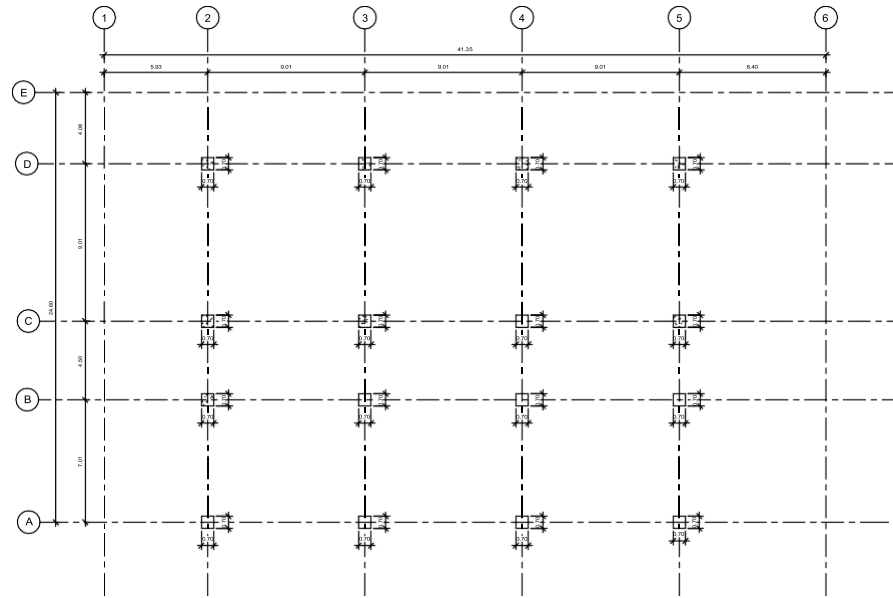
C. Planos Revit



1.3 Sótano 1
1:100

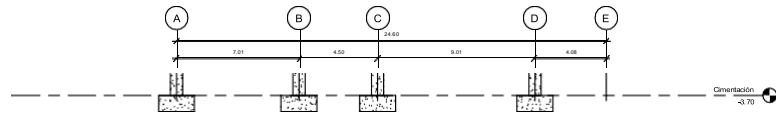

 Universidad de Valle & Guatemala
 Facultad de Ingeniería Civil
 BIM

Proyecto		Proyecto de Arquitectura	
Fecha	2024-24		
Código	BIM2024		
Estado	1-100	Plan de Ubicación	
Proyecto	001	Escala	1:100
Proyecto	001	Impresión/Exportación	A 4110

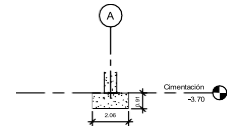
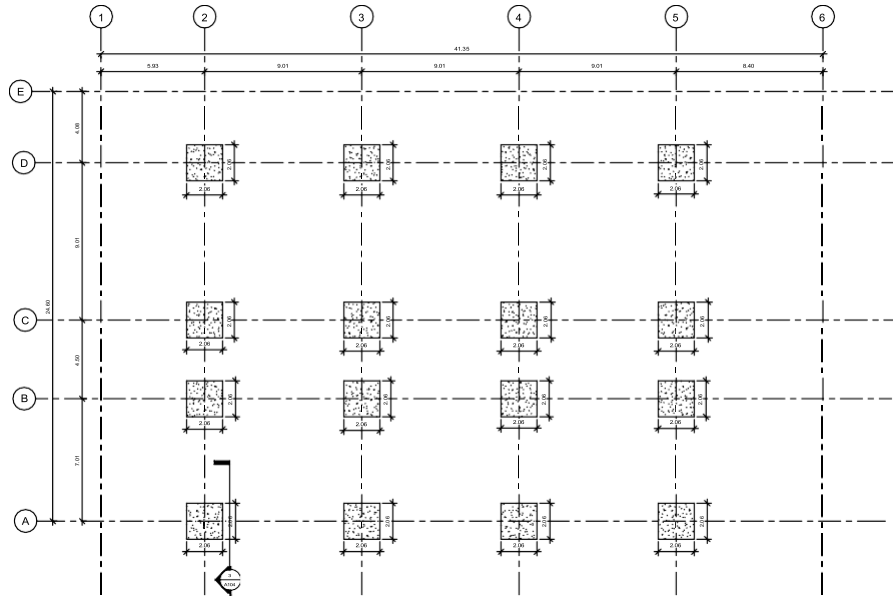


1.2_Pilares Cimentación
1:100

		Universidad de Valle de Guatemala	
		Facultad de Ingeniería Civil	
		BIM	
Proyecto: Apartamentos			
Zona: CA			
Fecha:	2024		
Diseño:	BM/2024		
Revisión:			
Escala:	1:100	Pilares de Cimentación	
Disegnado:	BM	Revisado:	BM
Fecha:	10/05	Ingeniero Civil:	E



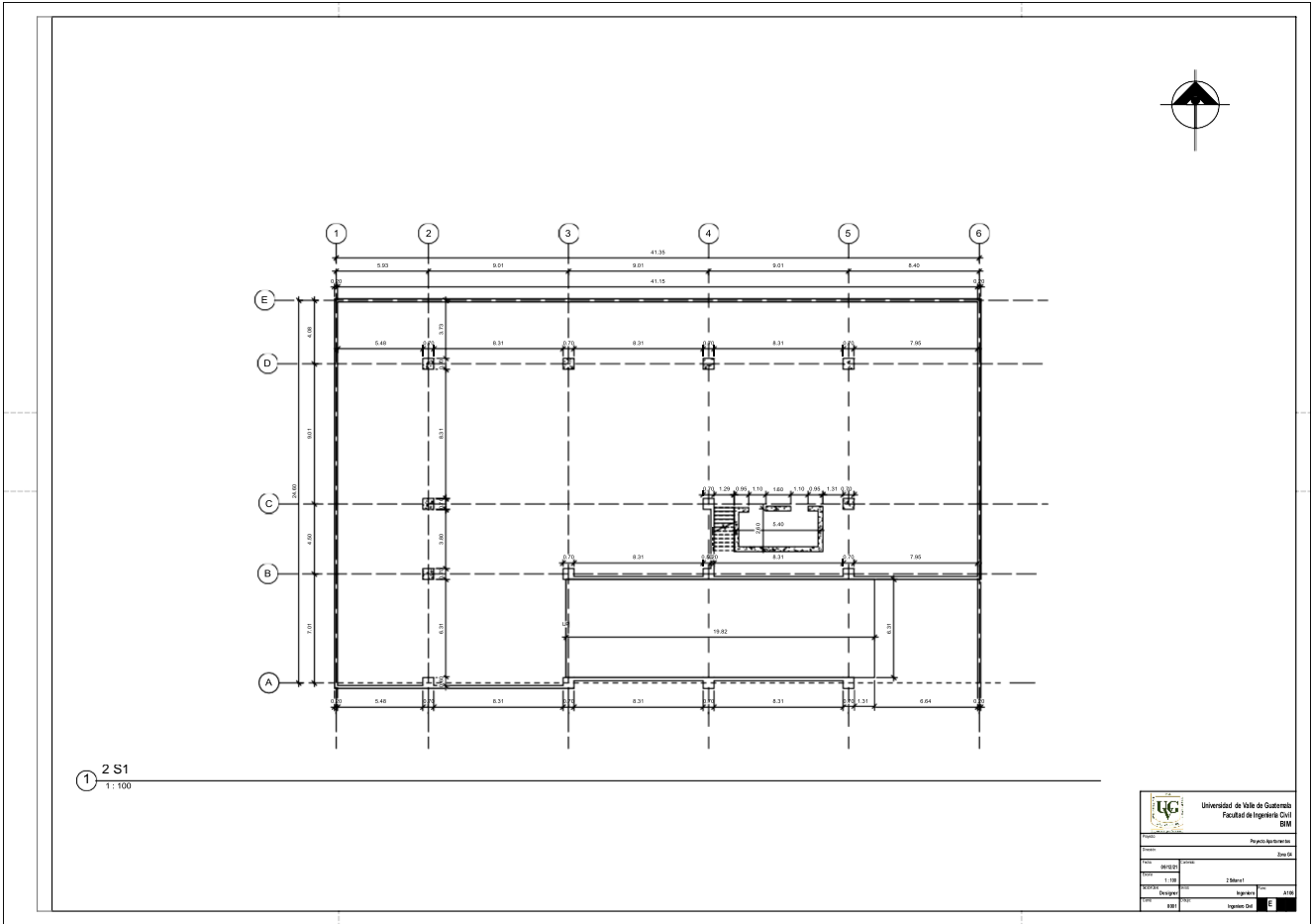
2 1.1 Sección 1
1:100

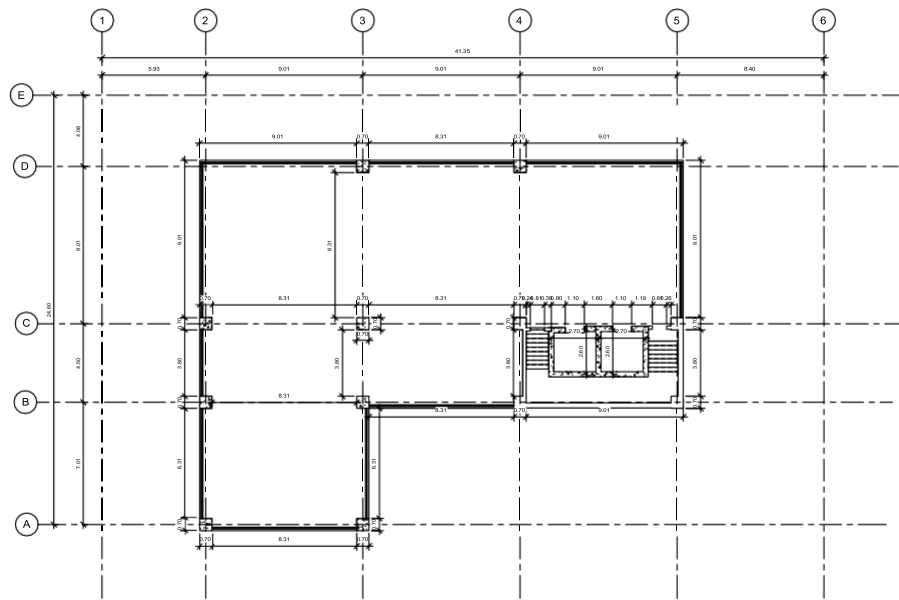


3 1.1 Sección 2
1:100


1 1.1 Cimentación
1:100

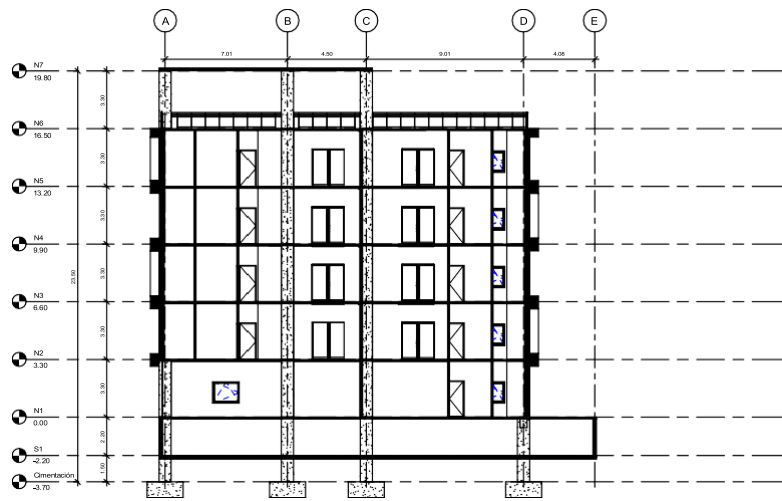
		Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM
Proyecto: Apartamentos		
Zona: CA		
Fecha: 09/03/21 Escala: 1:100 Diseñado: [Signature] Dibujo: [Signature]	Fecha de Ejecución: [Signature] Ingeniería: [Signature]	AutoCAD: [Signature]



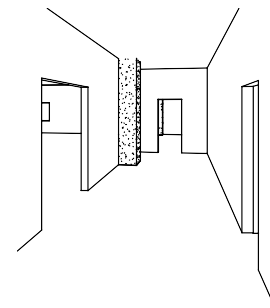


① 2.6 Nivel 6
1:100

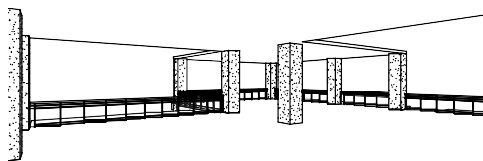
 Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM		Proyecto: Apartamentos	
		Zona: CA	
FECHA:	08/2021	PROYECTO:	2.6 Nivel 6
ESCALA:	1:100	DISCIPLINA:	Ingeniería
PROYECTO:	1000	INGENIERO:	E



