

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL CURSO  
DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE GESTIÓN Y  
CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE  
CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA  
NORMA ISO 19650**

ESDRAS JOSUÉ GARCÍA HERNÁNDEZ

QUETZALTENANGO, ABRIL 2024



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL  
CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE  
GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE  
EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA  
BIM Y LA NORMA ISO 19650**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN  
DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
POR:

**ESDRAS JOSUÉ GARCÍA HERNÁNDEZ**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

**LICENCIADO**

QUETZALTENANGO, ABRIL 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL



**AUTORIDADES**

RECTOR MAGNÍFICO: M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS

SECRETARIO GENERAL: LCDO. LUIS FERNANDO CORDÓN LUCERO

**INTEGRANTES DEL CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: DR. CÉSAR HAROLDO MILIÁN REQUENA

SECRETARIO: LCDO. JOSÉ EDMUNDO MALDONADO MAZARIEGOS

**REPRESENTANTES DE DOCENTES**

M. Sc. EDELMAN CÁNDIDO MONZÓN LÓPEZ

M. Sc. ELMER RAÚL BETHAUNCOURT MÉRIDA

**REPRESENTANTES DE EGRESADOS**

LCDO. VÍCTOR LAWRENCE DÍAZ HERRERA

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

BR. ALEYDA TRINIDAD DE LEÓN PAXTOR DE RODAS

BR. JOSÉ ANTONIO GRAMAJO MÁRTIR

**TERNA QUE REALIZÓ EL EXAMEN PRIVADO**

SECRETARIO: ING. FRANCISCO ALBERTO CASTAÑEDA OCAÑA

EXAMINADOR: ING. NERY IVÁN PÉREZ MORALES

EXAMINADOR: ING. MOISÉS ROMÁN GUEVARA FLORES



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación, titulado:

**PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL  
CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE  
GESTIÓN Y CUATIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE  
EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA  
BIM Y LA NORMA ISO 19650.**

Tema que fuera presentado y aprobado por el coordinador de la carrera de Ingeniería Civil, de la División de Ciencias de la Ingeniería, según acta No. 01-2023 de fecha 29 de marzo de 2023.

**ESDRAS JOSUÉ GARCÍA HERNÁNDEZ**

Quetzaltenango 19 de febrero de 2024

Ingeniero:  
Nery Iván Pérez Morales  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Civil  
División de Ciencias de la Ingeniería  
CUNOC-USAC

Estimado Ingeniero Pérez:

De manera atenta y cordial me dirijo a su persona, para hacer de su conocimiento que he concluido mi labor como ASESOR del Trabajo de Graduación titulado **“PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650”**, realizado por el estudiante de la carrera de ingeniería civil: Esdras Josué García Hernández, con número de carné 2231 79701 0803 y registro académico 201331658, cumpliendo con los objetivos establecidos, por lo que agradeceré continuar con el trámite que corresponda.

Sin otro particular, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”  


M.Sc. Victor Carol Hernández Monzón  
Ingeniero Civil  
Colegiado Activo No. 4,276  
ASESOR

Quetzaltenango 20 de febrero de 2024

Ingeniero:


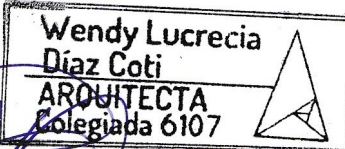
Nery Iván Pérez Morales  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Civil  
División de Ciencias de la Ingeniería  
Centro Universitario de Occidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero:

Por medio de la presente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he culminado el proceso de revisión del Trabajo de Graduación titulado **“PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650”**, realizado por el estudiante de la carrera de ingeniería civil: Esdras Josué García Hernández, con número de carné 2231 79701 0803 y registro académico 201331658.

En función a lo anterior, manifiesto que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, el presente trabajo cumple con los objetivos propuestos y los requisitos exigidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Centro Universitario de Occidente, por lo tanto, como revisora de dicho trabajo, doy mi aprobación al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular,

  
  
Arq. Wendy Lucrecia Díaz Coti  
Colegiado Activo No. 6,107  
REVISORA



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

División Ciencias de la Ingeniería  
Centro Universitario de Occidente  
Quetzaltenango  
Telefax: 78730000 Ext. 2255

El Infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 06-2024-IC de fecha ocho de abril del dos mil veinticuatro, del estudiante **ESDRAS JOSUÉ GARCÍA HERNÁNDEZ**, carné No. **2231797010803** y Registro Académico No. **201331658**, emitida por el Coordinador de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS LA TEMÁTICA DE GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650”** .

Quetzaltenango, 8 de abril de 2024.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



**Ing. Edelman Cándido Monzón López**  
**Director de División**  
**Ciencias de la Ingeniería**





## **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS** Por estar siempre a mi lado, por darme la inteligencia y sabiduría para culminar la carrera.
- AL CUNOC** Mi casa de estudios, por darme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional. En especial a la División de Ciencias de la Ingeniería por brindarme las competencias para desempeñar la profesión.
- A MIS PADRES** Por darme la oportunidad de estudiar y apoyarme en todo momento, por sus palabras de motivación y aliento.
- A MIS HERMANAS** Por su apoyo en todo momento y estar presente en cada etapa de mi vida.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- A DIOS** Por estar siempre conmigo en todo momento, por la vida, la sabiduría y por su cuidado y protección durante esta etapa formativa.
- A MIS PADRES** Por el apoyo y amor incondicional en todo momento, por darme la oportunidad de estudiar.
- A MIS HERMANAS** Con amor y agradecimiento, gracias por el apoyo que me dieron en todo momento.
- A MI FAMILIA** Con cariño y aprecio, por el apoyo demostrado durante todos los años de estudio.
- A MIS AMIGOS** Con aprecio y agradecimiento por su ejemplo y amistad.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
GLOSARIO .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
OBJETIVOS .....	XXIV
1 ASPECTOS GENERALES Y CONTENIDO DEL PROGRAMA DE ESTUDIO DEL CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS.....	1
1.1 Generalidades del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos.....	1
1.2 Contenidos del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos .....	1
1.2.1 Conceptos generales sobre Trabajo de Ingeniería .....	2
1.2.1.1 Planificación de proyectos de construcción.....	2
1.2.1.2 Gestión de proyectos .....	2
1.2.1.3 Ingeniería de costos .....	2
1.2.2 Aspectos Legales en la construcción .....	2
1.2.2.1 Reglamentos de construcción .....	3
1.2.2.2 Ley de contratación del estado .....	3
1.2.2.3 Guatecompras .....	3
1.2.3 Costos y Presupuestos.....	3
1.2.3.1 Cuantificación.....	3
1.2.3.2 Presupuesto .....	3
1.2.3.3 Costos .....	4
1.2.4 Programación de proyectos.....	4
1.2.4.1 Métodos de programación lineal .....	4
1.2.4.2 Diagrama de Gantt.....	4
1.2.5 Introducción al modelado de la información de edificaciones BIM.....	5
1.2.5.1 Generalidades .....	5
1.2.6 Valuación de Bienes Inmuebles.....	5
1.2.6.1 Conceptos básicos.....	5
1.2.6.2 Métodos de valuación.....	6
2 GENERALIDADES DE LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650.....	7

2.1	Metodología BIM.....	7
2.2	Modelado.....	8
2.2.1	Diferencias entre un modelo 3D y un modelo BIM.....	8
2.3	Beneficios generales de la implementación del BIM en los proyectos.....	8
2.4	Interoperabilidad .....	9
2.5	Trabajo colaborativo .....	9
2.6	OpenBIM.....	10
2.7	Uso del BIM en América Latina y el Caribe.....	10
2.7.1	Tipos de uso en América Latina y el Caribe.....	10
2.8	Norma ISO 19650 .....	12
2.8.1	Fases del proyecto en que se aplica la norma ISO 19650.....	12
2.8.2	Partes en que se divide la norma ISO 19650 .....	13
2.8.3	Ventajas de utilizar las normas ISO 19650 en proyectos .....	14
2.9	Uso de Estándares BIM en América Latina y el Caribe .....	14
3	PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIO.....	16
3.1	Análisis y descripción del programa de curso de Costos, Presupuestos y Avalúos.....	16
3.1.1	Identificación general del curso .....	16
3.1.2	Descripción del curso.....	17
3.1.3	Competencias.....	17
3.1.4	Contenido.....	18
3.1.5	Requisitos de asistencia .....	19
3.1.6	Recursos para el aprendizaje.....	20
3.1.7	Cronograma de actividades.....	20
3.1.8	Cronograma de actividades de investigación y extensión .....	22
3.2	Descripción de los prerrequisitos del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos.....	23
3.2.1	Ubicación del curso en el pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil .....	24
3.2.2	Área de especialidad en la que se ubica.....	24
3.2.3	Identificación del curso .....	25
3.2.4	Prerrequisitos .....	25
3.2.5	Resultado del análisis y descripción .....	25
3.2.6	Criterios para la incorporación.....	26
3.3	Temas propuestos.....	26

3.3.1	Introducción a la metodología BIM.....	27
3.3.1.1	Generalidades .....	27
3.3.1.2	Introducción a la norma ISO 19650 .....	27
3.3.1.3	Caso de estudio Edificio de Ingeniería Módulo G .....	27
3.3.1.4	Modelado BIM del Edificio de Ingeniería con Revit Estructura.....	27
3.3.1.5	Gestión de la información del modelo.....	28
3.3.1.6	Tablas de cuantificación de materiales de construcción.....	28
3.3.1.7	Exportación de tablas de cuantificación .....	28
3.3.2	Vigencia de los contenidos propuesto.....	28
3.4	Propuesta de integración de temas al programa de curso.....	28
4	GUÍA DIDÁCTICA PARA LA GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650.....	33
4.1	Introducción .....	33
4.2	Objetivos .....	34
4.2.1	Objetivo general.....	34
4.2.2	Objetivos específicos .....	34
4.3	INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....	35
4.3.1	Revolución industrial y tecnológicas.....	35
4.3.2	Construcción 4.0 .....	35
4.3.3	BIM.....	36
4.3.3.1	¿Qué es BIM? .....	36
4.3.3.2	Ciclo de vida de un proyecto BIM.....	38
4.3.3.3	Breve historia del BIM .....	39
4.3.3.4	Beneficios del BIM.....	40
4.3.3.5	Diferencias entre CAD y BIM.....	41
4.3.3.6	El proceso BIM.....	44
4.3.3.7	Nivel de madurez BIM .....	44
4.3.3.8	Dimensiones del BIM.....	46
4.3.3.9	Usos BIM.....	50
4.3.3.10	Objeto BIM.....	68
4.3.3.11	Estándares BIM .....	70