1 2 Section 1
1:100

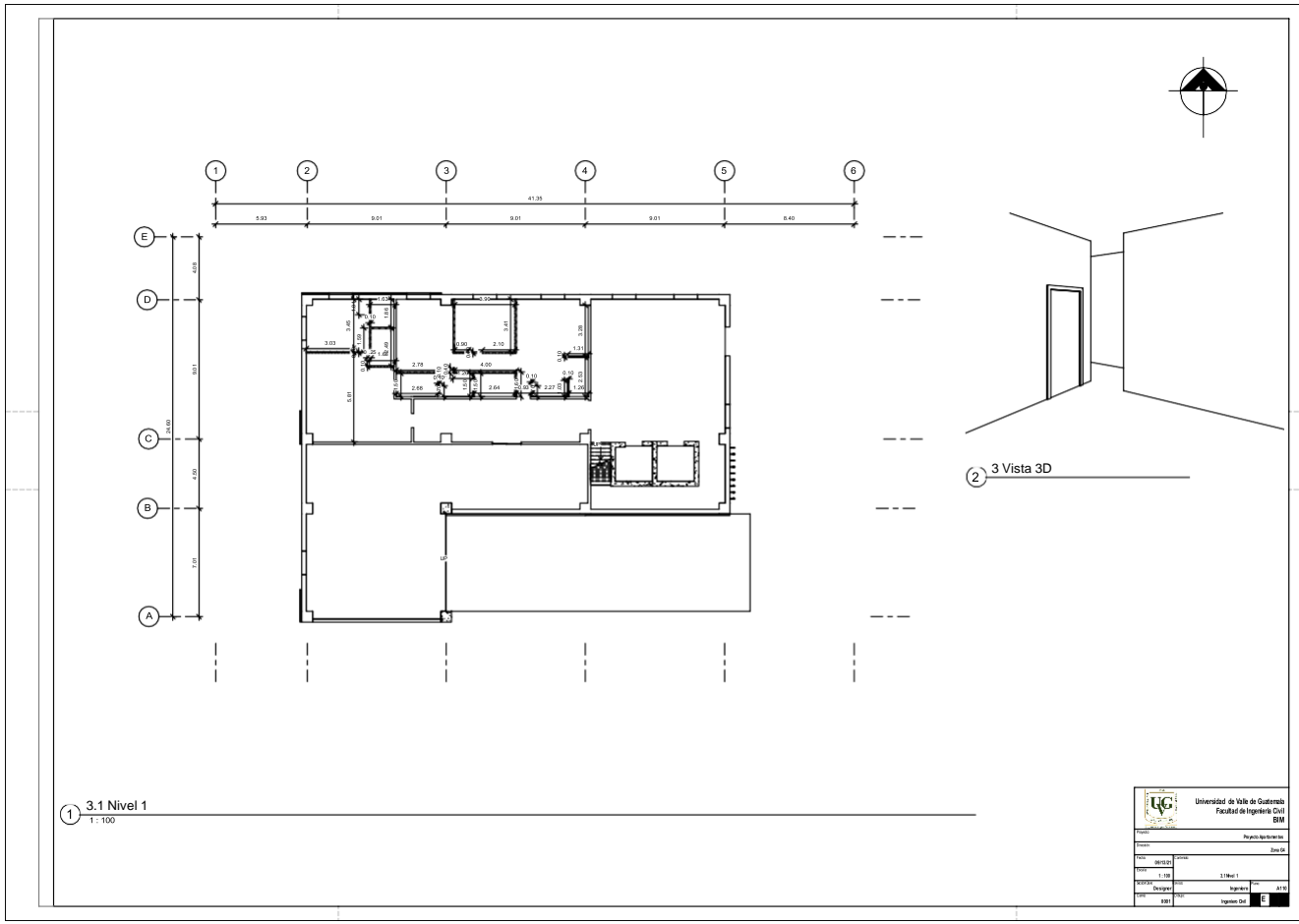


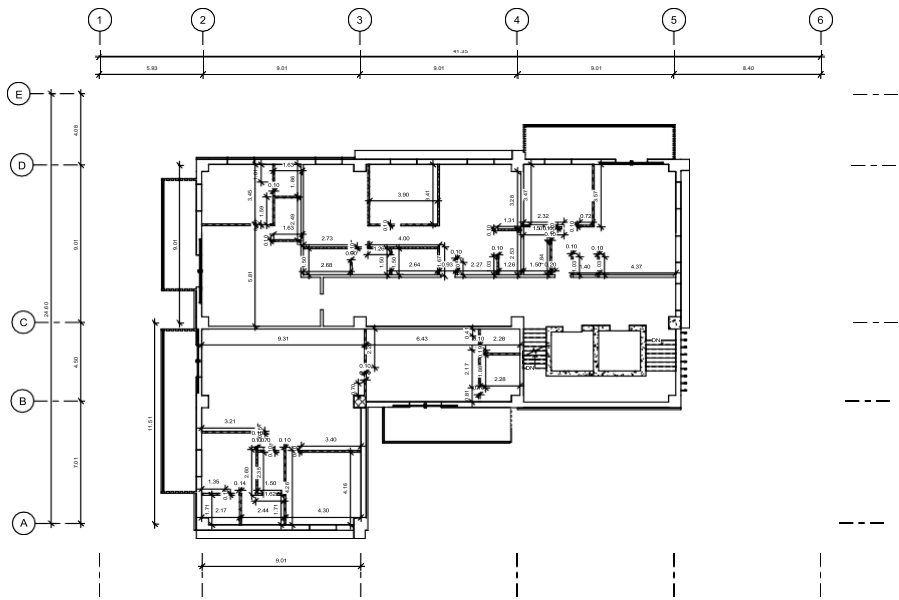
2 2 Vista 3D



3 2.6 Vista 3D

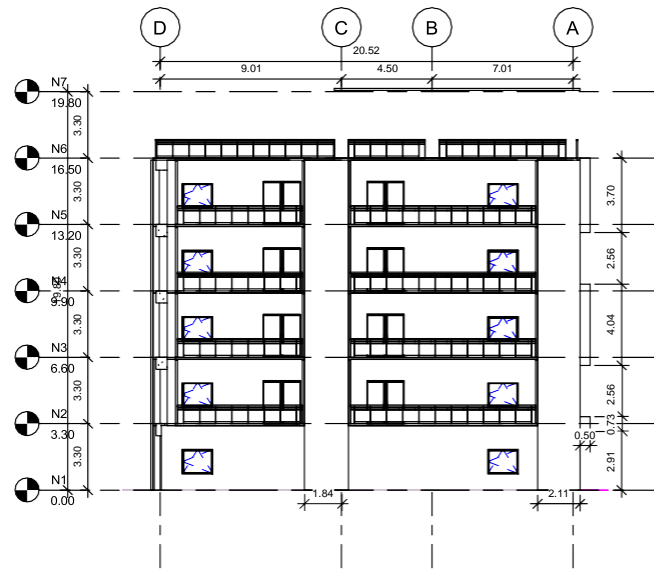
 Universidad de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM	
Proyecto: Apartamentos	
Zona: CA	
Fecha: 09/03/21	Hoja: 01
Escala: 1:100	
Elaborado: [Signature]	Revisado: [Signature]
Fecha: 10/03/21	Ingeniero Civil: E






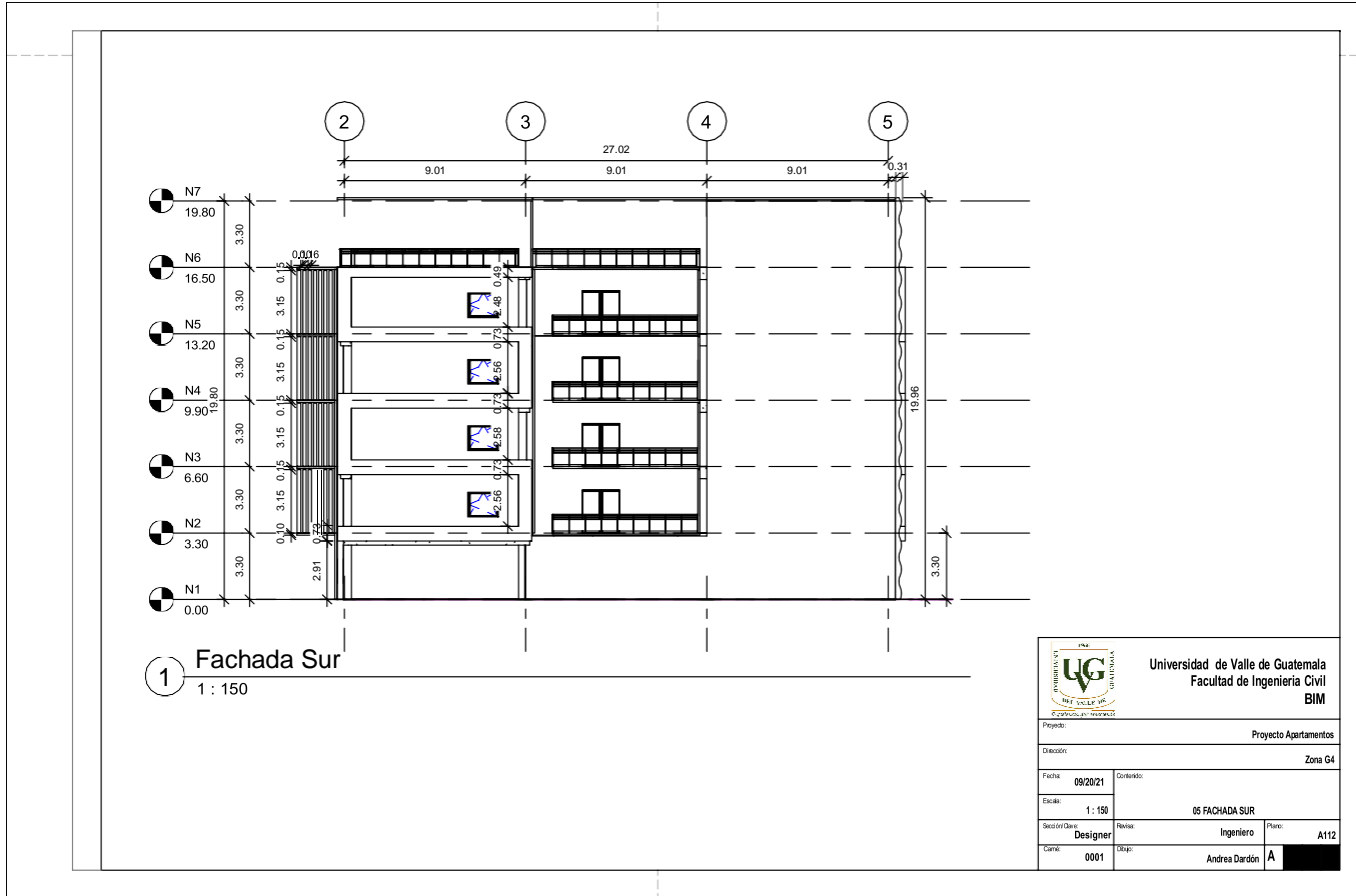
① 3.2 Nivel 2
1:100

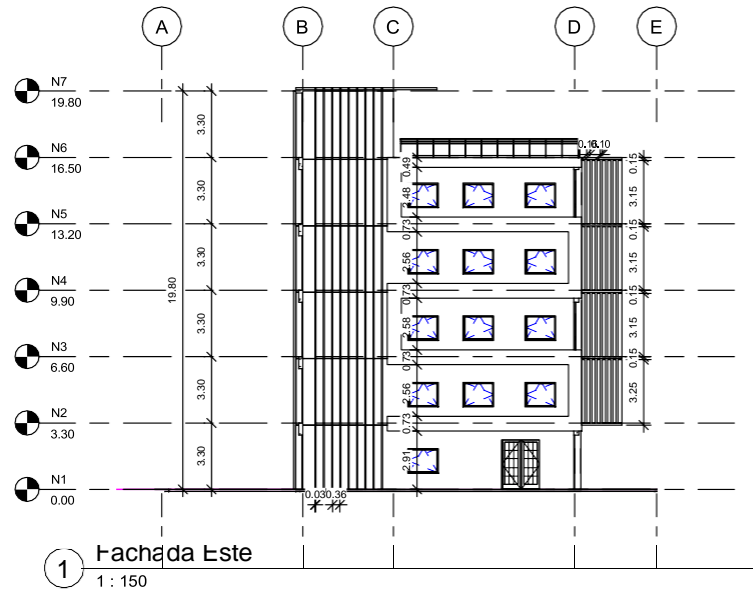
 Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM	
Proyecto: Apartamentos	
Zona: CA	
FECHA:	2014
PROYECTO:	081521
ESTADO:	1:100
FECHA:	22 Abril 14
DISEÑO:	Ingeniero Civil
PROYECTO:	1000
ESTADO:	Apertura



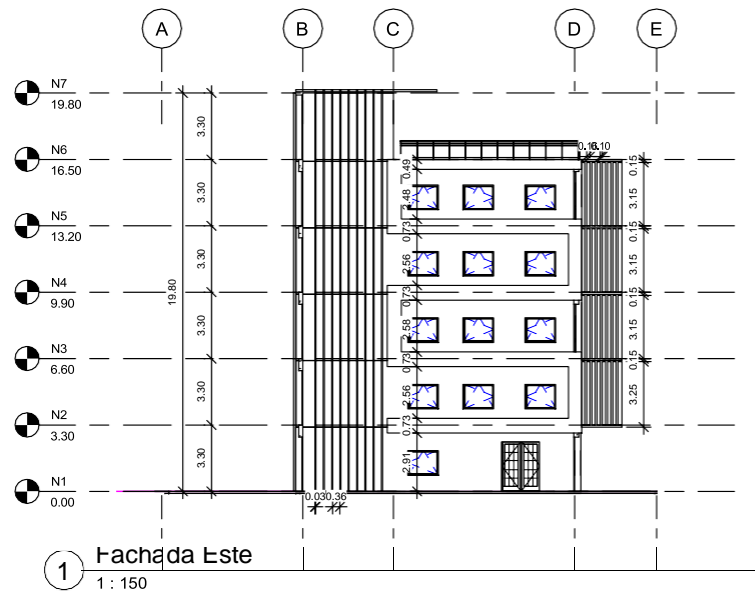
1 Fachada Oeste
1 : 150


		Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM	
		Proyecto: Proyecto Apartamentos	
Dirección: Zona G4		Fecha: 10/12/21	
Escala: 1:150		Contenido: 05 FACHADA OESTE	
Diseñador: Designer		Revisor: Ingeniero	
Código: 0001		Dibujante: Andrea A	
		Plano: A115	

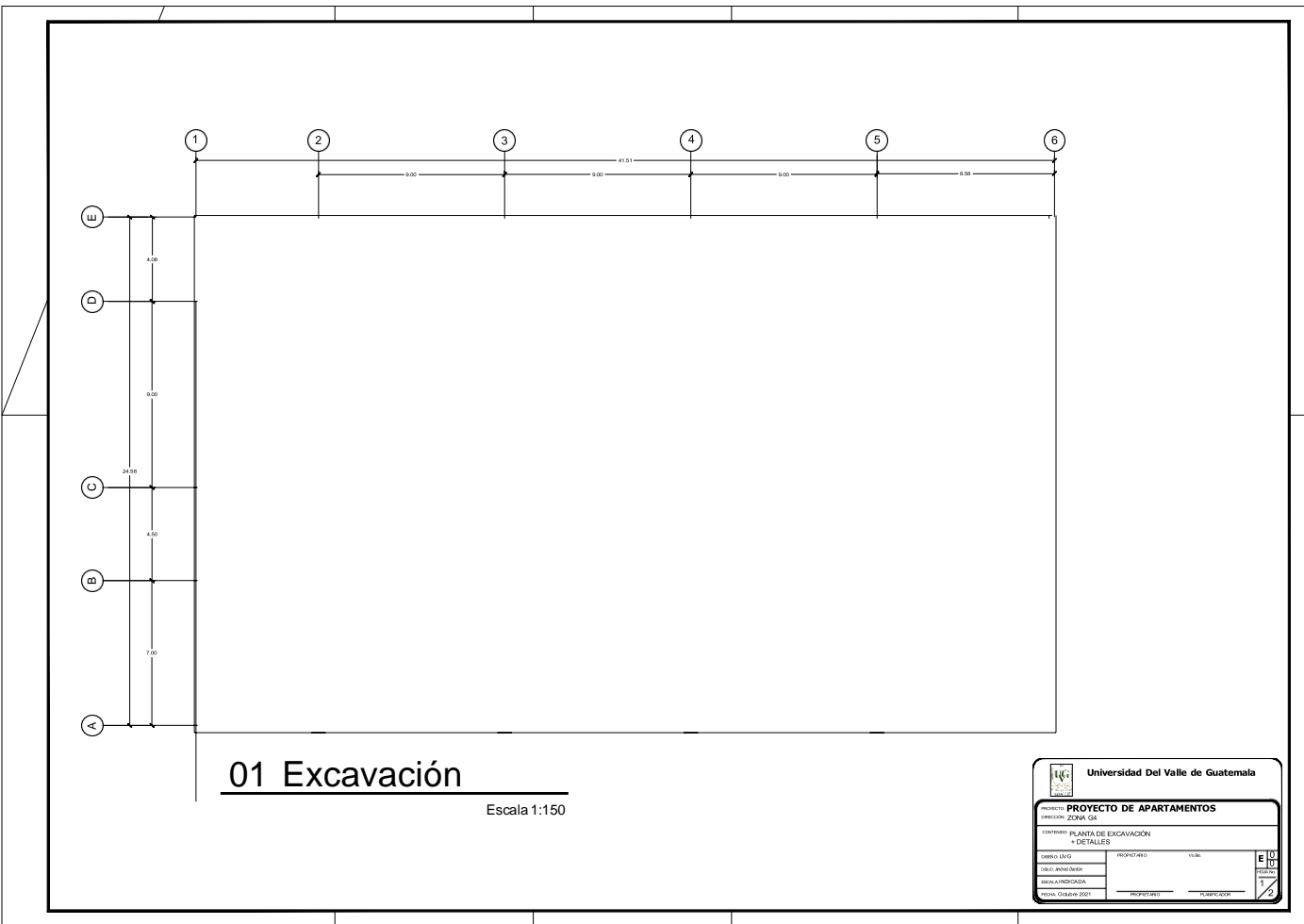


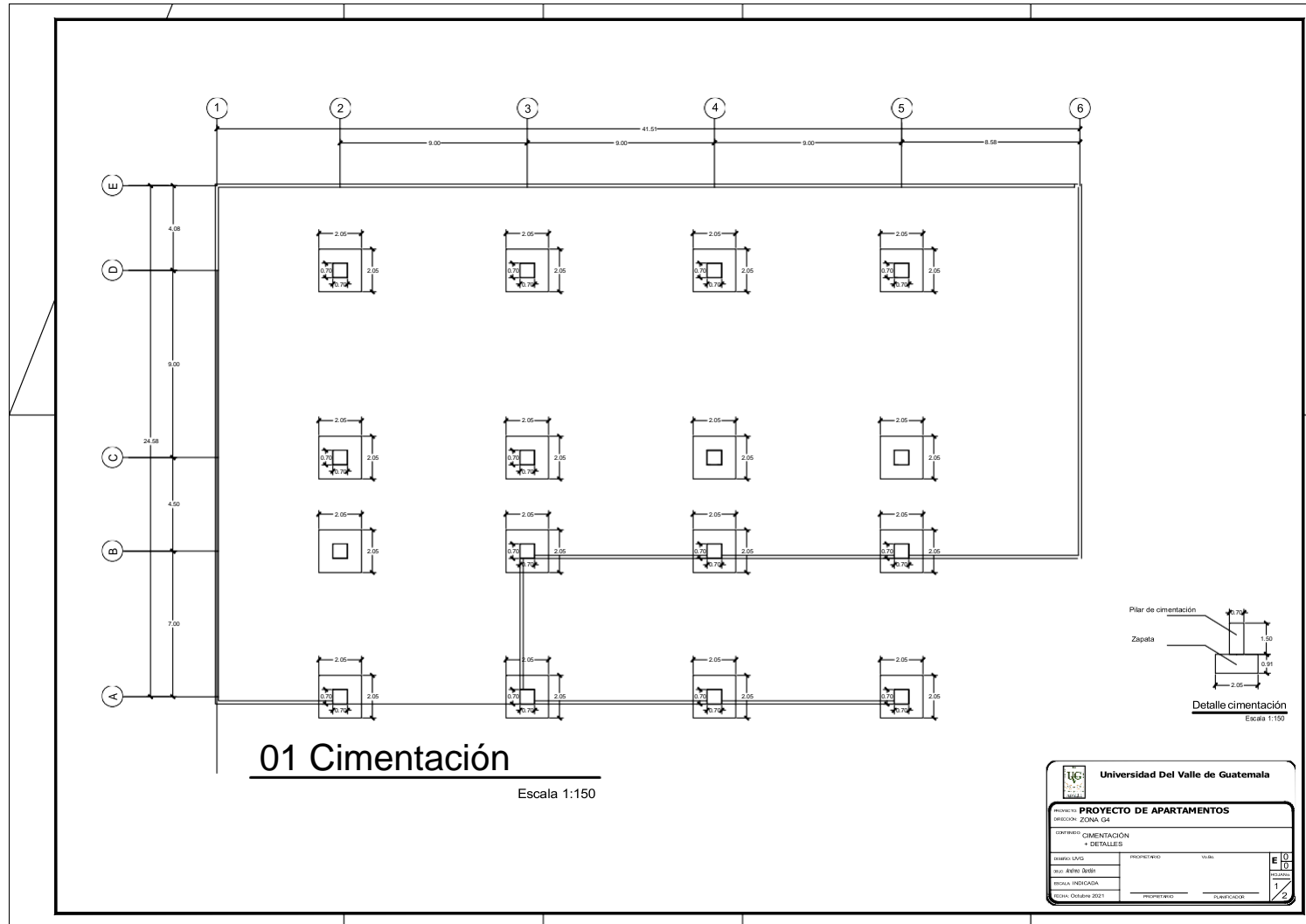


		Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM	
		Proyecto: Proyecto Apartamentos	
Dirección: Zona G4		Fecha: 10/12/21	
Escala: 1:150		Contenido: 05 FACHADA ESTE	
Sector/Diseño: Designer		Revisión: Ingeniero	
Carta: 0001		Plano: A114	
		Autor: Andrea Dardón	

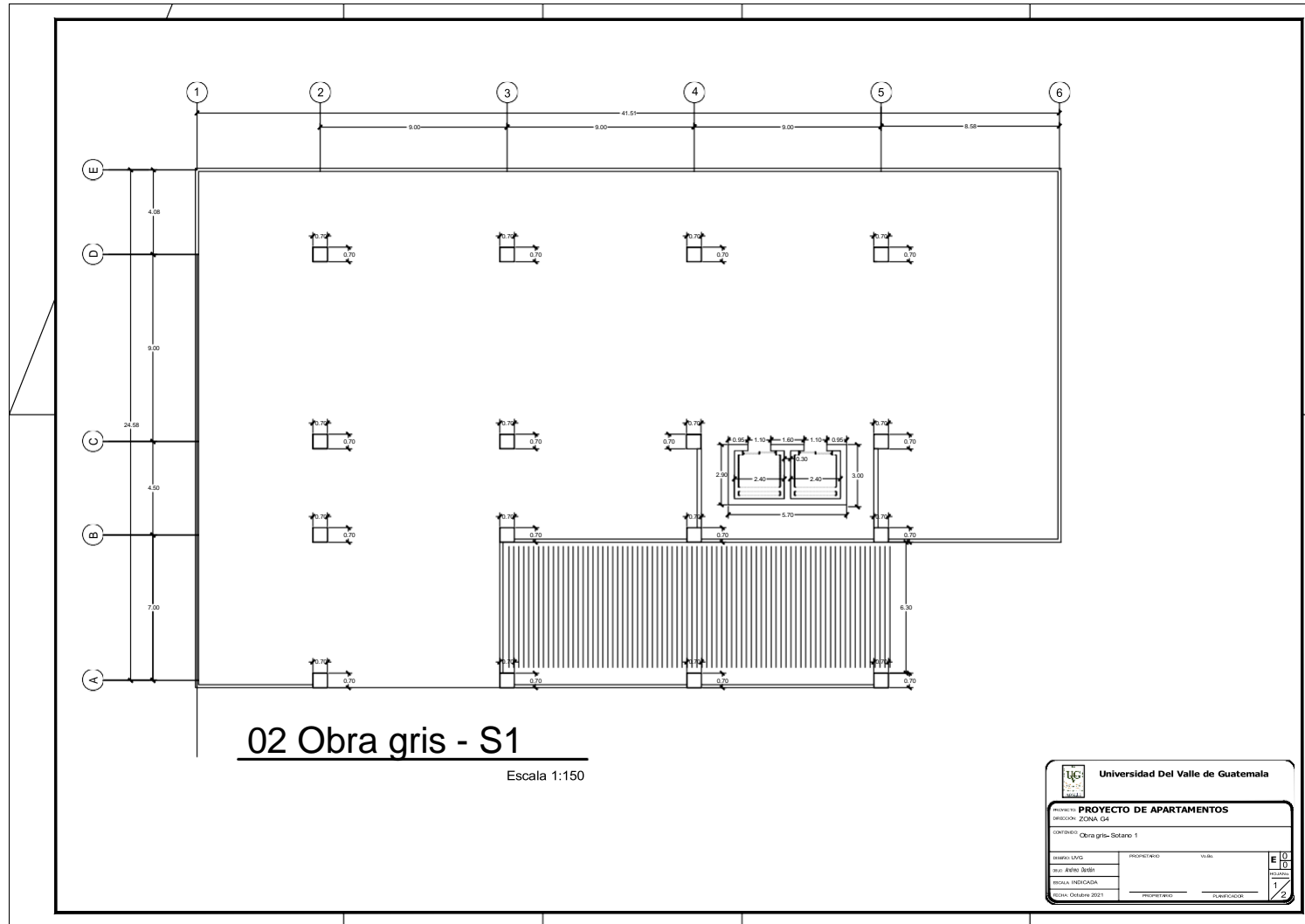


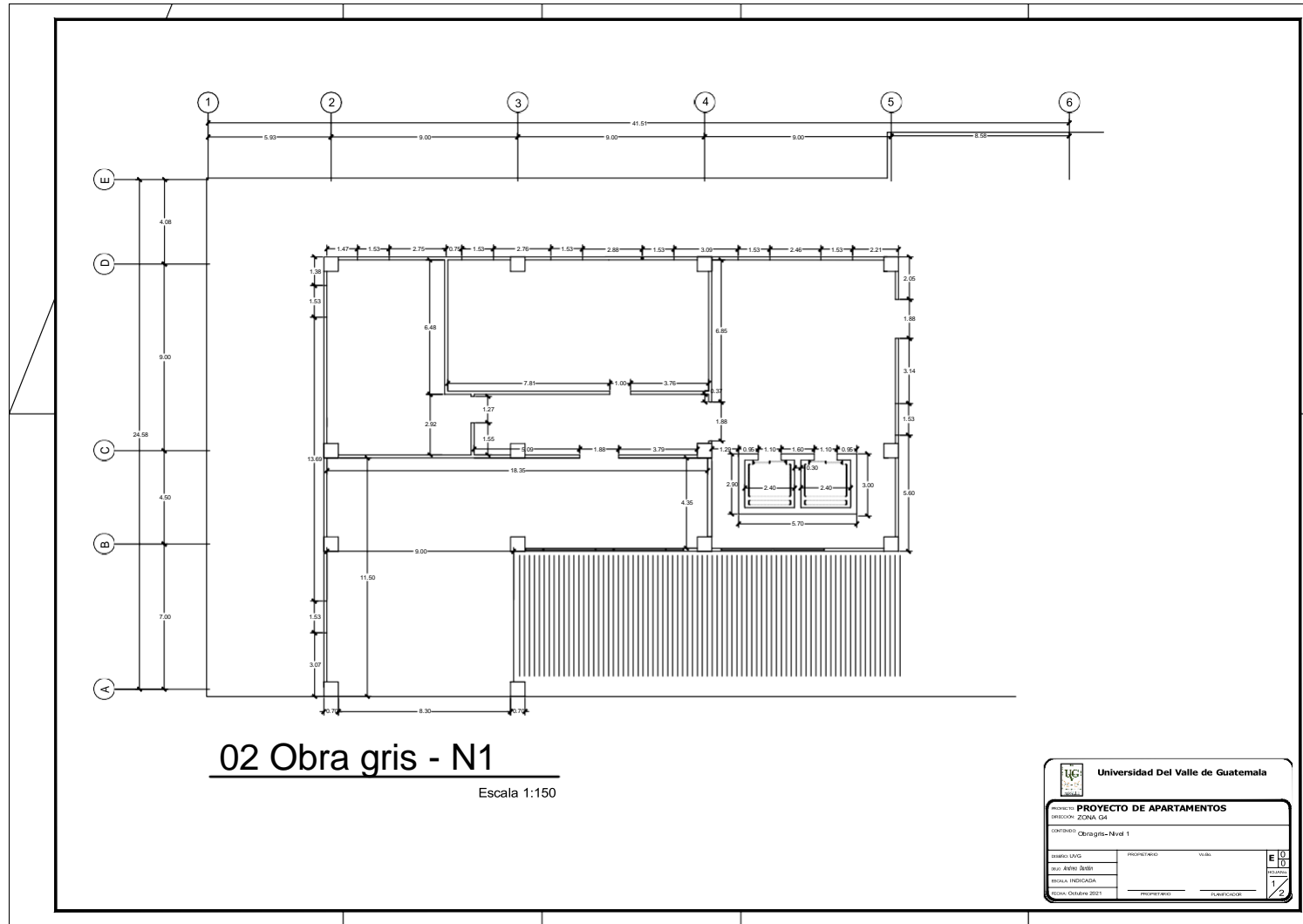
		Universidad de Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil BIM	
		Proyecto: Proyecto Apartamentos	
Dirección: Zona G4		Fecha: 10/12/21	
Escala: 1:150		Contenido: 05 FACHADA ESTE	
Sector/Diseño: Designer		Revisión: Ingeniero	
Carta: 0001		Plano: A114	
		Autor: Andrea Dardón	