4.3.3.12	Normas ISO 19650 .....	70
4.3.3.13	Roles BIM.....	72
4.3.3.14	Herramientas BIM .....	77
4.4	INTRODUCCIÓN A LAS NORMAS ISO 19650 .....	78
4.4.1	Generalidades de la Norma ISO 19650 .....	78
4.4.2	Objetivos de la Norma ISO 19650.....	78
4.4.3	Definición de Building Information Modeling BIM según ISO 19650.....	79
4.4.4	Beneficios de aplicar la Norma ISO 19650 .....	79
4.4.5	Ciclo de vida de un activo construido (fases) .....	80
4.4.6	Modelos de información .....	80
4.4.7	Agentes que intervienen en el desarrollo del proyecto .....	82
4.4.8	Principios de la gestión de la información.....	82
4.4.8.1	Requisitos de información.....	83
4.4.8.2	Clasificación de los requisitos de información.....	83
4.4.8.2.1	Requerimientos de Información de la Organización OIR .....	84
4.4.8.2.2	Requerimientos de información del proyecto PIR .....	84
4.4.8.2.3	Requerimientos de Intercambio de Información EIR.....	85
4.4.8.2.4	Requisitos de Información del Activo AIR .....	85
4.4.9	Fases de desarrollo del proyecto de construcción.....	86
4.4.9.1	Entorno Común de Datos - CDE .....	86
4.4.9.1.1	Estado de trabajo en curso (Work In Progress WIP).....	88
4.4.9.1.2	Estado compartido (Shared S) .....	88
4.4.9.1.3	Estado publicado (Published P).....	88
4.4.9.1.4	Estado archivado (Archive ARC).....	89
4.4.9.1.5	Ventajas de un CDE .....	89
4.4.9.1.6	Estructura de carpetas de trabajo .....	89
4.4.9.1.7	Proceso de aprobación de la información en un CDE .....	90
4.4.10	Producción de la información .....	90
4.4.10.1	Nombramiento de archivos o entregables del proyecto.....	90
4.4.11	Plan de Ejecución BIM – BEP.....	98
4.4.11.1	Definición del Plan de Ejecución BIM - BEP .....	98
4.4.11.2	Contenido mínimo de un Plan de Ejecución BIM – BEP.....	99

4.4.11.3	Importancia de un plan de ejecución BIM.....	102
4.4.11.4	Integrantes participantes en la elaboración del Plan de Ejecución BIM. ....	103
4.4.11.5	Requisitos para la elaboración de un BEP .....	103
4.4.11.6	Nivel de Información Necesaria LIN .....	104
4.4.11.7	Nivel de Desarrollo (LOD).....	104
4.4.11.8	Nivel de Detalle LOD.....	107
4.4.11.9	Nivel de Información LOI .....	109
4.4.12	Sistema de clasificación BIM .....	110
4.4.12.1	Sistema UniFormat .....	111
4.4.12.2	Sistema Omniclass.....	112
4.5	GESTIÓN BIM DE LA INFORMACIÓN DE PROYECTOS ESTRUCTURALES CON REVIT.....	114
4.5.1	Organización de elementos en Revit.....	114
4.5.2	Familias en Revit .....	115
4.5.2.1	Jerarquías de los elementos en Revit.....	115
4.5.2.2	Tipos de familias en Revit.....	116
4.5.3	Parámetros en Revit .....	117
4.5.3.1	Parámetros de sistema .....	118
4.5.3.2	Parámetros de proyecto .....	119
4.5.3.3	Parámetros compartidos .....	122
4.5.3.4	Parámetros globales.....	129
4.5.3.5	Parámetros de familia .....	133
4.5.3.6	Propiedades de los parámetros .....	135
4.5.4	Plantillas de vistas.....	135
4.5.5	Filtros .....	137
4.5.6	Cuantificación de materiales.....	140
4.5.6.1	Asignación de materiales.....	142
4.5.6.2	Cuantificación.....	144
4.5.6.2.1	Volumen de elementos .....	144
4.5.6.2.2	Cálculo de materiales para concreto.....	150
4.5.6.2.3	Cálculo del refuerzo de acero .....	155
4.5.7	Sistema de clasificación UniFormat en Revit.....	162
4.5.7.1	Asignación del Sistema UniFormat.....	163

4.5.8	Exportación de tablas de planificación .....	168
4.5.8.1	Guardar/Exportar Tabla de planificación en Revit.....	169
4.5.8.2	Importar tabla de planificación a Excel.....	171
4.6	PLAN DE EJECUCIÓN BIM CASO DE ESTUDIO.....	176
4.6.1	Introducción .....	176
4.6.2	Información del proyecto .....	176
4.6.3	Objetivos.....	177
4.6.3.1	Objetivo general .....	177
4.6.3.2	Objetivo específico .....	177
4.6.4	Estrategias de entrega de información .....	177
4.6.4.1	Objetivos y Usos BIM para la producción de la información .....	178
4.6.4.2	Estructura organizativa y composición del equipo de trabajo .....	179
4.6.4.3	Roles y responsabilidades del equipo de trabajo .....	179
4.6.4.4	Recursos informáticos necesarios.....	180
4.6.4.5	Estrategia de federación.....	180
4.6.4.6	Estrategias de entrega del modelo de información.....	180
4.6.5	Nivel de Desarrollo (LOD) .....	181
4.6.6	Estándar y normatividad .....	182
4.6.6.1	Parámetros para extracción de cantidades de materiales del modelo BIM ...	182
4.6.6.2	Identificación de contenedores de información.....	182
4.6.6.3	Estructura de carpeta de trabajo.....	184
4.6.6.4	Normatividad .....	184
4.6.6.5	Requisitos generales del modelado BIM .....	184
4.6.6.6	Nombramiento de familias en Revit.....	185
4.6.6.7	Sistema de clasificación.....	185
4.6.7	Métodos y procedimientos para la producción de la información.....	186
4.6.7.1	Trabajo colaborativo.....	186
4.6.7.2	Reuniones de coordinación.....	186
4.6.7.3	Auditoría general .....	186
4.6.7.4	Control de calidad del modelo de información .....	187
4.6.7.5	Requisitos de seguridad de información.....	187
4.6.7.6	Exclusiones en modelos.....	187



4.6.8	Anexos .....	188
4.7	CASO DE ESTUDIO MODELADO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA MÓDULO G 189	
4.7.1	Configuración inicial .....	189
4.7.2	Configuración de Unidades del Proyecto .....	193
4.7.3	Configuración de las coordenadas o emplazamiento del proyecto .....	195
4.7.4	Modelado de elementos estructurales de concreto armado – Infraestructura .....	200
4.7.4.1	Importación de archivo CAD a Revit .....	200
4.7.4.2	Creación de ejes .....	203
4.7.4.3	Creación de niveles .....	204
4.7.4.4	Modelado de cimentación .....	208
4.7.4.5	Colocación de la zapata en la planta de cimentaciones .....	213
4.7.4.6	Modelado de columnas estructurales a nivel de cimentación .....	215
4.7.4.7	Creación de columnas .....	216
4.7.4.8	Modelado de solera de amarre .....	221
4.7.4.9	Modelado del suelo – Corredor .....	225
4.7.5	Modelado de elementos estructurales de concreto armado – Superestructura .....	229
4.7.5.1	Modelado de columnas estructurales en el Nivel 1 .....	229
4.7.5.2	Modelado de vigas estructurales en Nivel 1 .....	234
4.7.5.3	Modelado de losa estructural .....	238
4.7.5.3.1	Modelado de Nervios en losa .....	239
4.7.5.3.2	Modelado de capa de concreto en losa .....	244
4.7.5.4	Modelado de escaleras .....	246
4.7.5.5	Modelado de muros en escaleras .....	249
4.7.5.6	Copiando elementos con multiniveles .....	251
4.7.6	Modelado del acero de refuerzo .....	254
4.7.6.1	Navegación y configuración de armaduras .....	254
4.7.6.2	Configuración de armaduras .....	256
4.7.6.3	Recubrimiento del refuerzo de acero .....	257
4.7.6.3.1	Asignación de recubrimiento en elementos estructurales .....	258
4.7.6.4	Acero de refuerzo en zapatas .....	259
4.7.6.5	Acero de refuerzo en columnas .....	262
4.7.6.6	Acero de refuerzo en vigas .....	263

4.7.6.7	Acero de refuerzo en nervios de losas .....	265
4.7.6.8	Acero de refuerzo en módulo de gradas .....	267
4.7.7	Creación y asignación de materiales estructurales.....	268
4.7.7.1	Creación de materiales estructurales .....	268
4.7.7.1	Asignación de materiales a los elementos del modelo .....	269
4.7.7.1.1	Concreto.....	269
4.7.7.1.2	Acero .....	271
4.7.8	Asignación de código de clasificación UniFormat a los elementos del modelo...	272
4.7.9	Gestión de la información del proyecto .....	273
4.7.9.1	Parámetros de proyecto .....	273
4.7.9.1	Asignación de parámetros a elementos .....	275
4.7.9.1.1	Ubicación de elementos por nivel .....	275
4.7.9.1.2	Asignación del tipo de refuerzo.....	276
4.7.9.1.3	Asignación del peso nominal del acero .....	277
4.7.9.2	Plantilla de vistas y filtros .....	278
4.7.9.2.1	Creación de filtros .....	279
4.7.9.2.2	Creación de plantilla de vista.....	286
4.7.10	Cuantificación de materiales.....	289
4.7.10.1	Cuantificación de materiales para concreto.....	289
4.7.10.2	Cuantificación de acero .....	301
4.7.10.3	Cuantificación de muros.....	307
4.7.11	Exportación de tablas de planificación o cuantificación.....	308
4.7.12	Entregables del proyecto.....	318
CONCLUSIONES .....		XXVI
RECOMENDACIONES.....		XXVIII
BIBLIOGRAFÍA .....		XXX
ANEXOS .....		XXXIII

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Modelo BIM y el ciclo de vida de un proyecto.....	7
<b>Figura 2</b> Usos BIM más frecuentes en América Latina.....	11
<b>Figura 3</b> Uso de estándares por país en América Latina.....	15
<b>Figura 4</b> Pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones Centro Universitario de Occidente CUNOC .....	23
<b>Figura 5</b> Representación gráfica del Building Information Modeling.....	37
<b>Figura 6</b> Ciclo de vida de un proyecto .....	38
<b>Figura 7</b> Curva de McLeamy .....	41
<b>Figura 8</b> Objeto paramétrico en Revit.....	42
<b>Figura 9</b> Objeto CAD y Objeto BIM .....	43
<b>Figura 10</b> Nivel de madurez BIM .....	45
<b>Figura 11</b> Dimensiones del BIM.....	47
<b>Figura 12</b> Usos BIM .....	51
<b>Figura 13</b> Propiedades de tipo para un objeto BIM en Revit.....	69
<b>Figura 14</b> Modelo formado por varios objetos BIM en Revit .....	69
<b>Figura 15</b> Fases de operación y desarrollo en un proyecto.....	81
<b>Figura 16</b> Jerarquía de los requisitos de la información según ISO 19650 .....	85
<b>Figura 17</b> Etapas que pasa un archivo en el CDE.....	87
<b>Figura 18</b> Resumen de nombramiento de archivos según ISO 19650.....	98
<b>Figura 19</b> Nivel de Detalle LOD.....	108
<b>Figura 20</b> Elementos que forman un proyecto en Revit .....	114
<b>Figura 21</b> Ejemplo de Familia en Revit .....	115
<b>Figura 22</b> Jerarquía de elementos en Revit.....	116
<b>Figura 23</b> Tipos de familias paramétricas en Revit .....	117
<b>Figura 24</b> Parámetros que contiene información del elemento BIM en Revit.....	118
<b>Figura 25</b> Parámetros de Sistema en Revit .....	119
<b>Figura 26</b> Parámetros de proyecto en Revit.....	120
<b>Figura 27</b> Parámetros de proyecto en el panel de opción de Revit.....	121
<b>Figura 28</b> Propiedades de parámetros en Revit .....	121
<b>Figura 29</b> Parámetros compartidos en Revit.....	123