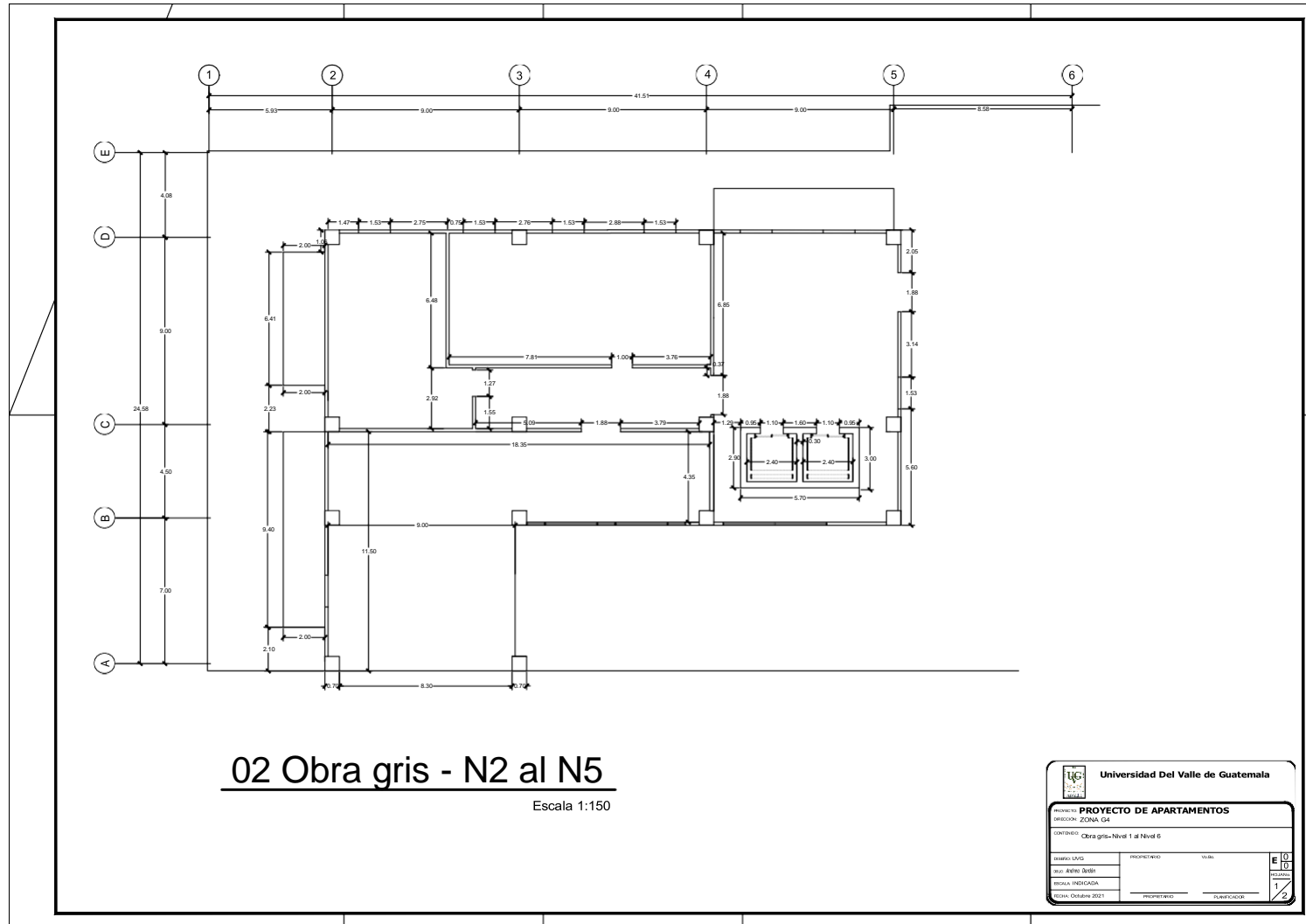




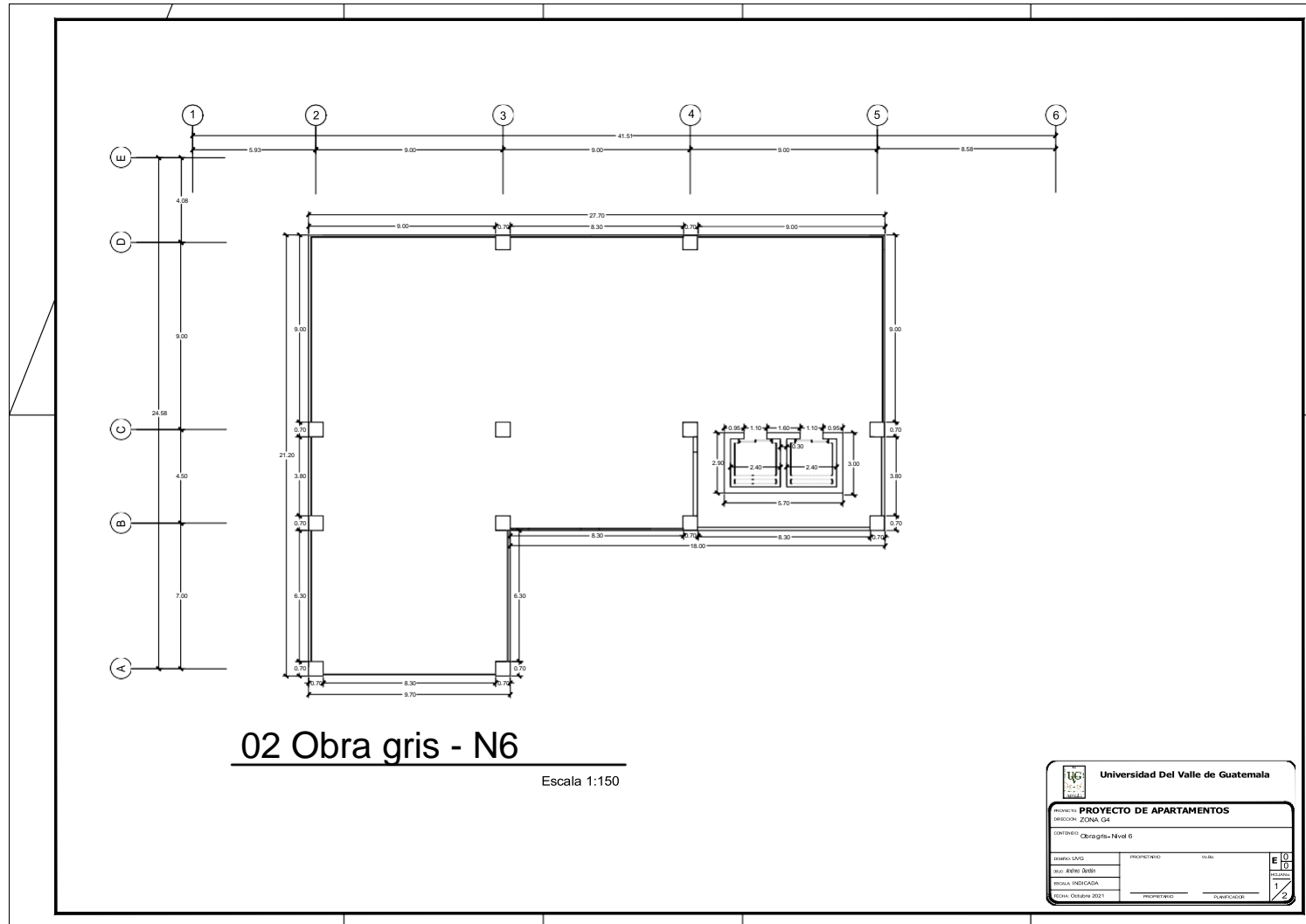

Universidad Del Valle de Guatemala
 PROYECTO DE APARTAMENTOS
 DIRECCIÓN: ZONA GA
 CIMENTACIÓN
 + DETALLES
 NOMBRE LUGAR: PROPIETARIO: VISA:
 FECHA INICIADA: 1
 FECHA: Octubre 2011 PROPRIETARIO: CLASIFICADOR: 2

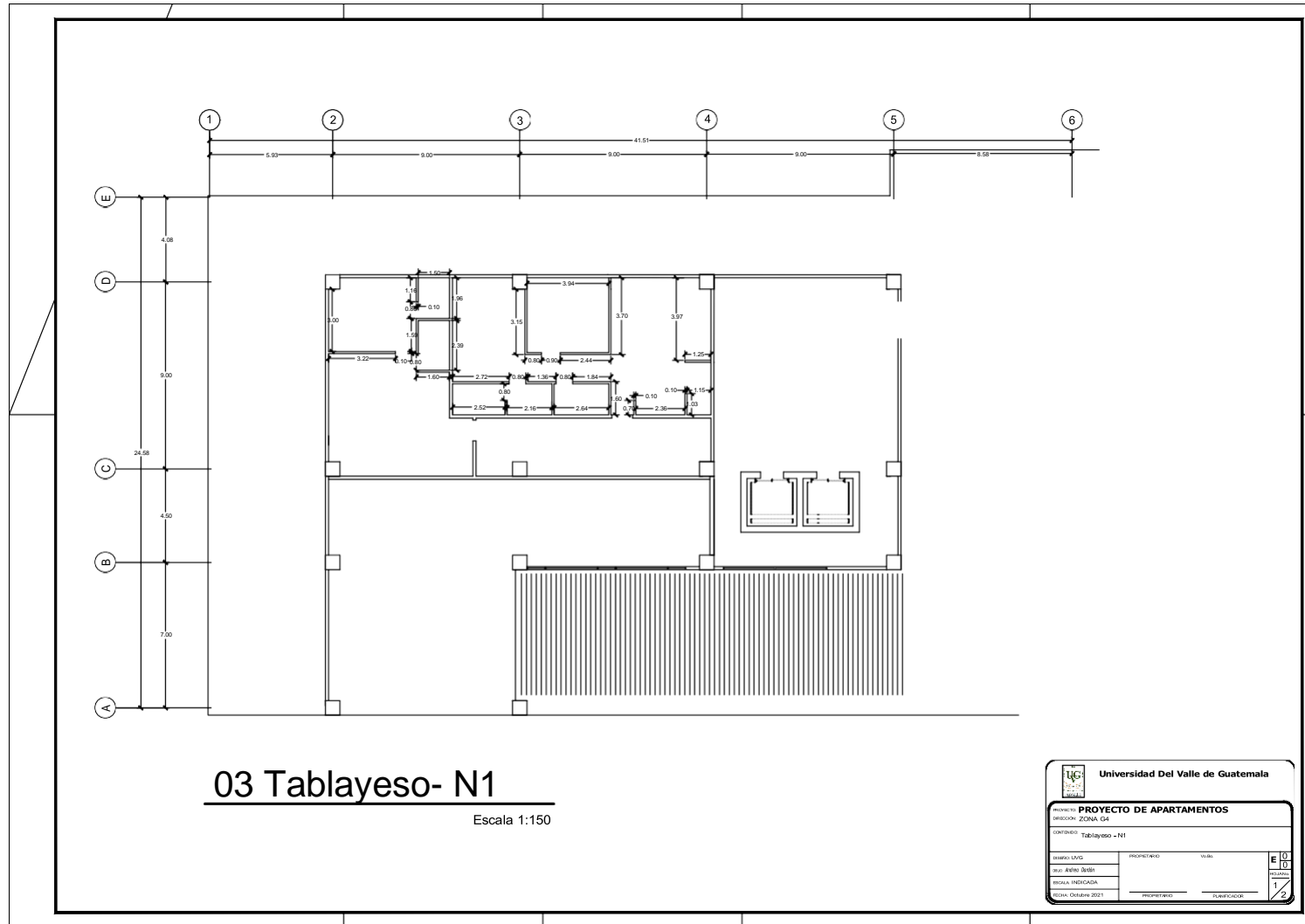


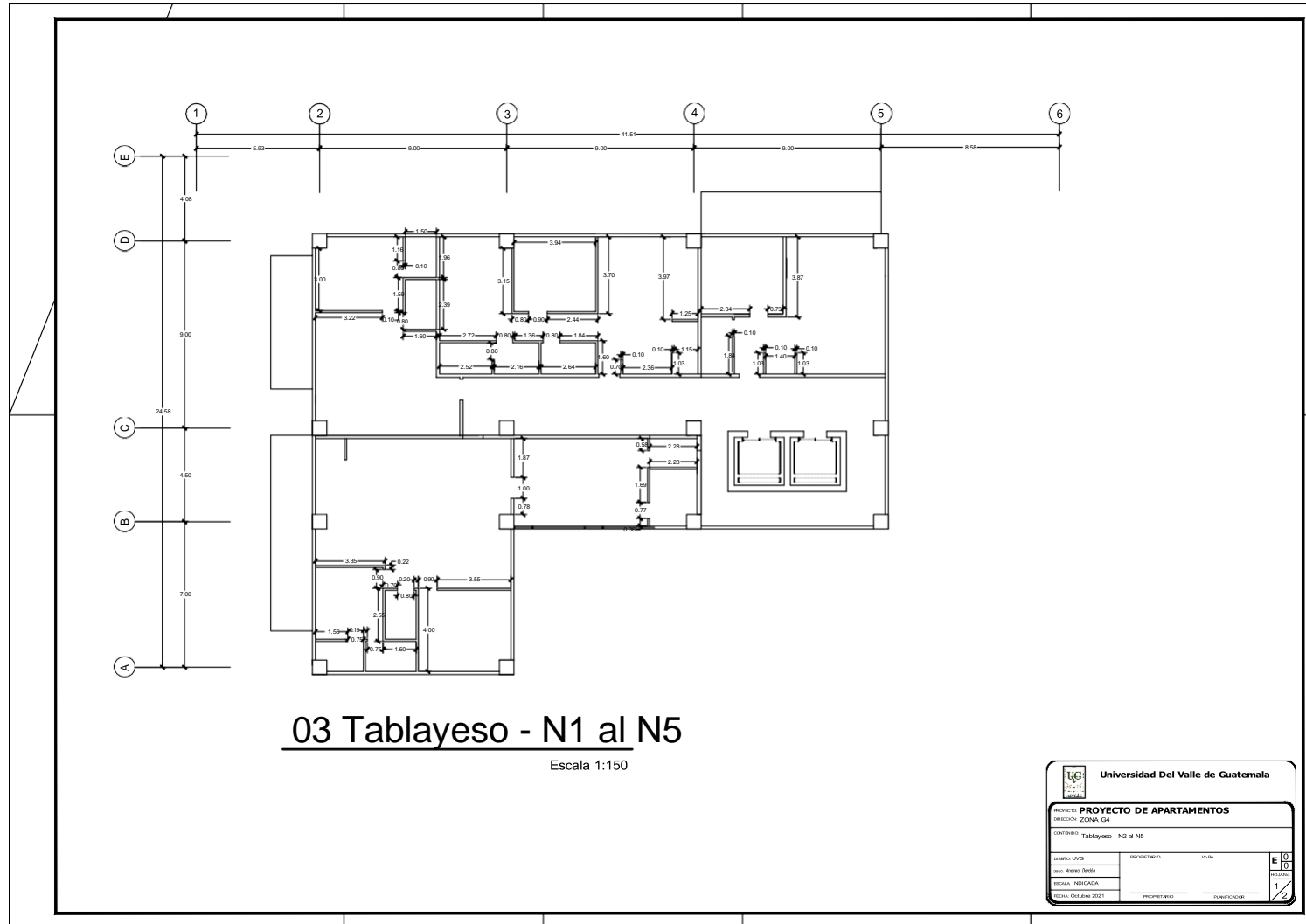


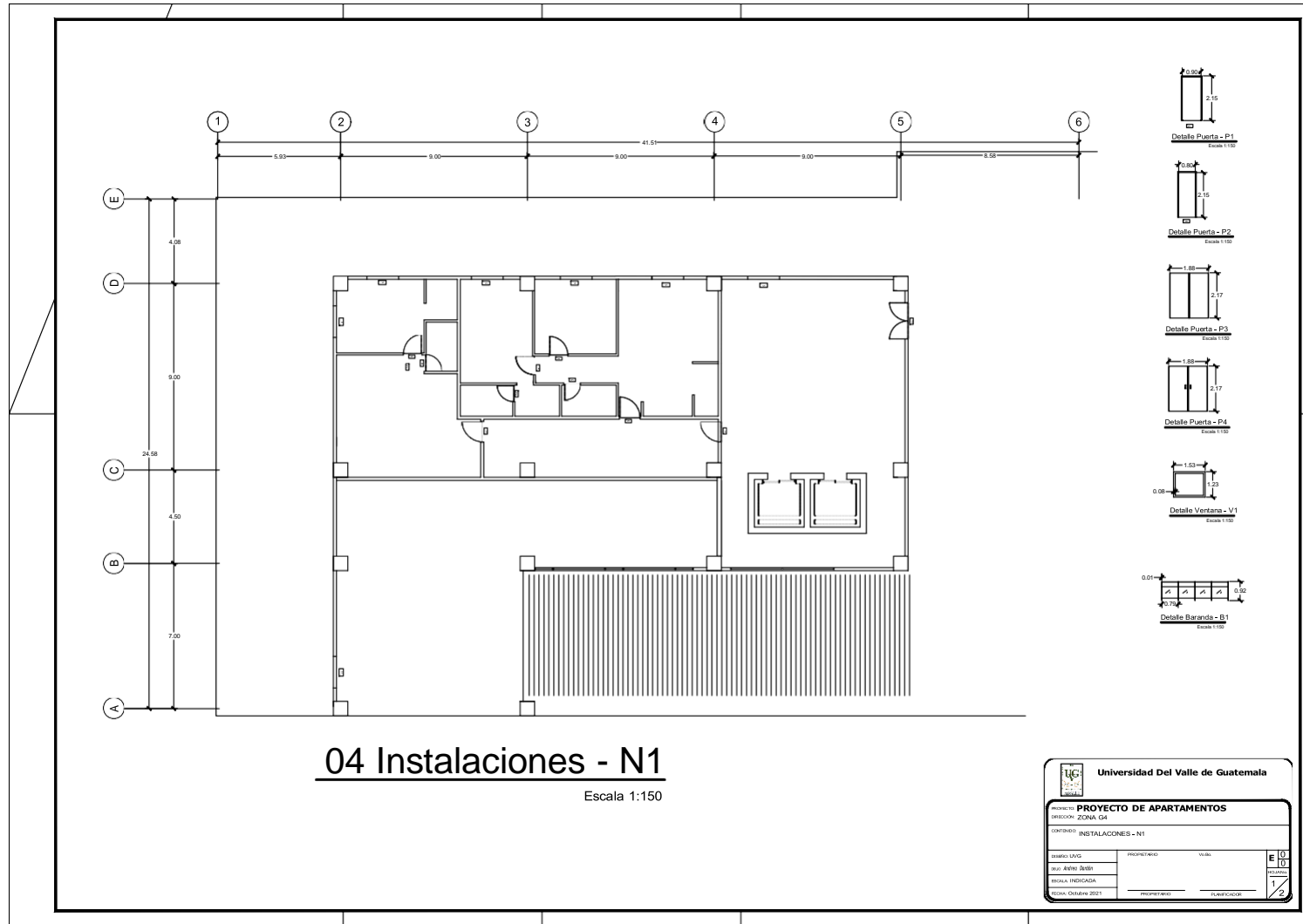


 Universidad Del Valle de Guatemala		
PROYECTO: PROYECTO DE APARTAMENTOS		
REGION: ZONA GA		
CONTENIDO: Obra gris-Nivel 1 al Nivel 6		
ELABORADO POR:	PROPIETARIO:	
VALIDADO POR:	VERIFICADO POR:	
FECHA INICIADA:	FECHA TERMINADA:	
FECHA: Octubre 2011	PROPIETARIO:	ELABORADOR:
E		1/2







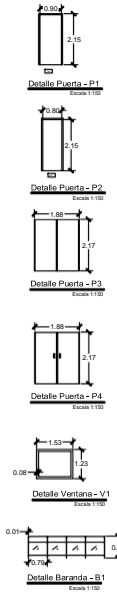
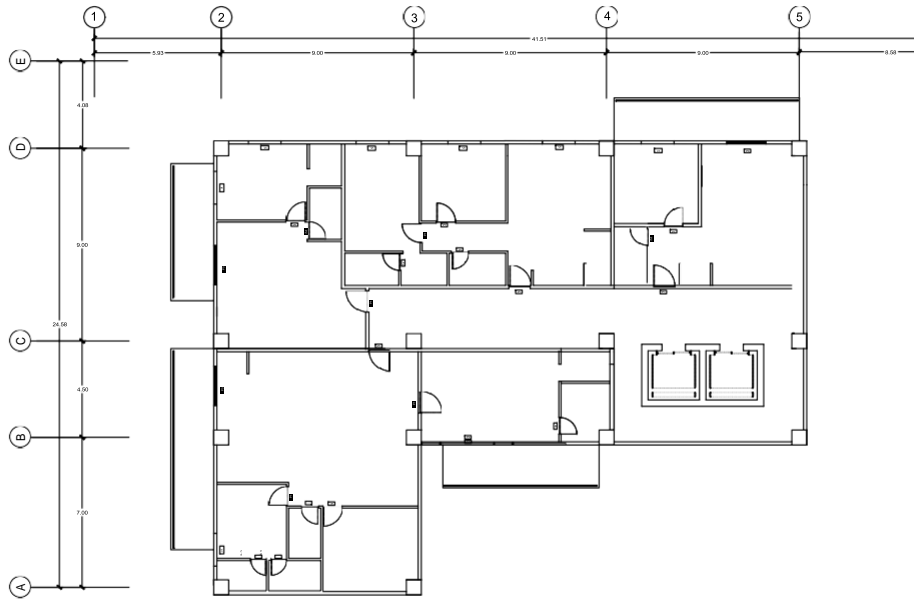


04 Instalaciones - N1

Escala 1:150


Universidad Del Valle de Guatemala
 PROYECTO: **PROYECTO DE APARTAMENTOS**
 UBICACION: ZONA GA
 CONTENIDO: **INSTALACIONES - N1**
 ELABORADO POR: _____ PROPIETARIO: _____ VISA: _____
 DISEÑADO POR: _____
 REVISADO POR: _____
 FECHA: Octubre 2011 _____ PROPIETARIO: _____ CLASIFICACION: _____

E	0
1	0
1	2



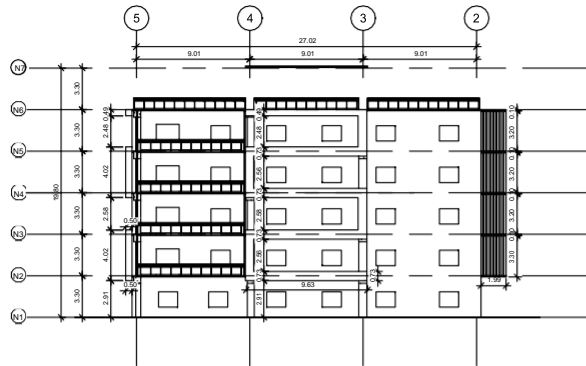
04 Instalaciones - N2 al N5

Escala 1:150

Universidad Del Valle de Guatemala

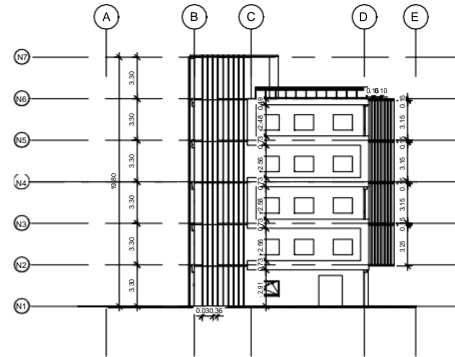
PROYECTO DE APARTAMENTOS	
REGION: ZONA GA	
CONTENIDO: INSTALACIONES - N2 al N5	
+ DETALLES	
DISEÑO LÍNEA	PROPIETARIO
DISEÑO ARQUITECTÓNICO	PROPIETARIO
ESCALA INDICADA	PROPIETARIO
FECHA: Octubre 2021	PROPIETARIO