<b>Figura 30</b> Parámetros compartidos en Revit.....	124
<b>Figura 31</b> Parámetros compartido en Revit .....	124
<b>Figura 32</b> Editar parámetros compartidos en Revit .....	125
<b>Figura 33</b> Editar y cambiar propiedades de parámetros compartido en Revit.....	126
<b>Figura 34</b> Parámetros compartidos en el panel de opciones dentro de Revit .....	126
<b>Figura 35</b> Añadir parámetro dentro propiedades de parámetro de proyecto .....	127
<b>Figura 36</b> Creación de nuevo parámetro de proyecto .....	128
<b>Figura 37</b> Panel de propiedades para ver el parámetro de proyecto creado .....	129
<b>Figura 38</b> Parámetros globales en Revit .....	130
<b>Figura 39</b> Creación de un parámetro global en Revit .....	131
<b>Figura 40</b> Creando parámetro global .....	132
<b>Figura 41</b> Parámetro de familias en Revit .....	133
<b>Figura 42</b> Plantilla de vista en panel de opciones dentro de Revit .....	136
<b>Figura 43</b> Plantilla de vista en propiedades de vista dentro de Revit .....	136
<b>Figura 44</b> Propiedades de vista 3D de una columna.....	137
<b>Figura 45</b> Filtros en el panel de opciones dentro de Revit.....	138
<b>Figura 46</b> Ventana de filtro.....	138
<b>Figura 47</b> Visibilidad de gráficos para utilizar Filtros.....	139
<b>Figura 48</b> Aplicación de filtros a una columna dentro de Revit .....	140
<b>Figura 49</b> Pestaña para seleccionar Tabla de planificación en panel de opciones en Revit .....	141
<b>Figura 50</b> Asignación de materiales a columna.....	142
<b>Figura 51</b> Crear material nuevo en Materiales y Acabados para la columna .....	142
<b>Figura 52</b> Asignación de apariencia a materiales para la columna.....	143
<b>Figura 53</b> Nueva tabla de planificación para columna de ejemplo.....	144
<b>Figura 54</b> Asignación de campos a tabla de cuantificación.....	145
<b>Figura 55</b> Filtrar información en tabla de planificación .....	146
<b>Figura 56</b> Clasificación de parámetros en tabla de planificación .....	147
<b>Figura 57</b> Formato de tabla de planificación .....	148
<b>Figura 58</b> Apariencia en propiedades de tabla de planificación .....	149
<b>Figura 59</b> Tabla de planificación para columna de ejemplo.....	150
<b>Figura 60</b> Editar tabla de planificación.....	150
<b>Figura 61</b> Añadir parámetro calculado en tabla de planificación .....	151

<b>Figura 62</b> Valor calculado para calcular las bolsas de cemento .....	152
<b>Figura 63</b> Creando parámetros calculados.....	153
<b>Figura 64</b> Tabla de cantidades de concreto para columnas .....	155
<b>Figura 65</b> Creando parámetros de proyecto para obtener el peso nominal del acero .....	155
<b>Figura 66</b> Ingresando la masa nominal del acero en parámetro .....	157
<b>Figura 67</b> Tabla de planificación de armadura estructural en Revit .....	159
<b>Figura 68</b> Longitud de las formas de acero en Revit .....	159
<b>Figura 69</b> Creando valor calculado de quintales de acero .....	160
<b>Figura 70</b> Tabla de planificación de armaduras.....	161
<b>Figura 71</b> Subestructura y superestructura como ejemplo para utilizar el Sistema UniFormat	163
<b>Figura 72</b> Asignación de código de clasificación en elemento.....	163
<b>Figura 73</b> Código UniFormat en Revit .....	165
<b>Figura 74</b> Código UniFormat asignado a elemento.....	166
<b>Figura 75</b> Alternativa de código de clasificación en Revit.....	167
<b>Figura 76</b> Código de montaje en tabla de planificación .....	167
<b>Figura 77</b> Navegador de proyectos para guardar tabla de planificación.....	169
<b>Figura 78</b> Opciones para exportar tabla de planificación .....	170
<b>Figura 79</b> Guardar tabla de planificación .....	171
<b>Figura 80</b> Abriendo tabla de planificación en Microsoft Excel.....	172
<b>Figura 81</b> Configuración de texto para exportar tabla de planificación a Excel.....	173
<b>Figura 82</b> Tabla exportada a Excel .....	174
<b>Figura 83</b> Múltiples tablas de planificación exportadas a Excel .....	174
<b>Figura 84</b> Ubicación del proyecto.....	177
<b>Figura 85</b> Planta de cimentaciones con sus detalles del Edificio de Ingeniería Módulo G .....	189
<b>Figura 86</b> Ubicación de planta de cimentación en coordenadas (0,0) en un nuevo archivo de AutoCAD .....	190
<b>Figura 87</b> Planta de cimentación sin detalles para importar a Revit.....	191
<b>Figura 88</b> Nuevo proyecto en Revit.....	191
<b>Figura 89</b> Plantilla estructural en Revit .....	192
<b>Figura 90</b> Interfaz de Revit .....	193
<b>Figura 91</b> Panel de opciones para configurar unidades de proyecto en Revit .....	193
<b>Figura 92</b> Ventana de unidades de proyecto .....	194
<b>Figura 93</b> Pestaña en panel de opciones para configurar coordenadas de proyecto .....	196

<b>Figura 94</b> Ventana de visibilidad de gráficos .....	196
<b>Figura 95</b> Categorías de modelo y emplazamiento.....	197
<b>Figura 96</b> Punto base y de reconocimiento del proyecto en Revit.....	198
<b>Figura 97</b> Punto base del proyecto.....	198
<b>Figura 98</b> Punto de reconocimiento del proyecto .....	199
<b>Figura 99</b> Coordenadas de modelo y de un objeto real en un proyecto en Revit .....	199
<b>Figura 100</b> Navegador de proyectos .....	199
<b>Figura 101</b> Pestaña para importar archivos a Revit .....	200
<b>Figura 102</b> Ventana de opciones para importar archivos CAD a Revit.....	202
<b>Figura 103</b> Planta de cimentación importado a Revit.....	203
<b>Figura 104</b> Pestaña para creación de ejes en panel de opciones .....	203
<b>Figura 105</b> Opciones para dibujar ejes en modificar rejillas .....	204
<b>Figura 106</b> Archivo CAD importado a Revit.....	204
<b>Figura 107</b> Alzados para dibujar niveles en el proyecto.....	205
<b>Figura 108</b> Ejes dibujados en el proyecto .....	206
<b>Figura 109</b> Pestaña de opción para dibujar niveles.....	207
<b>Figura 110</b> Pestaña de opciones para dibujar niveles .....	207
<b>Figura 111</b> Niveles creados para el proyecto.....	207
<b>Figura 112</b> Archivo CAD de planta de cimentación importado a Revit.....	208
<b>Figura 113</b> Pestaña de opciones para el modelado de cimentación.....	209
<b>Figura 114</b> Tipos de zapatas cargadas por defecto en Revit.....	209
<b>Figura 115</b> Sección de Zapata piramidal del proyecto según planos CAD .....	210
<b>Figura 116</b> Zapata piramidal en Revit .....	211
<b>Figura 117</b> Propiedades de tipo para modificar dimensiones de Zapatas.....	211
<b>Figura 118</b> Nombramiento de zapatas en propiedades de tipo .....	212
<b>Figura 119</b> Modificación de las dimensiones de la zapata en propiedades de tipo .....	212
<b>Figura 120</b> Pestaña de opción para dibujar zapatas en el proyecto .....	213
<b>Figura 121</b> Selección de rejillas para colocar las zapatas al proyecto .....	213
<b>Figura 122</b> Vista 3D de zapatas del proyecto .....	214
<b>Figura 123</b> Asignación de zapatas correspondientes a cada ubicación en el proyecto.....	214
<b>Figura 124</b> Vista 3D de Zapatas finales en el proyecto .....	215
<b>Figura 125</b> Planta de columnas estructurales del primer nivel en AutoCAD .....	215

<b>Figura 126</b>	Planta de columnas estructurales importadas en Revit .....	216
<b>Figura 127</b>	Pestaña de opción para modelado de columna.....	217
<b>Figura 128</b>	Columnas cargadas por defecto en Revit .....	217
<b>Figura 129</b>	Propiedades de tipo para columnas rectangular .....	218
<b>Figura 130</b>	Detalle de columnas principales según planos en AutoCAD.....	218
<b>Figura 131</b>	Duplicado de columnas estructurales .....	219
<b>Figura 132</b>	Pestaña de opciones para dibujar columnas .....	219
<b>Figura 133</b>	Selección de rejillas para colocar columnas.....	220
<b>Figura 134</b>	Plantilla de columnas estructurales importadas a Revit .....	220
<b>Figura 135</b>	Pestaña de opción para modelar vigas en el proyecto .....	221
<b>Figura 136</b>	Detalle de vigas de amarre según planos AutoCAD.....	222
<b>Figura 137</b>	Modificando dimensiones de vigas de amarre en propiedades de tipo .....	222
<b>Figura 138</b>	Selección de rejillas para colocar vigas de amarre.....	223
<b>Figura 139</b>	Vista 3D de soleras de amarre y zapatas .....	223
<b>Figura 140</b>	Desface de solera de amarre en cimentación.....	224
<b>Figura 141</b>	Vista 3D de zapatas, columnas y soleras de amarre en cimentación .....	225
<b>Figura 142</b>	Pestaña de opciones para modelar suelos en Revit .....	225
<b>Figura 143</b>	Tipos de suelos en Revit.....	226
<b>Figura 144</b>	Dibujar suelo para corredor en nivel 01 .....	227
<b>Figura 145</b>	Propiedades de tipo para suelo .....	227
<b>Figura 146</b>	Ventana para editar espesor de losa para corredor en nivel 01 .....	228
<b>Figura 147</b>	Opción para modificar y crear contorno de suelo para corredor en nivel 01 .....	228
<b>Figura 148</b>	Vista en planta y 3D de corredor en Nivel 01 .....	229
<b>Figura 149</b>	Copiando columnas con ayuda de filtros a nivel 01.....	230
<b>Figura 150</b>	Pegando columnas con la opción de alineados con niveles seleccionados .....	232
<b>Figura 151</b>	Desface de columnas a nivel 01 .....	233
<b>Figura 152</b>	Vista 3D de columnas copiadas a nivel 01.....	234
<b>Figura 153</b>	Panel de propiedades de viga rectangular .....	235
<b>Figura 154</b>	Panel de propiedades de tipo para editar viga rectangular .....	236
<b>Figura 155</b>	Pestaña de opciones para dibujar vigas en rejillas .....	236
<b>Figura 156</b>	Planta de vigas importadas a Revit para asignar los tipos de vigas al proyecto.....	237
<b>Figura 157</b>	Vista 3D de vigas en nivel 01.....	238

<b>Figura 158</b>	Detalle de losa según planos en AutoCAD .....	238
<b>Figura 159</b>	Creando vigas para modelar los nervios en losa .....	239
<b>Figura 160</b>	Panel de opción para crear sistema de vigas .....	240
<b>Figura 161</b>	Pestaña de configuración para dibujar sistemas de vigas.....	241
<b>Figura 162</b>	Líneas para colocar las vigas en dirección vertical y horizontal en losa.....	241
<b>Figura 163</b>	Sistema de vigas en dirección vertical y horizontal en losa .....	242
<b>Figura 164</b>	Vista 3D del sistema de vigas en losa del primer entrespacio .....	243
<b>Figura 165</b>	Pestaña de opciones para dibujar suelo estructural y propiedades de tipo .....	244
<b>Figura 166</b>	Editor de contorno de losa en panel de opciones .....	245
<b>Figura 167</b>	Vista 3D de capa de concreto y sistemas de vigas para modelar losa nervada .....	246
<b>Figura 168</b>	Pestaña de opciones para dibujar escaleras en Revit.....	246
<b>Figura 169</b>	Pestaña para modificar o crear escaleras.....	247
<b>Figura 170</b>	Pestaña para crear escalera por boceto de tramo .....	247
<b>Figura 171</b>	Vista 3D de escalera en nivel 01 .....	248
<b>Figura 172</b>	Propiedades de tipo para modificar propiedades de muros .....	249
<b>Figura 173</b>	Vista 3D de muros en escalera del nivel 01 .....	250
<b>Figura 174</b>	Vista 3D para seleccionar los elementos en nivel 01 .....	251
<b>Figura 175</b>	Filtro para seleccionar los elementos a copiar.....	252
<b>Figura 176</b>	Pestaña de opción para copiar elemento.....	252
<b>Figura 177</b>	Opción de alineado con niveles seleccionados en el panel de opciones .....	253
<b>Figura 178</b>	Vista 3D de la estructura completo del edificio de Ingeniería Módulo G.....	253
<b>Figura 179</b>	Pestaña de opciones para seleccionar armadura estructural .....	254
<b>Figura 180</b>	Ventana de mensaje para la definición de forma de armadura.....	254
<b>Figura 181</b>	Opción para cargar familia de armadura en Revit.....	255
<b>Figura 182</b>	Tipos de armaduras cargadas por defecto en Revit.....	256
<b>Figura 183</b>	Propiedades de tipo de barras de armadura .....	257
<b>Figura 184</b>	Pestaña de opciones para configurar el recubrimiento del refuerzo de acero .....	257
<b>Figura 185</b>	Ventana de opción para configuración de recubrimiento de armadura.....	258
<b>Figura 186</b>	Asignación de recubrimiento a los elementos del proyecto .....	259
<b>Figura 187</b>	Opción de ir a la vista de sección para asignar refuerzo a la zapata .....	260
<b>Figura 188</b>	Formas de armaduras cargadas por defecto para colocar a elementos del proyecto.....	261
<b>Figura 189</b>	Vista en sección y 3D del refuerzo en Zapata Z3.....	262



<b>Figura 190</b>	Vista en sección y 3D del refuerzo en columna C3 .....	263
<b>Figura 191</b>	Vista en sección de viga de amarre en cimentación.....	264
<b>Figura 192</b>	Vista en sección y 3D del refuerzo de acero en vigas .....	264
<b>Figura 193</b>	Ir a vista de sección de los nervios para colocar el acero de refuerzo.....	265
<b>Figura 194</b>	Vista de sección y 3D de nervio en losa.....	266
<b>Figura 195</b>	Vista de sección para colocar el acero de refuerzo en escalera.....	267
<b>Figura 196</b>	Vista de sección y 3D del refuerzo en escalera del primer nivel .....	268
<b>Figura 197</b>	Pestaña de gestionar para la creación de materiales.....	269
<b>Figura 198</b>	Concreto y acero de refuerzo creado para el proyecto .....	269
<b>Figura 199</b>	Selección de elementos para asignación de materiales de concreto.....	270
<b>Figura 200</b>	Editar montaje para la asignación de materiales de concreto a losas.....	270
<b>Figura 201</b>	Selección y asignación de materiales de acero a elementos.....	272
<b>Figura 202</b>	Asignación de sistema de clasificación UniFormat a elementos del modelo.....	273
<b>Figura 203</b>	Pestaña de gestionar para la creación de parámetros de proyecto.....	274
<b>Figura 204</b>	Propiedades de parámetro para la creación del Peso Nominal del acero .....	274
<b>Figura 205</b>	Parámetros de proyecto creados para el modelo .....	275
<b>Figura 206</b>	Selección de elementos por nivel para asignación de parámetros.....	276
<b>Figura 207</b>	Selección y asignación del tipo de refuerzo a los elementos .....	276
<b>Figura 208</b>	Selección y asignación de estribos en parámetros de tipo de refuerzo .....	277
<b>Figura 209</b>	Selección y asignación de refuerzo longitudinal en parámetro de tipo de refuerzo	277
<b>Figura 210</b>	Elección y asignación de parámetro de peso nominal del acero a elementos .....	278
<b>Figura 211</b>	Pestaña de vista para la creación de filtros.....	279
<b>Figura 212</b>	Ventana de filtros .....	279
<b>Figura 213</b>	Creación de filtros para el proyecto .....	280
<b>Figura 214</b>	Filtros creados de elementos por nivel .....	281
<b>Figura 215</b>	Aplicación de filtros a diferentes vistas del modelo.....	282
<b>Figura 216</b>	Ventana de visibilidad de gráficos para utilizar los filtros .....	283
<b>Figura 217</b>	Configuración de filtros en ventana de visibilidad de gráficos .....	284
<b>Figura 218</b>	Vista 3D del edificio con filtros de nivel aplicados .....	285
<b>Figura 219</b>	Selección de vista 3D del edificio con filtros por elementos .....	285
<b>Figura 220</b>	Vista 3D del edificio con colores realistas de los materiales .....	286
<b>Figura 221</b>	Pestaña de vista para la creación de plantillas de vista .....	287

<b>Figura 222</b>	Nueva plantilla de vista y configuración de vista.....	287
<b>Figura 223</b>	Navegador de proyectos para utilizar plantilla de vista .....	288
<b>Figura 224</b>	Pestaña de vista para cómputo de materiales .....	291
<b>Figura 225</b>	Ventana de nuevo cómputo de materiales.....	292
<b>Figura 226</b>	Propiedades de cómputo de materiales .....	293
<b>Figura 227</b>	Campos de planificación en cómputo de materiales .....	294
<b>Figura 228</b>	Valor calculado para crear los parámetros según el método de Fuller.....	296
<b>Figura 229</b>	Valor calculado y campos de planificación para la cuantificación de materiales ...	297
<b>Figura 230</b>	Formato de unidades en tabla de planificación .....	298
<b>Figura 231</b>	Tabla de cuantificación de materiales para concreto.....	299
<b>Figura 232</b>	Tabla de planificación organizada.....	300
<b>Figura 233</b>	Pestaña de vista para tabla de planificación y cantidades .....	301
<b>Figura 234</b>	Nueva tabla y campos de planificación para el cálculo del refuerzo de acero .....	302
<b>Figura 235</b>	Tablas de planificación del acero de refuerzo .....	303
<b>Figura 236</b>	Tabla de armadura ordenada por diámetro, material, quinta y varillas.....	307
<b>Figura 237</b>	Tabla de cuantificación de muros.....	307
<b>Figura 238</b>	Pestaña para exportar tablas de planificación.....	308
<b>Figura 239</b>	Ventana para guardar tablas de planificación.....	309
<b>Figura 240</b>	Ventana para importar tablas de planificación a Excel .....	309
<b>Figura 241</b>	Tablas de cuantificación en Excel .....	310
<b>Figura 242</b>	Entregables del proyecto y estructura de carpetas.....	318



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Identificación general del curso en el programa de estudio.....	16
<b>Tabla 2</b>	Descripción del curso en el programa de estudio .....	17
<b>Tabla 3</b>	Competencias en el programa de estudio.....	17
<b>Tabla 4</b>	Contenidos en el programa de estudio. ....	18
<b>Tabla 5</b>	Requisitos de asistencia según programa de estudio. ....	19
<b>Tabla 6</b>	Recursos para el aprendizaje según programa de estudio.....	20
<b>Tabla 7</b>	Cronograma de actividades según plan de estudio. ....	21
<b>Tabla 8</b>	Cronograma de actividades de investigación y extensión en el plan de estudio. ....	22
<b>Tabla 9</b>	Área de especialidad dentro del pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil....	24
<b>Tabla 10</b>	Ubicación del curso en el pensum de la carrera de Ingeniería Civil.....	24
<b>Tabla 11</b>	Ubicación del curso en el área de especialidad de la carrera. ....	25
<b>Tabla 12</b>	Contenidos del curso en la propuesta de plan de estudio.....	29
<b>Tabla 13</b>	Cronograma de actividad del curso propuesto en el plan de estudio.....	30
<b>Tabla 14</b>	Cronograma de actividad de investigación propuesto en el plan de estudio. ....	31
<b>Tabla 15</b>	Estructura de carpetas de trabajo .....	89
<b>Tabla 16</b>	Data.....	91
<b>Tabla 17</b>	Meta Data.....	91
<b>Tabla 18</b>	Listado de código para el tipo de documento .....	95
<b>Tabla 19</b>	Nivel de desarrollo LOD.....	106
<b>Tabla 20</b>	Preguntas para definir el LOI en un proyecto.....	109
<b>Tabla 21</b>	Orden Jerárquico de los elementos en el Sistema UniFormat .....	111
<b>Tabla 22</b>	Ejemplo de nombramiento de elementos en el Sistema UniFormat.....	112
<b>Tabla 23</b>	Tabla de categorías en el sistema Omniclass.....	112
<b>Tabla 24</b>	Factores para calcular materiales de concreto .....	151
<b>Tabla 25</b>	Peso nominal del acero de refuerzo corrugado grado 40.....	156
<b>Tabla 26</b>	Sistema de clasificación UniFormart en Revit.....	162
<b>Tabla 27</b>	Datos generales del proyecto .....	176
<b>Tabla 28</b>	Objetivos y usos BIM de la entidad y equipo.....	178
<b>Tabla 29</b>	Estructura organizativa y de trabajo .....	179
<b>Tabla 30</b>	Roles y responsabilidades del equipo de trabajo .....	179
<b>Tabla 31</b>	Recursos informáticos necesarios y formatos.....	180

<b>Tabla 32</b> Estrategias de entrega del modelo de información .....	181
<b>Tabla 33</b> Nivel de Desarrollo LOD.....	181
<b>Tabla 34</b> Parámetros para extracción de cantidades de materiales del modelo BIM.....	182
<b>Tabla 35</b> Identificación de contenedores de información individuales.....	183
<b>Tabla 36</b> Código para el tipo de documento .....	183
<b>Tabla 37</b> Resumen del nombramiento de contenedores de información .....	183
<b>Tabla 38</b> Estructura de carpeta de trabajo.....	184
<b>Tabla 39</b> Normatividad utilizada para el proyecto.....	184
<b>Tabla 40</b> Requisitos generales del modelo BIM .....	184
<b>Tabla 41</b> Nombramiento de familias en Revit .....	185
<b>Tabla 42</b> Sistema de clasificación utilizada para el proyecto .....	185
<b>Tabla 43</b> Exclusiones en el modelo del proyecto.....	187
<b>Tabla 44</b> Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto .....	290
<b>Tabla 45</b> Tabla para cálculo aproximado de materiales para concreto .....	290



## GLOSARIO

<b>Activo construido:</b>	Cualquier proyecto de obra civil.
<b>BIM:</b>	Building Information Modeling o Modelado de la Información de Edificaciones.
<b>Cuantificación:</b>	Proceso que permite la obtención de los recursos utilizados para la construcción de una obra civil.
<b>Gestión:</b>	Proceso que permite la organización y planificación de actividades y recursos utilizados para la creación de un proyecto.
<b>Incorporación:</b>	Proceso que permite agregar nuevo contenido a un determinado tema.
<b>ISO:</b>	Organización Internacional de Normalización.
<b>ISO 19650:</b>	Norma Internacional para la Gestión de la Información de un Activo Construido Desarrollado bajo la Metodología BIM.
<b>Norma:</b>	Conjunto de reglas que establece la correcta realización de una acción y el desarrollo de una actividad en específica.
<b>Materiales de construcción:</b>	Materia prima utilizada para la edificación de una obra civil.

<b>Modelado:</b>	Proceso que permite representar digitalmente en tres dimensiones un proyecto de construcción por medio de softwares.
<b>Metodología:</b>	Conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar una meta u objetivo propuesto.
<b>Metodología BIM</b>	Metodología de trabajo colaborativo que permite la representación digital de una obra civil por medio de herramientas de modelado BIM.
<b>Programa de estudio:</b>	Documento de apoyo a los docentes que permite organizar y orientar el trabajo pedagógico para alcanzar los objetivos de un curso.
<b>Propuesta:</b>	Proceso por el cual se propone el desarrollo de una idea a una actividad en específica.