0	1
0	2
1	2



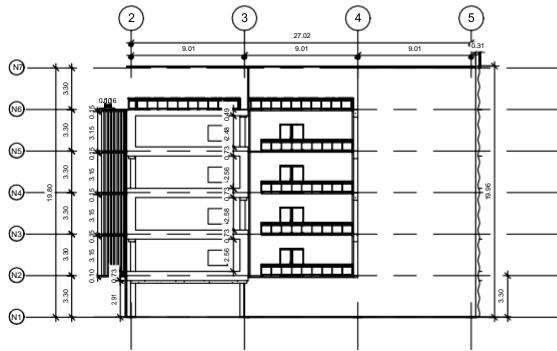
05 FACHADA NORTE

ESCALA 1:150



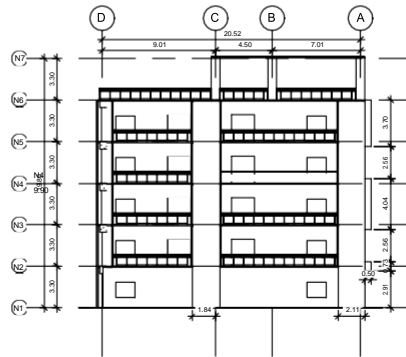
05 FACHADA ESTE

ESCALA 1:150



05 FACHADA SUR

ESCALA 1:150



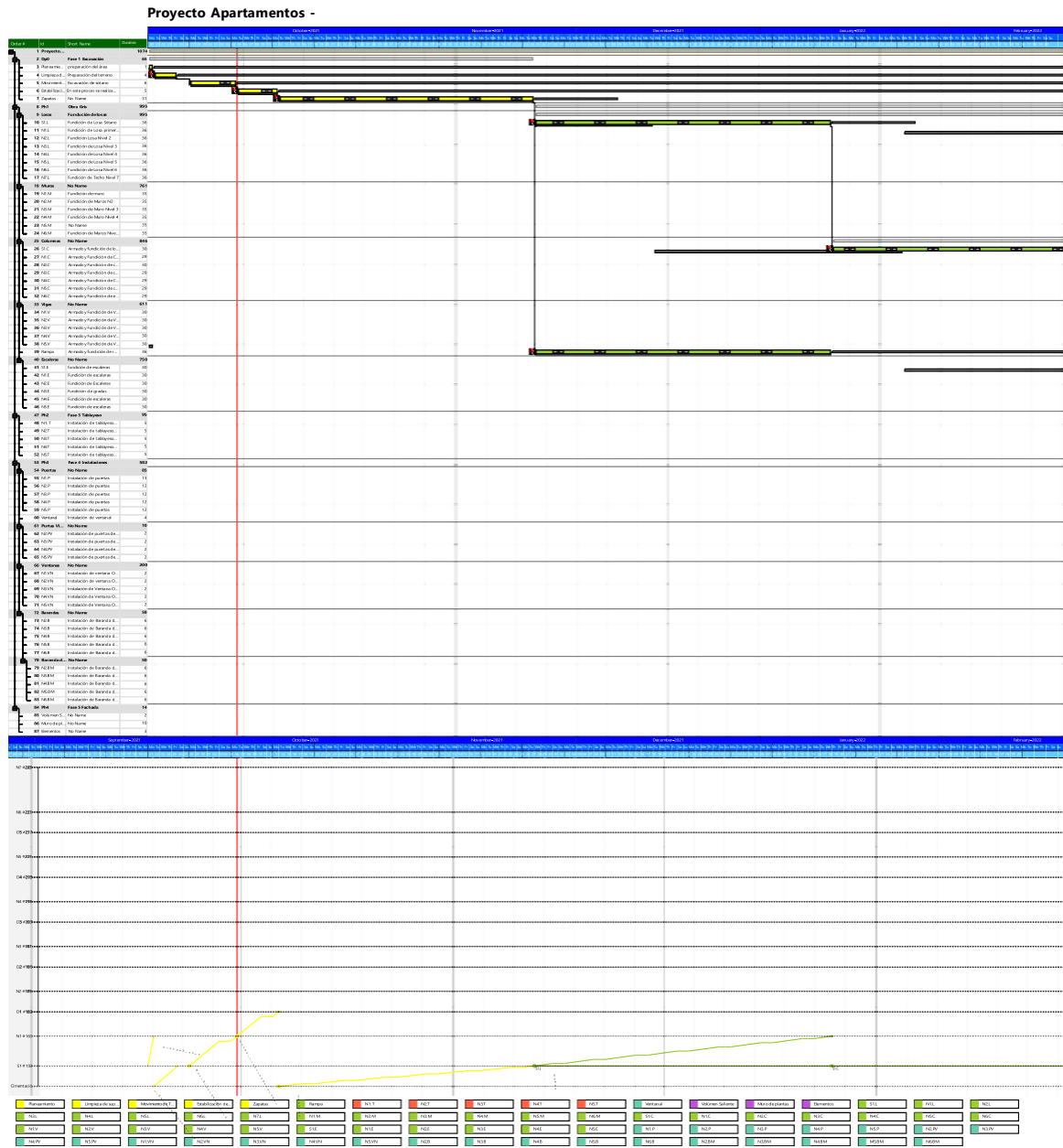
05 FACHADA OESTE

ESCALA 1:150

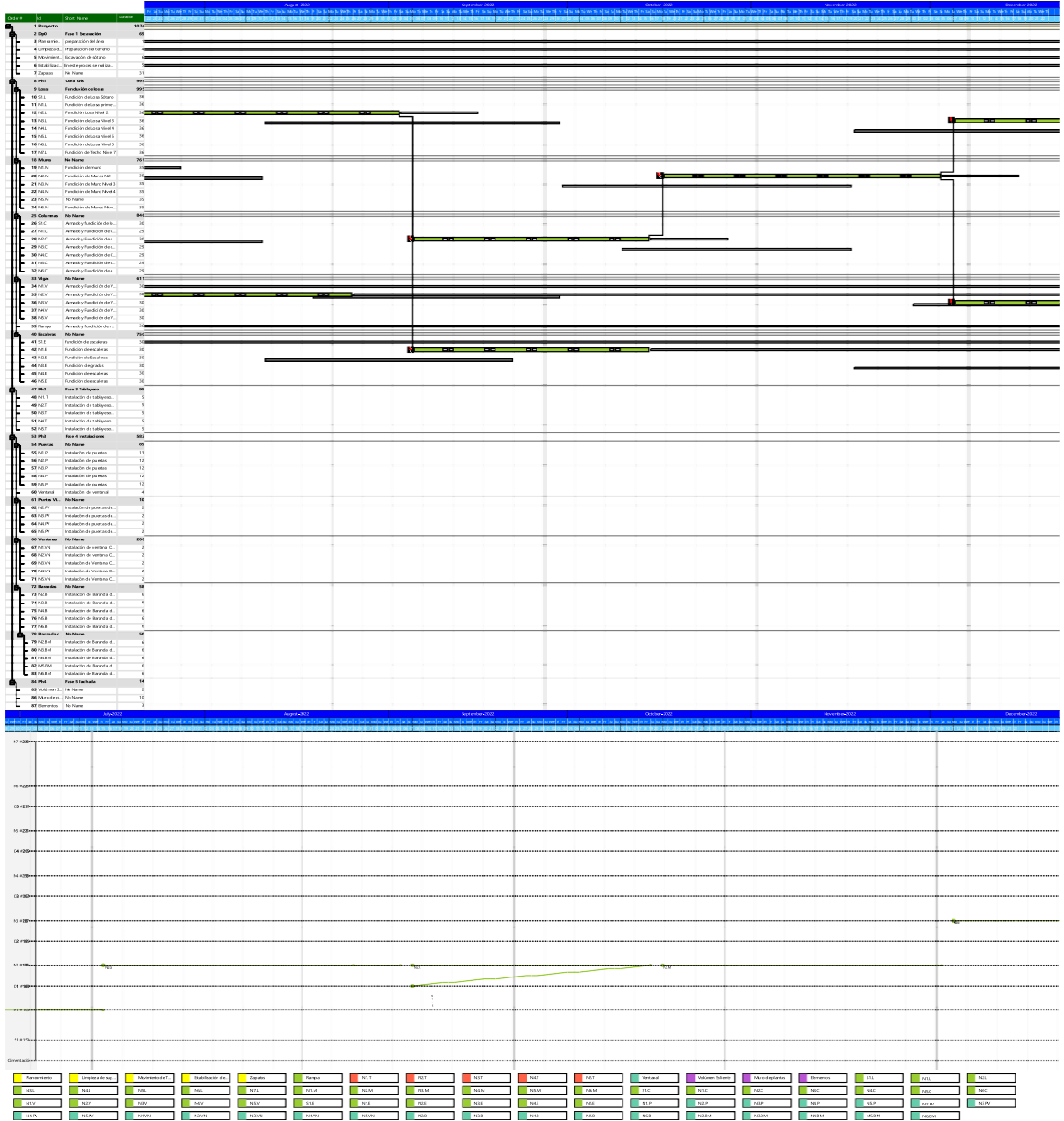

Universidad Del Valle de Guatemala
 PROYECTO: **PROYECTO DE APARTAMENTOS**
 UBICACION: **ZONA 6A**
 CONTEXTO: **FACHADA ESTE**
 + DETALLES
 DISEÑO LÍNEA: _____ PROPIETARIO: _____ V.S.B.
 DIBUJO: **ARIBO QUES**
 ESCALA INDICADA: _____
 FECHA: **04/04/2021**