## INTRODUCCIÓN

La metodología BIM es un proceso de trabajo colaborativo para la creación y gestión de la información de una obra civil a través de un modelo digital elaborado por todos los involucrados en el proyecto, que en los últimos años se ha implementado de manera progresiva en diferentes países.

La metodología BIM tiene múltiples usos según el propósito del proyecto, entre las que se pueden mencionar la representación del estado actual de la edificación, la cuantificación de materiales de construcción, el análisis estructural, la simulación del proceso constructivo y el mantenimiento preventivo de la obra.

Con base a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo realizar una propuesta de incorporación al programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos la temática de Gestión y Cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado, modelado con la metodología BIM y la norma ISO 19650 para mejorar y fortalecer la temática del modelado en la construcción, a fin de que los estudiantes conozcan y amplíen sus conocimientos sobre las herramientas y métodos de trabajos más actuales, además de aplicar las normas de regulación de la producción y uso de la información utilizada en la planificación de proyectos de construcción bajo esta nueva forma de trabajo colaborativo.

Así mismo, como parte de la propuesta se realizó una guía práctica sobre la gestión y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM, para que los estudiantes del curso de Costos, Presupuestos y Avalúo se les facilite la comprensión de los conceptos por medio de ejemplos prácticos y lograr desarrollar sus habilidades relacionados con nuevas tendencias en el modelado de proyectos de construcción bajo estándares internacionales y complementar las competencias específicas en la implementación de tecnologías más actuales en la planificación de obras de Ingeniería Civil.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Realizar una propuesta de incorporación al programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente la temática de gestión y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM y la norma ISO 19650.

### **Objetivos específicos**

1. Analizar y describir el programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos y determinar los criterios necesarios para incorporar el tema de gestión y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM y la norma ISO 19650.
2. Describir los prerrequisitos del curso del Costos, Presupuestos y Avalos según el pensum de estudio.
3. Proponer modificaciones y nuevas unidades temáticas del modelado de la información de la construcción con base al análisis del programa de estudio y prerrequisitos del curso.
4. Realizar una guía didáctica para la enseñanza del tema de gestión y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM y la norma ISO 19650.

# **1 ASPECTOS GENERALES Y CONTENIDO DEL PROGRAMA DE ESTUDIO DEL CURSO DE COSTOS, PRESUPUESTOS Y AVALÚOS**

## **1.1 Generalidades del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos**

El curso de Costos Presupuestos y Avalúos proporciona a los estudiantes las herramientas y habilidades para la planificación, organización, ejecución, supervisión de proyectos de infraestructura. Se ubica en el noveno semestre dentro del pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil, de carácter obligatorio. Se identifica con el código 911, otorga 06 créditos y los prerrequisitos para la asignación son un total de 190 créditos.

El curso se imparte durante un semestre con una duración 48 horas presenciales y 96 horas de trabajo, tres veces a la semana.

De alguna forma el curso de Costos, Presupuestos y Avalúos tiene como fin aplicar conceptos básicos para determinar los costos que intervienen en un proyecto de infraestructura, analizar y determinar el control de inversiones, integración de costos, estimación de presupuestos y programación de obras así mismo aplicar los conceptos básicos y métodos de valuación de bienes inmuebles.

## **1.2 Contenidos del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos**

Durante el desarrollo del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos, el estudiante conoce sobre el análisis y partes que forman un proyecto, análisis e integración de costos, elaboración de presupuesto de construcción en forma general, programación de obras y conoce los elementos básicos para realizar un avalúo.

A continuación, se describirán de forma breve los contenidos más importantes del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos conforme el programa de asignatura correspondiente al primer semestre del 2023 de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente CUNOC.

## **1.2.1 Conceptos generales sobre Trabajo de Ingeniería**

En esta sección se definen los conceptos sobre planificación de proyectos de construcción, así como su ciclo de vida. También se dan a conocer los conceptos de gestión de proyectos y sobre la ingeniería de costos.

### **1.2.1.1 Planificación de proyectos de construcción**

La planificación de proyectos de construcción se define como el proceso organizado y definido de todas las actividades, recursos materiales y económicos, así como del personal para llevar a cabo un proyecto de edificación.

### **1.2.1.2 Gestión de proyectos**

Se define la gestión de proyectos como un conjunto de métodos utilizados para administrar y diseñar estrategias para el cumplimiento de los objetivos propuestos de un proyecto de construcción.

El ciclo de vida de un proyecto de construcción se divide principalmente en cinco fases:

1. Inicio
2. Planificación
3. Ejecución
4. Supervisión
5. Cierre del proyecto

### **1.2.1.3 Ingeniería de costos**

La ingeniería de costos se define como parte de la gestión de proyectos enfocada a la elaboración de presupuestos, control y análisis de costos, y programación de actividades de un proyecto.

## **1.2.2 Aspectos Legales en la construcción**

Se presentan los conceptos sobre reglamentos de construcción, ley de contratación del estado y Guatecompras.

### **1.2.2.1 Reglamentos de construcción**

Se definen como reglamentos de construcción a los documentos legales que brindan información importante para construcciones públicas y privadas. Los reglamentos de construcción tienen la función de proteger a los ciudadanos contra el mal funcionamiento de las edificaciones construidas.

### **1.2.2.2 Ley de contratación del estado**

La ley de contratación del estado son un conjunto de reglamentos creados con el fin de normar la compra, venta y contratación de cualquier bien, suministro, obra y servicio que solicitan los organismos del Estado, sus entidades descentralizadas y autónomas, así como las unidades ejecutoras, las municipalidades y las empresas públicas estatales o municipales.

### **1.2.2.3 Guatecompras**

Guatecompras es una plataforma digital utilizada para las contrataciones y adquisiciones del estado de Guatemala administrado por el Ministerio de Finanzas Publicas, desarrollada con el fin de brindar mayor transparencia a las compras públicas.

## **1.2.3 Costos y Presupuestos**

En esta sección se definen los conceptos sobre la cuantificación, presupuestos y costos directos e indirectos.

### **1.2.3.1 Cuantificación**

La cuantificación de una obra se define como el proceso para estimar las cantidades de los recursos utilizados para la construcción de un proyecto. La cuantificación se realiza con base a los planos constructivos y especificaciones de obra.

### **1.2.3.2 Presupuesto**

El presupuesto de construcción se define como la estimación aproximada del costo total del proyecto desglosados en costos directos e indirectos.

### **1.2.3.3 Costos**

El costo se puede definir como el valor monetario de los recursos utilizados en un proyecto y se dividen en Costos directos e indirectos.

- Costos directos: son aquellos costos que están directamente relacionados a la construcción del proyecto, sin ellos no se puede llevar a cabo la construcción de la obra, incluyen materiales, herramientas, maquinarias, mano de obra, entre otros.
- Costos indirectos: son aquellos costos que no están relacionados a la construcción del proyecto, pero si forma parte del presupuesto, incluye gastos administrativos entre otros.

### **1.2.4 Programación de proyectos**

La programación de proyectos dentro de la gestión se define como el proceso utilizado para definir las actividades, entregas e hitos por medio de un programa de actividades. En esta parte se establecen los métodos de programación lineal, diagramas de Gantt, entre otros temas.

#### **1.2.4.1 Métodos de programación lineal**

El método de programación lineal es un método matemático para analizar múltiples variables utilizado para la planificación, asignación de recursos y toma de decisiones en un proyecto.

La programación lineal tiene varios usos en diferentes campos, como la economía y la ingeniería. El método es utilizado para encontrar los valores máximo y mínimo de un conjunto de datos o función para maximizar las ganancias o minimizar costos de un proyecto.

#### **1.2.4.2 Diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt es una herramienta utilizada para la planificación y gestión de proyectos. Permite visualizar, asignar y organizar las tareas y actividades de un proyecto con el fin

de tener de manera gráfica los hitos de trabajo en relación con el tiempo y tener un mejor control del avance de la obra.

### **1.2.5 Introducción al modelado de la información de edificaciones BIM**

El modelado de la información de edificaciones BIM es una metodología colaborativa de trabajo, en la cual los miembros del equipo de las distintas disciplinas de la construcción almacenan y gestionan la información de un proyecto a través del modelamiento digital en tres dimensiones de la edificación en tiempo real.

#### **1.2.5.1 Generalidades**

Se presentan las generalidades del modelamiento de la información de edificaciones BIM para que los estudiantes conozcan de qué se trata la metodología y los beneficios que se tienen al implementarlo en un proyecto de obra civil.

### **1.2.6 Valuación de Bienes Inmuebles**

La valuación de bienes inmuebles se define como el proceso metodológico realizado para determinar el valor monetario de un bien inmueble.

En este capítulo se definen los conceptos básicos de valuación de bienes inmuebles, los métodos de valuación, entre otros.

#### **1.2.6.1 Conceptos básicos**

- **Avalúo:** proceso realizado para la estimación del valor monetario de un bien, por medio de una investigación de mercado de los bienes que sean iguales o equivalentes al solicitado.
- **Área sub urbana:** se denomina área sub urbana a cualquier extensión territorial que se localiza en el perímetro de los centros urbanos, en bloques divididos en predios de áreas

heterogéneas, en propiedad y posesión de personas individuales y que están dotadas de uno o dos servicios públicos básicos.

- Área urbana: se denomina área urbana a cualquier extensión territorial organizada en un orden geométrico en forma de bloques divididos en predios con áreas homogéneas en propiedad o posesión de personas individuales y jurídicas, que tengan los servicios públicos básicos.
- Avalúo fiscal: cuantificación del valor de un bien inmueble, catalogado como urbano, sub urbano o rural, aplicando un factor de descuento, según lo estipulado por la corporación Municipal.
- Bien: es una cosa que es o puede ser objeto de apropiación y que puede proporcionar una renta o una utilidad.
- Bien inmueble: bien raíz o suelo y todo lo que esté permanentemente adherido a él, con situación fija, en otras palabras, que no puede ser movido sin deterioro de su sustancia o estructura.

### **1.2.6.2 Métodos de valuación**

En Guatemala se utilizan tres tipos de avalúos para determinar el valor de un bien inmueble:

- Avalúo Fiscal: cuantificación del valor de un bien inmueble, catalogado como urbano, sub urbano o rural, aplicando un factor de descuento, según lo estipulado por la corporación Municipal.
- Avalúo Comercial: cuantificación del valor real de un bien inmueble para fines de compra, venta o permuta en base a estudios de mercado.
- Avalúo Bancario: cuantificación del valor real de un bien inmueble para fines de otorgamiento de créditos hipotecarios.



## 2 GENERALIDADES DE LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650

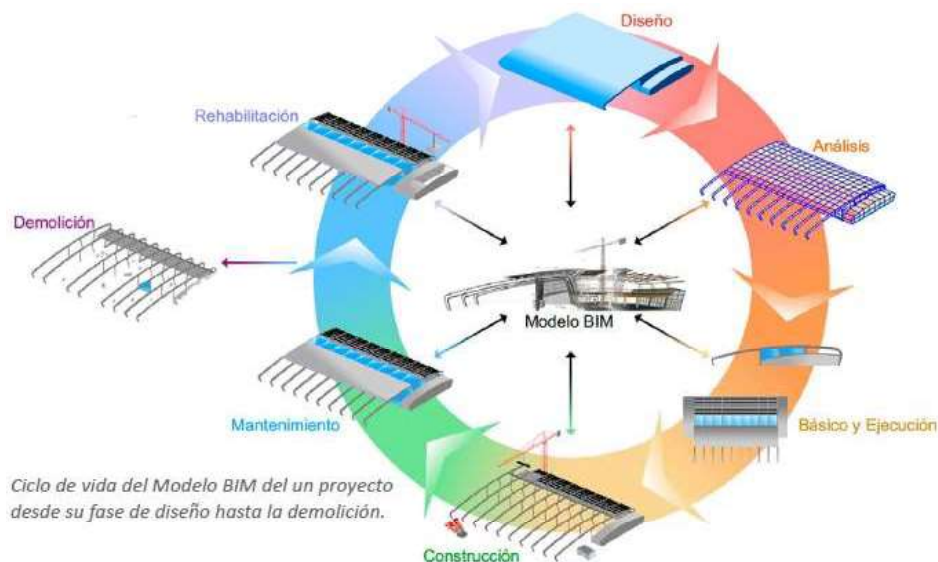
### 2.1 Metodología BIM

El BIM se define como “Building Information Modeling (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación al proporcionar una base confiable para la toma de decisiones” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 5).

El BIM o Modelado de la Información de la construcción, en español, es una metodología colaborativa de trabajo utilizado para el diseño, planificación y construcción de una edificación.

El método se caracteriza por la participación de todos los involucrados en el proyecto, que trabajan en un modelo digital que contiene toda la información de cada disciplina, lo que permite la visualización de todos los componentes de la edificación en tiempo real antes de ser construido.

**Figura 1** Modelo BIM y el ciclo de vida de un proyecto.



Fuente: <https://www.buildingsmart.es/bim/>

## **2.2 Modelado**

El modelado se define como “el aumento de la información relacionado con la construcción a través de una aplicación de diseño” (BuildingSmart, 2014, pág. 1).

Así mismo, “por medio del modelado de información, es posible planificar, analizar y gestionar los costes de la construcción, uso y mantenimiento, además de, por ejemplo, examinar la viabilidad de la estructura” (BuildingSmart, 2014, pág. 1).

Un modelo es la representación digital de una edificación por medio de softwares que permite almacenar información para su posterior uso.

### **2.2.1 Diferencias entre un modelo 3D y un modelo BIM**

Un modelo 3D es la representación digital de las características físicas o descriptivas de la edificación y un modelo BIM además de integrar lo anterior, también incorpora información relacionada con los materiales, costos, planificación, entre otros.

## **2.3 Beneficios generales de la implementación del BIM en los proyectos**

A nivel mundial, la industria de la construcción ha implementado la metodología BIM en los proyectos, esto brinda como resultado el aumento de la eficiencia en el diseño, planificación y construcción, así mismo en la reducción de costos y minimizar errores.

Los modelos BIM se pueden utilizar durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta el mantenimiento de la edificación. Los beneficios de los modelos BIM son numerosos, pero a continuación se enumeran de forma general algunos de ellos.

1. Permite la visualización de todos los aspectos de la edificación antes de construirse para detectar incongruencias y deficiencias del proyecto.

2. Al ser un modelo digital que contiene toda la información del proyecto, permite tener una mejor visualización del diseño para hacer mucho más fácil el análisis y estudio de viabilidad de la construcción.
3. El modelo BIM puede utilizarse para diferentes usos del proyecto durante todo el ciclo de vida, esto hace que se aproveche y optimice la información almacenada en el modelo digital.
4. Uno de los mayores beneficios del BIM es mejorar la comunicación entre los equipos de trabajo, gracias a la colaboración entre las distintas disciplinas que desarrolla el proyecto por medio de un modelo centralizado se permite el almacenamiento de la información.

## **2.4 Interoperabilidad**

Se define la interoperabilidad como “la capacidad de un producto o sistema para trabajar con otros productos o sistemas existentes sin restricciones de acceso o implementación” (Planbim, 2021, pág. 33).

## **2.5 Trabajo colaborativo**

El trabajo colaborativo se define como “un proceso de desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en el cual todos los miembros involucrados se enfocan en obtener beneficios compartidos de las tareas que se realizan durante el ciclo de vida “ (Planbim, 2021, pág. 34).

Con el fin de alcanzar el trabajo colaborativo es importante que los distintos actores del proyecto produzcan información, utilicen procesos estandarizados y formas de comunicación definidas que cumplan con la calidad (Planbim, 2021).

## **2.6 OpenBIM**

El OpenBIM es otra forma de trabajo colaborativo enfocado principalmente en utilizar estándares abiertos para el desarrollo de un proyecto de construcción (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

## **2.7 Uso del BIM en América Latina y el Caribe**

En la encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020 se puede observar que hay un grupo de usuarios a nivel regional que ha incorporado de manera reciente el BIM en sus rutinas de trabajo, así mismo el 40.9 % de las empresas tienen menos de dos años de experiencia (Lacaze, 2021).

La región cuenta con usuarios que presentan trayectorias significativas lo que evidencia que un tercio de las empresas encuestadas tienen más de cinco años de trabajo con BIM (Lacaze, 2021).

Además, en la encuesta realizada se menciona que el 11.1% de las empresas considera que su organización es experta en BIM, en comparación con el 20% revelado en Oriente Medio en 2018 (Lacaze, 2021).

### **2.7.1 Tipos de uso en América Latina y el Caribe**

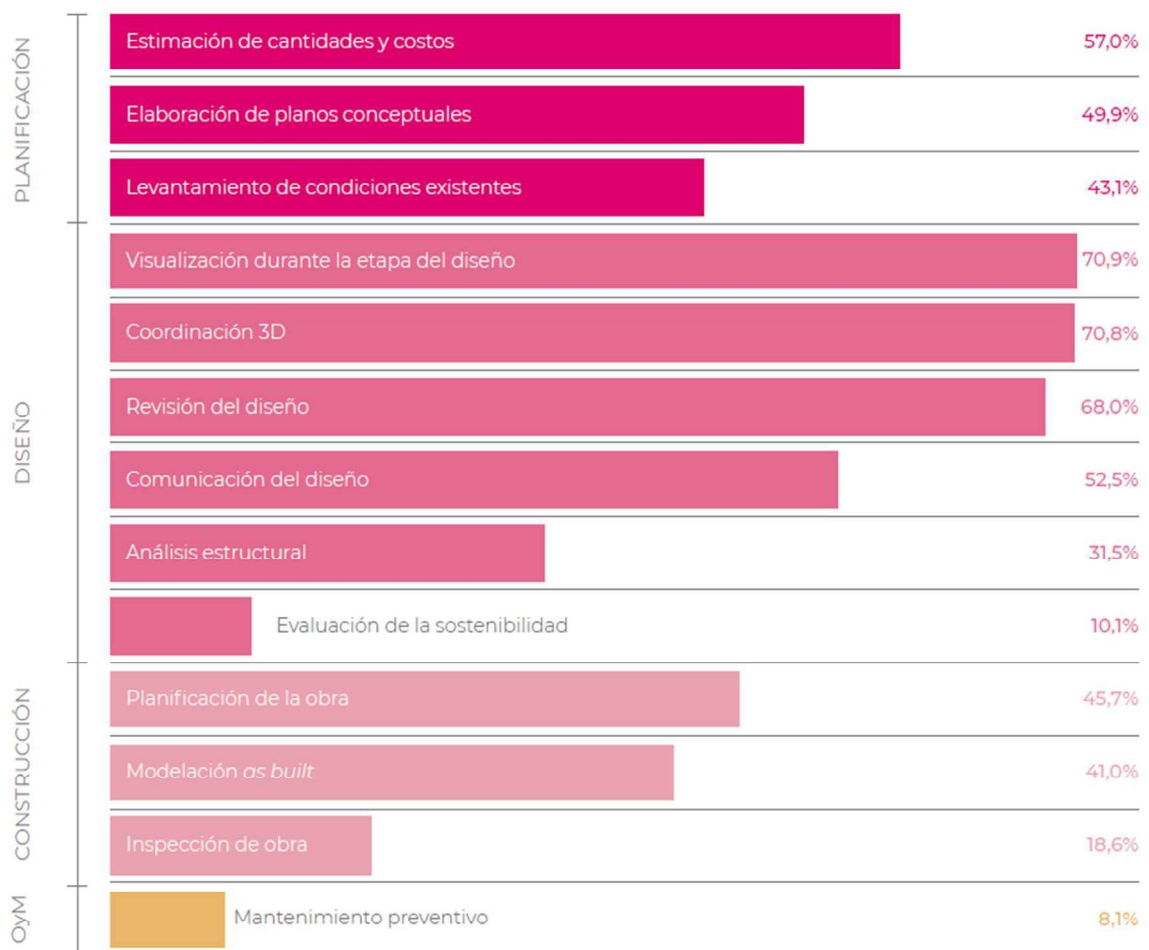
Se entiende por uso BIM a las distintas formas de utilizar el modelo paramétrico de la edificación según el propósito del proyecto.

El 57 % de usuarios utilizó el BIM para la estimación de cantidades y costos, el 49.9 % para la elaboración de planos conceptuales, el 43.1% para el levantamiento de condiciones existentes, el 70.9% para la visualización durante la etapa de diseño, el 70.8% para la coordinación 3D, el 68.0 % para la revisión del diseño, el 52.5 % para la comunicación del diseño, el 31.5 % para el análisis estructural, el 10.15 % para la evaluación de la sostenibilidad, el 45.7 % para la planificación de la obra, el 41.0% para la modelación as built, el 18.6 % para la inspección de obra y el 8.1% para el mantenimiento preventivo (Lacaze, 2021).

De la encuesta realizada, el uso BIM más utilizado es la visualización durante la etapa de diseño y coordinación 3D con el 71% y el poco utilizado es inspección de obra y mantenimiento preventivo con menos del 20 %.

Así mismo, se observa que el 57% de empresas utiliza el BIM para la estimación de cantidades y costos, también para la revisión de diseño 68 %.

**Figura 2** Usos BIM más frecuentes en América Latina



Fuente: (Lacaze, 2021)

Los usos BIM permiten la correcta gestión de la información según el objetivo de proyecto, por tal razón se recomienda establecer que uso se le dará al modelo paramétrico.

## **2.8 Norma ISO 19650**

La ISO es una organización internacional no gubernamental que desarrolla normas y estándares que pueden ser aplicados en cualquiera de los países que decidan adoptarlas (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

La metodología BIM permite la colaboración entre los miembros del equipo y las distintas disciplinas que intervienen en un activo construido que dura todo el ciclo de vida. Durante el proceso se hace uso de mucha información que resulta confuso cuando se intercambian entre los equipos de trabajo.

La norma ISO 19650 se define como un conjunto de normas internacionales que establecen los principios y requisitos para la adquisición, uso y gestión de la información en un proyecto de obra civil durante todo el ciclo de vida (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020).

La ISO 19650 trata sobre la organización de la información de obras de Ingeniería Civil que utilizan BIM. La norma establece las bases sobre la gestión de la información realizadas por las personas involucradas en el proyecto, utilizadas en todo el ciclo de vida de cualquier proyecto de construcción (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Se puede decir que la ISO 19650 es una serie de documentos guía para realizar la gestión de los procesos que se llevan a cabo para desarrollar un proyecto de construcción con BIM, así mismo la forma en cómo se reúnen y comunican las personas para establecer qué información es necesaria para alcanzar los objetivos propuestos.

### **2.8.1 Fases del proyecto en que se aplica la norma ISO 19650**

Estas normas fueron desarrolladas para dos fases que tiene un proyecto de construcción bajo la metodología BIM según (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020):

- La primera fase se utiliza para el diseño, construcción y uso de todo activo construido. La norma ISO 19650 la define como fase de desarrollo.