E	0
1	1
2	2

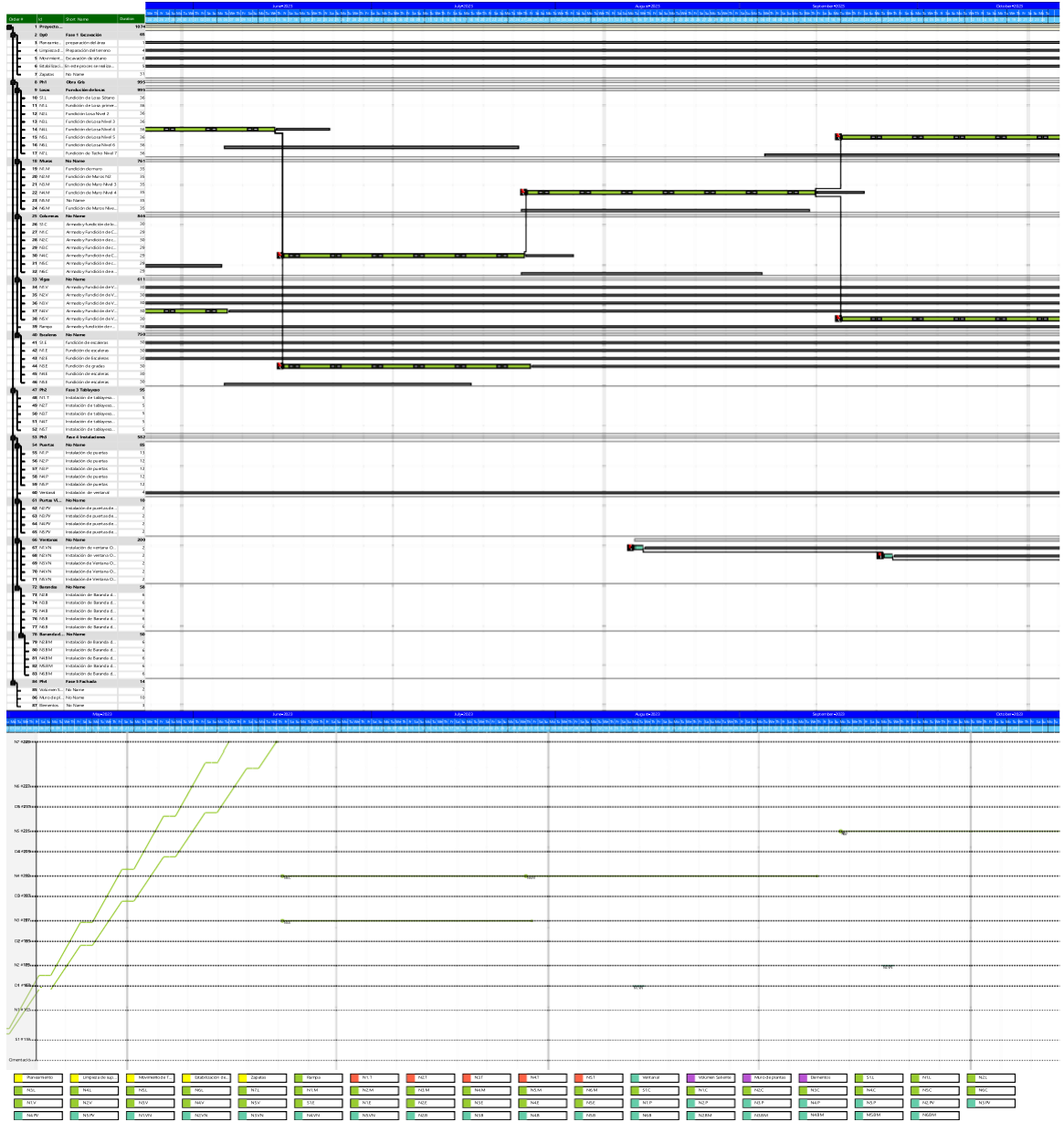
E. Documentos Simulación 4D



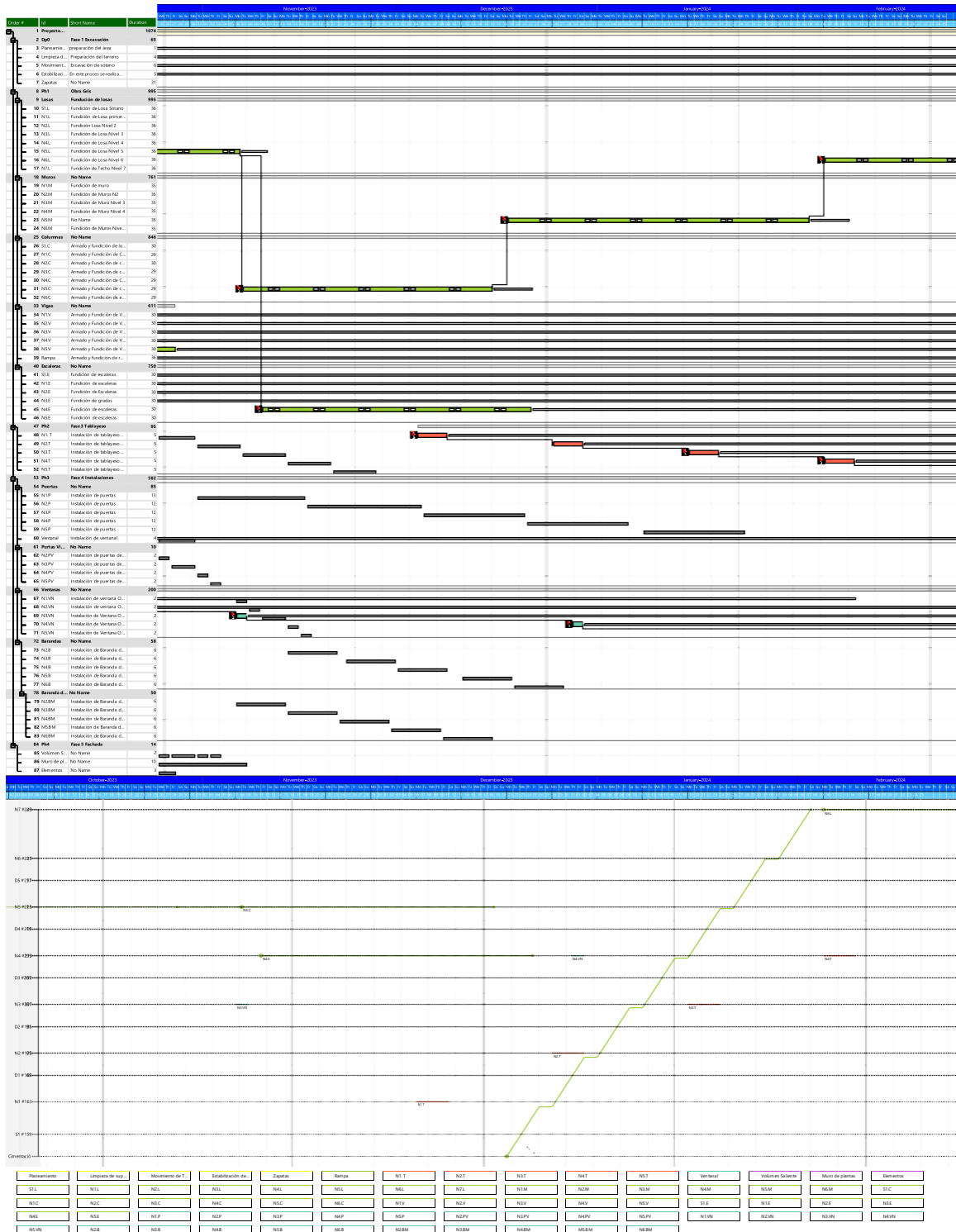
Proyecto Apartamentos -



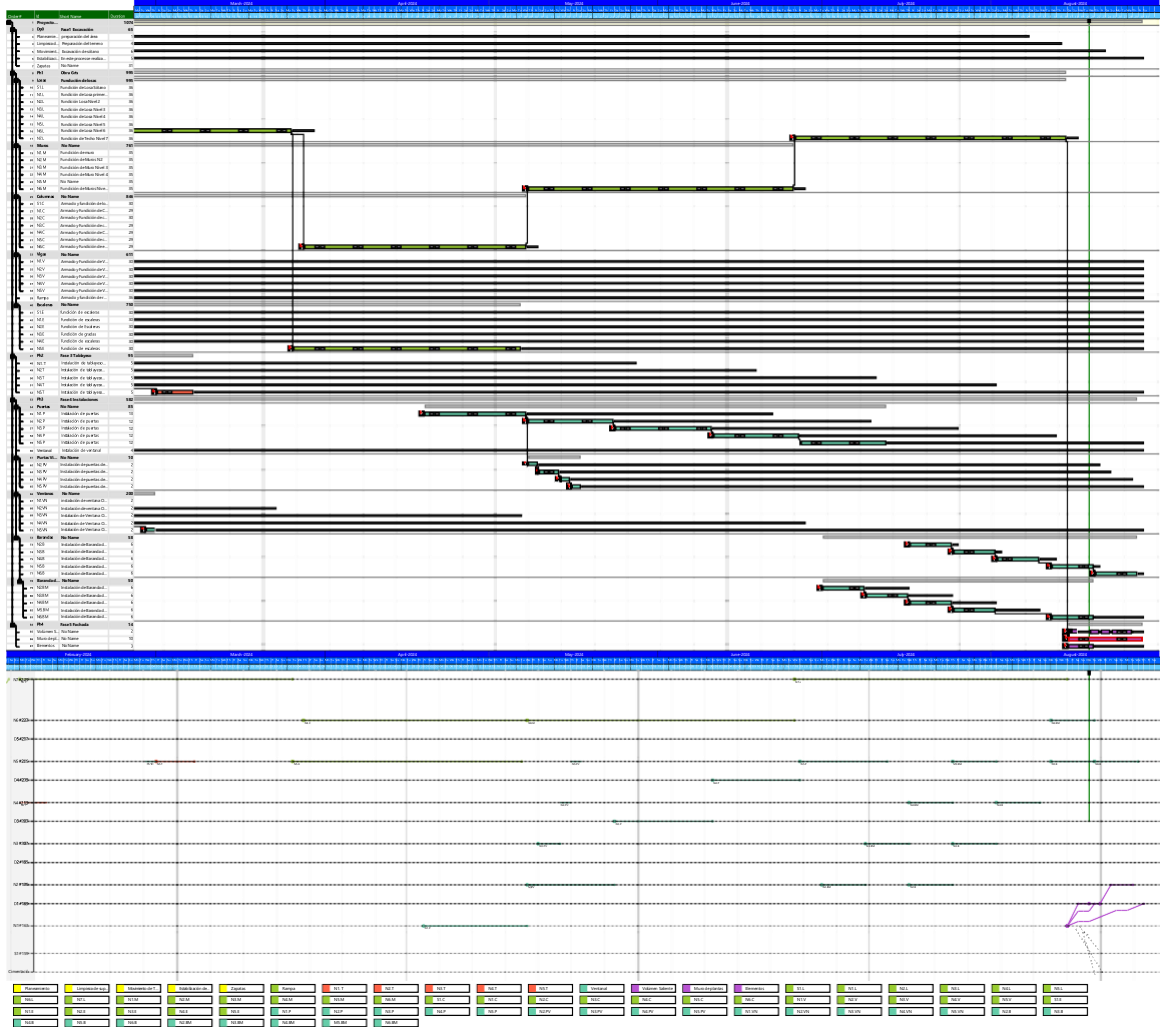
Proyecto Apartamentos -



Proyecto Apartamentos -



Proyecto Apartamentos -



F. Reporte de Open BIM Health and Safty

Materials schedule

1. RAILINGS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
001.001	m	Railing-Provisional railing, aluminium	8.26
001.001b	m	Railing-Provisional railing, plastic	221.18

2. RAIL SUPPORTS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
002.001	Ud	Telescopic safety guardrails	278

3. VERTICAL NETS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
003.001	m ²	Vertical net-Safety net	1917.84

4. VERTICAL NET SUPPORTS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
004.001	Ud	Vertical net support with steel gallow	169

5. PROTECTION ELEMENTS FOR OPENINGS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
005.001	m ²	Protection for opening-Timber panelling	58.39

6. CRANES

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
006.001	Ud	Crane-Tower crane, reach of 25 metres	1

7. STORAGE ZONES

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
007.001	m ²	Storage zone-Zona de materiales	66.13

8. RISK INDICATOR SIGNS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
008.001	Ud	Risk indicator sign-Bio seguridad	2
008.001b	Ud	Risk indicator sign-Caída	34
008.001c	Ud	Risk indicator sign-Caída de objetos por desplome	1
008.001d	Ud	Risk indicator sign-Excavación	4
008.001e	Ud	Risk indicator sign-Manipulación de Herramienta	13
008.001f	Ud	Risk indicator sign-Seguridad Personal	1
008.001g	Ud	Risk indicator sign-Vuelco de maquinaria	3

Materials schedule

9. SAFETY SIGNS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
009.001	Ud	Atropello	4
009.001b	Ud	Control de temperatura	2
009.001c	Ud	Desplome	4
009.001d	Ud	Distanciamiento	2
009.001e	Ud	Foot protection must be worn	1
009.001f	Ud	Gloves must be worn	1
009.001g	Ud	Hard hats must be worn	1
009.001h	Ud	Lava manos	2
009.001i	Ud	Manipulación de herramientas	13
009.001j	Ud	Mascarilla	2
009.001k	Ud	Respiratory protection must be worn	1
009.001l	Ud	Risk of falling warning	34
009.001m	Ud	Safety belt must be worn	1
009.001n	Ud	Safety glasses and face shield must be worn	1
009.001o	Ud	Suspended loads warning	1
009.001p	Ud	Vuelco de maquinaria	3

10. ACCESS RAMP

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
015.001	Ud	Access ramp-Rampa	1

11. FENCE

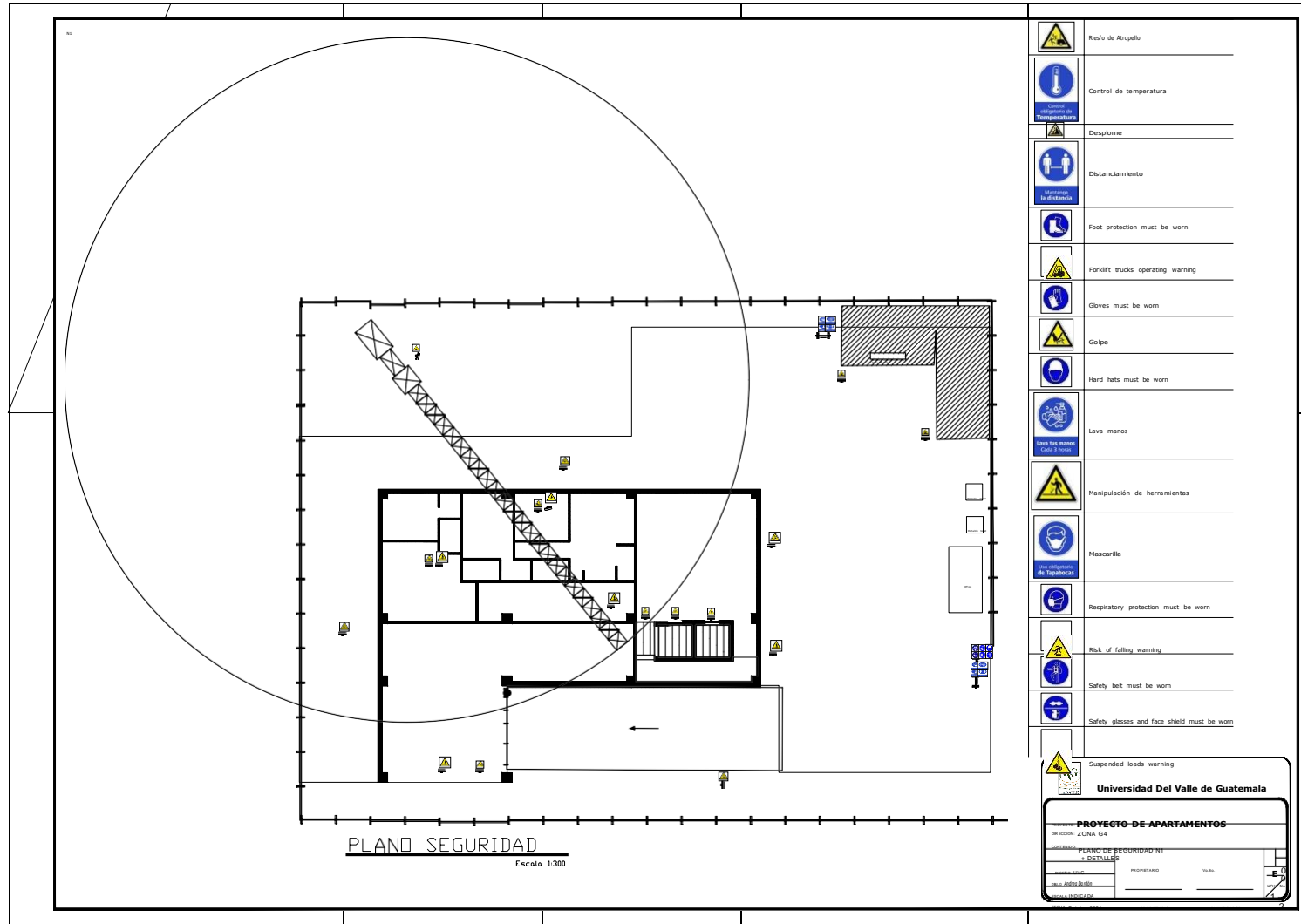
CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
016.001	Ud	Pedestrian fence	66










12. SITE OFFICE CONTAINERS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
017.001	Ud	Site office container-Office	1
017.001b	Ud	Site office container-Portable toilet	2

13. PROTECTION OF VERTICAL OPENINGS

CODE	UD	DESCRIPTION	AMOUNT
019.001	m ²	Vertical opening protection-Elevadores	28.25