- La segunda fase se utiliza para la etapa de operación y mantenimiento del activo construido. La norma ISO 19650 la define como fase de operación.

### **2.8.2 Partes en que se divide la norma ISO 19650**

Se han publicado hasta la fecha 6 partes de la norma ISO 19650 divididas de la siguiente manera según (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023):

- ISO 19650-1: Conceptos y principios. Se establecen los principio y conceptos utilizados para la gestión y desarrollo de la información de un activo construido. Define las recomendaciones para la organización de todos los involucrados en el proyecto. Esta norma es aplicable a todo el ciclo de vida del activo construido.
- ISO 19650-2: Fase de desarrollo de los activos. Se definen los procesos y requisitos para la gestión de la información del activo construido en la fase de desarrollo.
- ISO 19650-3: Fase de operación de los activos. Se definen los procesos para el uso y gestión de la información del activo construido en la fase de operación.
- ISO 19650-4: Intercambio de información. Se establece y define el proceso para el intercambio y la producción colaborativa de la información del activo construido para cumplir con los requisitos del cliente.
- ISO 19650-5: Enfoque de la seguridad en la gestión de la información. Norma que define los requisitos de seguridad de la información producida del activo construido.
- ISO 19650-6: Información sobre seguridad y salud. Norma que define los requisitos para la producción y gestión de la información relacionado con la salud y seguridad.

### **2.8.3 Ventajas de utilizar las normas ISO 19650 en proyectos**

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de la norma ISO 19650 es regular la forma en cómo se desarrolla y distribuye la información de un proyecto de construcción trabajado con la metodología BIM. Así mismo, pretende disminuir el trabajo innecesario de los miembros del equipo al definir un conjunto de pasos a seguir para aumentar la eficiencia del trabajo y reducir los costos del proyecto en un entorno colaborativo.

Al aplicar de forma correcta la norma se obtiene algunos de los siguientes beneficios generales:

- Facilita el control de la información solicitada por el cliente.
- Establece la forma para la revisión de la información y los procesos de producción.
- La relación entre los objetivos definidos y los objetivos presentados.
- El intercambio de la información entre los distintos involucrados en el proyecto.
- Definir los roles BIM y las responsabilidades de cada miembro de trabajo.
- Mejora la comunicación y colaboración entre los miembros del equipo de trabajo
- Se reducen los riesgos al definir quienes pueden hacer uso de la información
- Aumenta la seguridad de la información al definir los procedimientos para el intercambio de la misma.

### **2.9 Uso de Estándares BIM en América Latina y el Caribe**

Los estándares son documentos guías que permite plasmar los criterios necesarios para gestionar la información del proyecto de construcción (Lacaze, 2021).

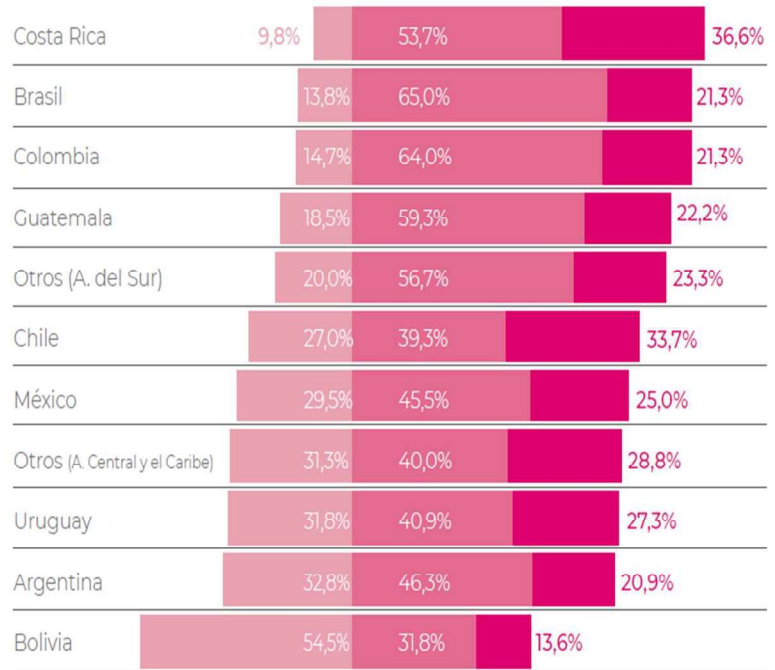
En la encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020, se observa que el 60.4 % (internos) de organizaciones han desarrollado sus propias guías y manuales para la implementación de la metodología BIM, por otra parte, el 26.4 % (comunes) utilizan estándares comunes como la ISO, BIM Fóruns locales e iniciativas gubernamentales y el 13.2 % no utilizan ningún estándar para el desarrollo del BIM en sus proyectos (Lacaze, 2021).



**Figura 3** Uso de estándares por país en América Latina

Gráfico 15 - *Uso de estándares por país*

■ No utilizan ■ Internos ■ Comunes



Fuente: (Lacaze, 2021)

Se observa en la figura 3 que en Guatemala el 18.5% de usuarios no utilizan ningún estándar, el 59.3 % usan sus propias guías y estándares y el 22.2 % usan estándares como la ISO y BIM Fóruns.

### 3 PROPUESTA DE INCORPORACIÓN AL PROGRAMA DE ESTUDIO

#### 3.1 Análisis y descripción del programa de curso de Costos, Presupuestos y Avalúos

El análisis y descripción del programa del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos que se imparten en la carrera de Ingeniería Civil de la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente CUNOC, tiene como finalidad definir de manera más clara los contenidos que se imparten y poder determinar los criterios necesarios para la incorporación de nuevos temas con el fin de que se adapten de mejor manera al programa de estudio establecido.

Con base a lo anterior, se describe la estructura del programa del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos correspondiente al primer semestre del 2023, así mismo se realiza una descripción los prerrequisitos del curso según lo establecido en el pensum de estudio de Ingeniería Civil vigente 2012 y sus modificaciones del Centro Universitario de Occidente CUNOC.

##### 3.1.1 Identificación general del curso

Incluye la información básica para que el estudiante conozca los requisitos necesarios para su asignación y los créditos que se otorga tras finalizar el contenido. En la tabla 1 se puede encontrar toda la información asignada al curso. La información variable hace referencia a que es cambiante durante el semestre y el año en el que se imparte el curso.

Los requisitos que son necesarios para la asignación del curso son 190 créditos totales y no es necesario tener aprobado una asignatura previa.

**Tabla 1** Identificación general del curso en el programa de estudio.

I. IDENTIFICACIÓN GENERAL DEL CURSO	
Nombre del curso	Costos, Presupuestos y Avalúos
Sección	
Prerrequisito	190 créditos
Carrera	Ingeniería Civil
Responsable	
Código	911

Horas de Docencia Directa/Indirecta	
Créditos	06
Ciclo	
Horario	

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.2 Descripción del curso

En este apartado se da a conocer al estudiante los detalles y de qué trata el curso, lo que se espera alcanzar, así como las competencias y habilidades al finalizar la asignatura.

**Tabla 2** Descripción del curso en el programa de estudio

II. DESCRIPCIÓN DEL CURSO
El curso proporciona al estudiante las habilidades y herramientas para alcanzar las competencias para Planificar, Organizar, Ejecutar, Supervisar y Monitorear proyectos de infraestructura.

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word

### 3.1.3 Competencias

En la parte III, se enumeran las competencias genéricas y específicas que el estudiante debe alcanzar al finalizar el curso. Entre ellas se mencionan capacidades para identificar, evaluar e implementar las tecnologías más apropiadas.

**Tabla 3** Competencias en el programa de estudio.

III. COMPETENCIAS
Competencias Genéricas CG1. Capacidad de aplicar los conocimientos en la practica CG2. Capacidad de identificar, plantear y resolver problemas CG3. Compromiso con la preservación del ambiente CG4. Capacidad de gestionar y formular proyectos CG5. Capacidad de investigación CG6. Compromiso con la actitud

Competencias Especificas

- CE1. Aplicación de las ciencias básicas y de área profesional de ingeniería civil
- CE2. Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles
- CE3. Identificar, evaluar e implementar las tecnologías más apropiadas para su contexto
- CE4. Proponer soluciones que contribuyan al progreso de las comunidades
- CE5. Prevenir y evaluar los riesgos en las obras de la ingeniería civil

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.4 Contenido

En la parte cuatro, se definen los contenidos del curso que inician con los antecedentes del trabajo de ingeniería, los aspectos legales, el análisis e integración de costos, presupuestos, programación de proyectos, análisis económico y social del riesgo de desastres y el cambio climático en la planeación de proyectos, introducción al modelado de la información de la construcción BIM e introducción a la valuación de bienes inmuebles.

En el contenido ya se incluye un apartado de introducción al modelado de la información de la construcción BIM, lo que indica que si se están incorporando nuevos temas al programa de acuerdo a las nuevas tecnologías que existe actualmente.

**Tabla 4** Contenidos en el programa de estudio.

IV. CONTENIDOS
1. Antecedentes del Trabajo de Ingeniería <ul style="list-style-type: none"><li>1.1. Generalidades</li><li>1.2. Razones para la Planeación de proyectos</li><li>1.3. Fases y procesos de un proyecto</li><li>1.4. Qué es gestión</li><li>1.5. Gestión de proyectos</li><li>1.6. Qué es la Ingeniería de Costos</li></ul>
2. Aspectos Legales <ul style="list-style-type: none"><li>2.1. Reglamentos de Construcción</li><li>2.2. Plan de Ordenamiento Territorial</li><li>2.3. Impuesto al valor agregado</li><li>2.4. Impuesto sobre la renta</li><li>2.5. Ley de contrataciones del estado</li><li>2.6. Registro General de Adquisiciones del Estado</li><li>2.7. Guatecompras</li><li>2.8. Timbre de Ingeniería</li></ul>

3. Análisis e integración de costos
3.1. Estructura Desglosada de Trabajo
3.2. Cuantificación
3.3. Costos Directos e Indirectos
4. Presupuestos
4.1. Precios Unitarios
4.2. Integración
4.3. Proyectos Individuales
4.4. Proyectos Urbanización
4.5. Prestaciones laborales
5. Programación de proyectos
5.1. Métodos de programación lineal
5.2. PERT-CPM
5.3. Diagrama de Gantt
5.4. Avance Físico-Financiero
5.5. Análisis Financiero de empresas constructoras
6. Análisis económico y social del Riesgo de Desastres y el Cambio Climático en la planeación de Proyectos
6.1. Análisis Económico de los Desastres en Guatemala
6.2. Importancia de la Adaptación al Cambio Climático y la Gestión Integral de Riesgo de Desastres en proyectos de Ingeniería
7. Introducción al Modelado de la Información de la Construcción (BIM)
7.1. Generalidades
7.2. Ejemplos prácticos
8. Introducción a la Valuación de Bienes inmuebles
8.1. Métodos de valuación
8.2. Aranceles timbre de ingeniería

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.5 Requisitos de asistencia

La parte V indica el porcentaje de asistencia que el estudiante debe de cumplir para lograr culminar con éxito el curso.

**Tabla 5** Requisitos de asistencia según programa de estudio.

V. REQUISITOS DE ASISTENCIA
80%

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.6 Recursos para el aprendizaje

La parte VI menciona los recursos utilizados para el aprendizaje, plataformas como Moodle, computadora, hojas de cálculo y BIM.

**Tabla 6** Recursos para el aprendizaje según programa de estudio.

VI. RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Moodle Computadora Hojas de calculo BIM

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.7 Cronograma de actividades

En la parte VII se encuentra el cronograma de actividades docente que utiliza el catedrático para establecer las fechas en la cual se impartirán los contenidos.