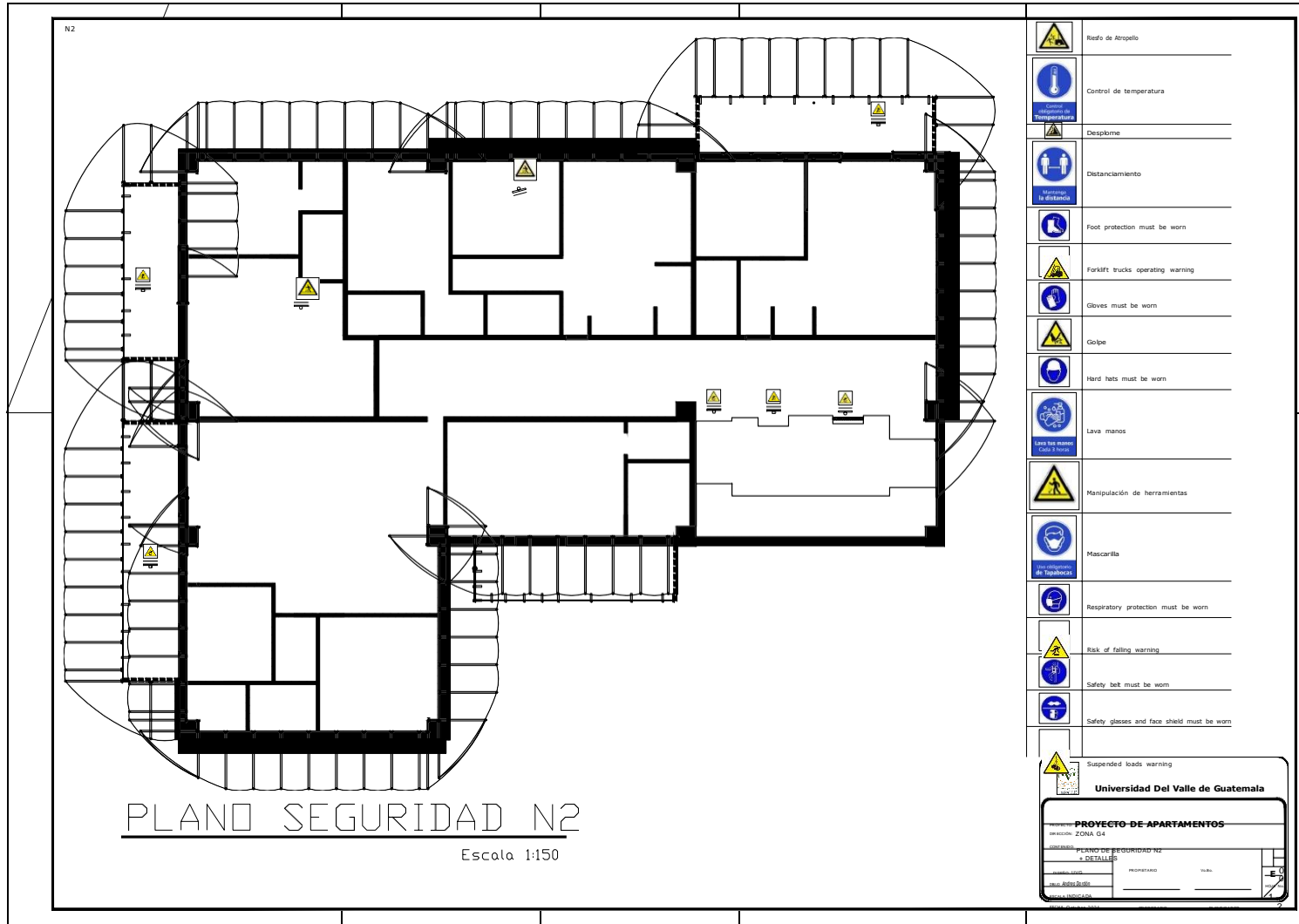


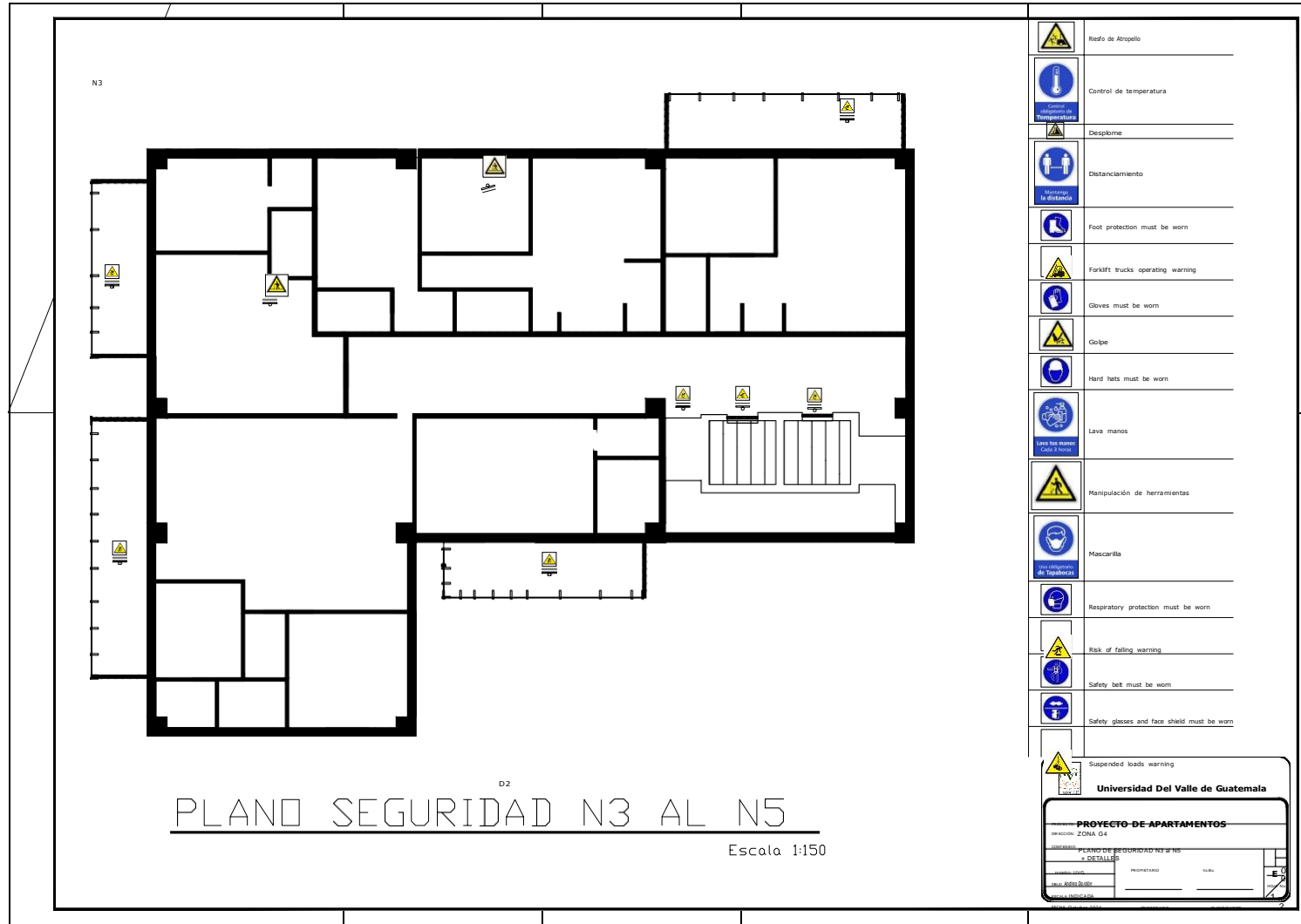
-  Riesgo de Atropello
-  Control de temperatura
-  Desplome
-  Distanciamiento
-  Foot protection must be worn
-  Forklift trucks operating warning
-  Gloves must be worn
-  Golpe
-  Hard hats must be worn
-  Lava manos
-  Manipulación de herramientas
-  Mascarilla
-  Respiratory protection must be worn
-  Risk of falling warning
-  Safety belt must be worn
-  Safety glasses and face shield must be worn

















Universidad Del Valle de Guatemala


PROYECTO DE APARTAMENTOS	
DIRECCION: ZONA G4	
PLANO DE SEGURIDAD N° 1	
- DETALLE -	
Elaborado por: _____	Revisado por: _____
Aprobado por: _____	Fecha: _____

PLANO SEGURIDAD
Escala 1/300





-  Riesgo de Atropello
-  Control de temperatura
-  Desplome
-  Distanciamiento
-  Foot protection must be worn
-  Forklift trucks operating warning
-  Gloves must be worn
-  Golpe
-  Hard hats must be worn
-  Lava manos
-  Manipulación de herramientas
-  Mascarilla
-  Respiratory protection must be worn
-  Risk of falling warning
-  Safety belt must be worn
-  Safety glasses and face shield must be worn

 Suspended loads warning

Universidad Del Valle de Guatemala

PROYECTO DE APARTAMENTOS

UBICACION: ZONA G4

CONTRATO: PLANO DE SEGURIDAD N3 AL N5

DETALLE: _____

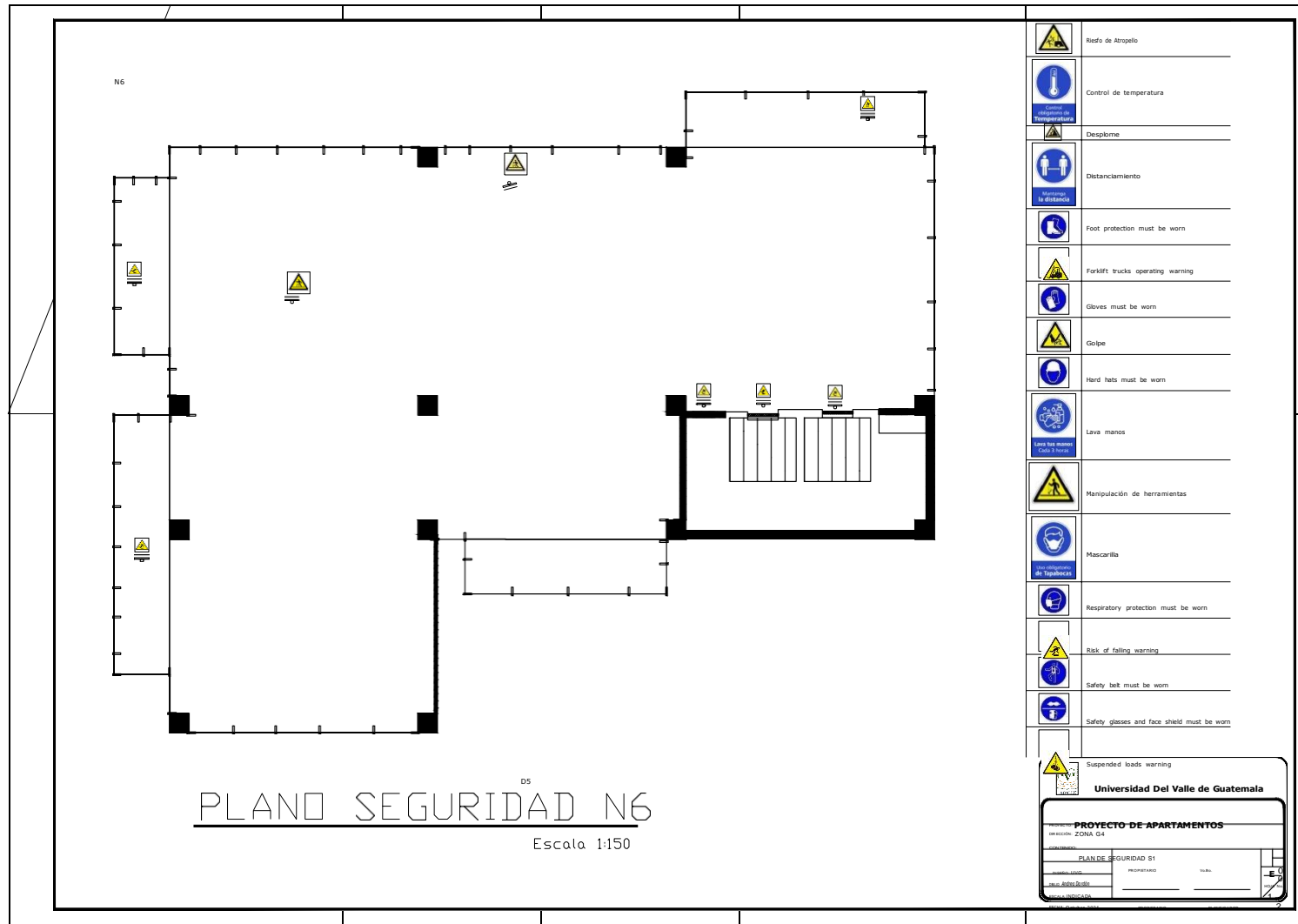
PREPAREDADO: _____

FECHA: _____

PROYECTISTA: _____

VERIFICADO: _____

APROBADO: _____



DS
PLANO SEGURIDAD N6
 Escala 1:150

	Riesgo de Atropello
	Control de temperatura
	Desplome
	Distanciamiento
	Foot protection must be worn
	Forklift trucks operating warning
	Gloves must be worn
	Gripe
	Hard hats must be worn
	Lava manos
	Manipulación de herramientas
	Mascarilla
	Respiratory protection must be worn
	Risk of falling warning
	Safety belt must be worn
	Safety glasses and face shield must be worn
	Suspended loads warning

Universidad Del Valle de Guatemala
PROYECTO DE APARTAMENTOS
 DIRECCIÓN: ZONA G4
PLANO DE SEGURIDAD S1
 ELABORADO POR: [] FECHA: []
 APROBADO POR: [] FECHA: []

XVIII. Glosario

- ArchiCAD:** Es una hoja de cálculo que ayuda a trabajar con datos numéricos. 59
- AutoCAD:** Es un software con la capacidad de diseñar modelos de dibujo 2D y 3D. 60
- BEP:** Conocido como "BIM Execution Plan", sirve para generar la información necesaria para la implementación del proyecto. 6
- BIM:** Por sus siglas en inglés "Building Information Modeling", es una metodología de trabajo colaborativa para el desarrollo de un proyecto de construcción. XII
- BIM 360:** Es una plataforma que se trabaja en la nube que admite la toma de decisiones a lo largo de un ciclo de vida de un proyecto. 60
- CDE:** Conocido como "Common Data Environment", es una herramienta que permite a los diferentes agentes trabajar de forma interconectada en la nube. 59
- Dibujos 2D:** Es la representación gráfica que se compone en dos dimensiones en un ancho y largo, son figuras que no poseen profundidad. 7
- EIR:** Por sus siglas en inglés significan "Employer's Information Requirement", es un documento que detalla todos los requisitos de información que el cliente necesita para el proyecto. 59
- Entregables:** Son documentos que contienen los resultados del proyecto o los procesos. 59
- Excel:** Es una hoja de cálculo que ayuda a trabajar con datos numéricos. 60
- Gantt:** Es una herramienta que sirve para gestionar, planificar y programar cierta cantidad de tareas. 60
- IFC:** Por sus siglas en inglés es "Industry Foundation Classes", es un formato de datos que permite el intercambio de un modelo informativo sin pérdida de datos o información. 59
- Infraestructura:** Es la base que sostiene una construcción. 9
- Interferencias:** Son errores de duplicación o choque entre dos disciplinas que pueden llegar a generar problema en la etapa ejecución. 8
- LOD:** Por sus siglas en inglés es conocido como "Level Of Development", es el nivel de desarrollo o detalle al que se quiere llegar a implementar en los parámetros y geometría del modelo 3D. 59
- Mathcad:** Es un software que sirve para resolver problemas matemáticos y es utilizada para el cálculo de ingeniería. 45

MEP: Por sus siglas en inglés "Mechanical, Electrical and Plumbing", se enfocan en el diseño de instalaciones y sistemas que involucran diferentes disciplinas. 60

NBS: Conocido por sus siglas en inglés "National Building Specification", es un sistema de especificaciones de construcción creado en el Reino Unido. 7

Planos: Es el documento gráfico en el que se plasma un diseño de lo que será el proyecto con la información necesaria. 7

SketchUp: Es un software de diseño gráfico y modelado de 3D, en el que se pueden conceptualizar cualquier tipo de objeto. 60

Softwares: Es un programa que ayuda a la computadora a desarrollar ciertas tareas. 7

Tekla: Es un software en el que se puede construir modelos 3D y realizar un proceso de ejecución de la construcción. 59