La unidad 7 que corresponde a la introducción al modelado de la información de la construcción BIM con fecha del 17 al 28 de abril del año 2023. Esto hace que se tenga un total de 11 días para dar una introducción a la metodología BIM.

**Tabla 7** Cronograma de actividades según plan de estudio.

VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DOCENTE					
Fecha de realización de actividad	Contenido	Estrategia de enseñanza (Actividades del docente)	Estrategias de aprendizaje (Actividades del estudiante)	Estrategias evaluativas y resultados de aprendizaje	Ponderación / acreditación
23 al 31 de enero	Unidad 1. Antecedentes del trabajo de ingeniería	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experiencias y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
01 al 10 de febrero	Unidad 2. Aspectos legales	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
13 al 28 de febrero	Unidad 3. Análisis e integración de costos.	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
01 al 17 de marzo	Unidad 4. Presupuestos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
20 a 31 de marzo	Unidad 5. Programación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
03 al 14 de abril	Unidad 6. Análisis económico y social del riesgo de desastres y el cambio climático en la planeación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
17 al 28 de abril	Unidad 7. Introducción al modelado de la información de la construcción BIM	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
01 al 05 de mayo	Unidad 8. Introducción a la valuación de Bienes Inmuebles	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

### 3.1.8 Cronograma de actividades de investigación y extensión

En la parte VIII que corresponde al cronograma de actividades de investigación y extensión, se tiene como parte del curso una investigación en la cual el estudiante deberá de buscar una estructura para realizar el modelado de la información y aplicar la metodología BIM.

La actividad tiene como fecha de inicio el 23 de enero al 05 de mayo del 2023 lo que indica que se tiene todo el semestre para realizar la investigación y poder aplicar la metodología BIM.

**Tabla 8** Cronograma de actividades de investigación y extensión en el plan de estudio.

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN				
Fecha de realización	Tema	Eje a ejecutar	Descripción de las actividades	Resultados Esperados
23 de enero al 05 de mayo 2023	Modelado de la información de la construcción.	Investigación	El estudiante deberá de buscar una estructura cualquiera que sea, edificio, vivienda, centro de salud, hospital, puente, carretera, etc.	Modelado (20pts)

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.



### 3.2 Descripción de los prerrequisitos del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos

En la malla curricular vigente 2012 y sus modificaciones, la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente CUNOC consta de 5 áreas de especialidad: Área de topografía y transportes(I), Área de estructuras (II), Área de construcciones civiles y materiales de construcción (III), Área de hidráulica y recursos hídricos (IV), Área de planeamiento (V), Área de ciencias básicas y complementarias (VI), Área de geofísica (VII), Área de administración (VIII) y el Área de EPS (IX).

**Figura 4** Pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones Centro Universitario de Occidente CUNOC



Fuente: <http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/>

**Tabla 9** Área de especialidad dentro del pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil.

<b>I</b>	Área de topografía y transportes
<b>II</b>	Área de estructuras
<b>III</b>	Área de construcciones civiles y materiales de construcción
<b>IV</b>	Área de hidráulica y recursos hídricos
<b>V</b>	Área de planeamiento
<b>VII</b>	Área de geofísica
<b>VIII</b>	Área de administración
<b>IX</b>	EPS

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

### 3.2.1 Ubicación del curso en el pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil

Dentro del pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil vigencia 2012 y sus modificaciones se ubica el curso de Costos, Presupuestos y Avalúos en el noveno semestre (9).

**Tabla 10** Ubicación del curso en el pensum de la carrera de Ingeniería Civil.

Semestre	9
Curso	Costos Presupuestos y Avalúos

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

### 3.2.2 Área de especialidad en la que se ubica

El curso de Costos, Presupuestos y Avalúos se ubica en el Área de Planeamiento (V) dentro del pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones.

**Tabla 11** Ubicación del curso en el área de especialidad de la carrera.

	Área
V	Área de planeamiento

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

### 3.2.3 Identificación del curso

Los cursos en el pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil se identifican con los siguientes datos:

1. **Curso:** Nombre del curso
2. **Código de curso:** Número con el cual se identifica el curso dentro del pensum de estudio.
3. **Código prerrequisito:** Número con el cual se indican los cursos previos necesarios.
4. **No. de créditos:** Número de créditos que se obtiene por el curso.
5. **No. de créditos prerrequisitos:** Número de créditos necesarios para llevar el curso.
6. **Curso obligatorio/optativo:** Indica si el curso es obligatorio u optativo para la carrera.

### 3.2.4 Prerrequisitos

Con base a lo establecido en el pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones, el curso de Costos, Presupuestos y Avalúos, únicamente tiene como prerrequisito un total de 190 créditos para su asignación y es obligatorio para la carrera de Ingeniería Civil.

También se puede mencionar que dentro del pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones no existe ningún curso que se relacione con la metodología BIM.

### 3.2.5 Resultado del análisis y descripción

Derivado del análisis y descripción del programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos del primer semestre del 2023 se puede establecer como resultado que dentro del contenido impartido existe una Introducción al Modelado de la Información de la Construcción BIM.

La introducción al modelado de la información de la construcción BIM corresponde al tema 7 dentro del programa de estudio del curso, dentro de este se presentan las generalidades y ejemplos prácticos como parte de la formación impartida a los estudiantes.

Adicionalmente dentro del programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos se encuentra una parte investigativa y extensión dedicado al Modelado de la Información de la construcción BIM en la cual se describe que el estudiante deberá de realizar el modelado BIM de una estructura cualesquiera.

De igual manera se puede decir que, en el pensum de estudio vigente 2012 y sus modificaciones de la carrera de Ingeniería Civil del Centro universitario de Occidente CUNOC no se existe ningún curso relacionado con la metodología BIM que facilite la incorporación de nuevos temas a los programas de cursos.

### **3.2.6 Criterios para la incorporación**

A partir de los resultados obtenidos del análisis y descripción del programa de curso se decide establecer los cambios siguientes:

- Dentro del programa de estudio del curso se realizará una ligera modificación al contenido 7 que corresponde a la Introducción al Modelado de la Información para la construcción BIM incorporando temas que se relacionen con la cuantificación.
- Los temas que se proponen pretenden orientar de mejor manera al docente para tener un contenido específico relacionado con el curso sin tener generalizar sobre la metodología BIM.

### **3.3 Temas propuestos**

Los temas que se presentan a continuación, tienen como finalidad orientar y organizar al docente sobre la cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado aplicado al modelado de la información de edificaciones BIM, así mismo, dichos temas se desarrollarán en la guía didáctica propuesta.

### **3.3.1 Introducción a la metodología BIM**

#### **3.3.1.1 Generalidades**

Como tema principal se propone dar una introducción a la metodología BIM, para dar a conocer a los estudiantes los conceptos sobre el BIM, los usos que se le pueden dar, el impacto que se tiene en la industria de la construcción y en general los beneficios que se tienen al implementarlo en los proyectos.

#### **3.3.1.2 Introducción a la norma ISO 19650**

Así mismo, se propone dar una introducción a las normas ISO 19650 para que el estudiante tenga los conocimientos básicos para la gestión de la información al utilizar la metodología BIM, y comprender los principios que establece la norma, el desarrollo y producción de la información, el nivel de desarrollo LOD y los requisitos del proyecto a través de un Plan de Ejecución BIM BEP, entre otros aspectos.

#### **3.3.1.3 Caso de estudio Edificio de Ingeniería Módulo G**

Se propone un caso de estudio con el cual el estudiante pueda desarrollar y aplicar todo el contenido aprendido, modelando el edificio en un programa BIM, gestionar la información del modelo y poder extraer tablas de cuantificación de materiales.

#### **3.3.1.4 Modelado BIM del Edificio de Ingeniería con Revit Estructura**

Dentro del caso de estudio, se continua con la propuesta de utilizar la herramienta AutoDesk Revit para realizar el modelado BIM, lo que implica el uso de la plantilla estructural y modelar toda la parte de la cimentación, columnas, vigas, losas, etc.

### **3.3.1.5 Gestión de la información del modelo**

Durante el modelado se procede a gestionar toda la información del modelo, de acuerdo a un plan de ejecución BIM BEP que indique los objetivos propuestos del proyecto, además, se hace uso de parámetros, filtros y plantillas de vistas para una mejor presentación del proyecto, así poder generar tablas de planificación y extraer las cantidades de materiales.

### **3.3.1.6 Tablas de cuantificación de materiales de construcción**

Después de finalizar el modelado BIM y al gestionar toda la información a través de parámetros, se procede la extracción de tablas de planificación con la cual se pueden extraer las cantidades de materiales de concreto y acero.

### **3.3.1.7 Exportación de tablas de cuantificación**

Cuando se finaliza el modelado y la gestión de la información se procede a exportar todas las tablas de planificación para ser utilizados para la creación de presupuestos.

### **3.3.2 Vigencia de los contenidos propuesto**

Debido a la innovación tecnológica aplicado a la metodología BIM y a los posibles cambios a las normas, los temas propuestos en conjunto con la guía didáctica, para la presente investigación, el contenido presentado tendrá una duración de cinco años, pasado ese tiempo se tendrá que realizar una evaluación adicional para verificar los cambios surgidos.

### **3.4 Propuesta de integración de temas al programa de curso**

A continuación, se presentará el programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos con los temas propuestos incorporados al contenido.

**Tabla 12** Contenidos del curso en la propuesta de plan de estudio.

<b>I. CONTENIDOS</b>
<p>1. Antecedentes del Trabajo de Ingeniería</p> <p>1.1.Generalidades</p> <p>1.2.Razones para la Planeación de proyectos</p> <p>1.3.Fases y procesos de un proyecto</p> <p>1.4.Qué es gestión</p> <p>1.5.Gestión de proyectos</p> <p>1.6.Qué es la Ingeniería de Costos</p>
<p>2. Aspectos Legales</p> <p>2.1.Reglamentos de Construcción</p> <p>2.2.Plan de Ordenamiento Territorial</p> <p>2.3.Impuesto al valor agregado</p> <p>2.4.Impuesto sobre la renta</p> <p>2.5.Ley de contrataciones del estado</p> <p>2.6.Registro General de Adquisiciones del Estado</p> <p>2.7.Guatecompras</p> <p>2.8.Timbre de Ingeniería</p>
<p>3. Análisis e integración de costos</p> <p>3.1.Estructura Desglosada de Trabajo</p> <p>3.2.Cuantificación</p> <p>3.3.Costos Directos e Indirectos</p>
<p>4. Presupuestos</p> <p>4.1.Precios Unitarios</p> <p>4.2.Integración</p> <p>4.3.Proyectos Individuales</p> <p>4.4.Proyectos Urbanización</p> <p>4.5.Prestaciones laborales</p>
<p>5. Introducción a la metodología BIM</p> <p>5.1.Generalidades</p> <p>5.2.Introducción a la norma ISO 19650</p> <p>5.3.Caso de estudio Edificio de Ingeniería Módulo G.</p> <p>5.4.Modelado BIM del Edificio de Ingeniería con Revit Estructura</p> <p>5.5.Gestión de la información del modelo</p> <p>5.6.Tablas de cuantificación de materiales de construcción</p> <p>5.7.Exportación de tablas de cuantificación</p>
<p>6. Programación de proyectos</p> <p>6.1.Métodos de programación lineal</p> <p>6.2.PERT-CPM</p> <p>6.3.Diagrama de Gantt</p>

6.4. Avance Físico-Financiero
6.5. Análisis Financiero de empresas constructoras
7. Análisis económico y social del Riesgo de Desastres y el Cambio Climático en la planeación de Proyectos
7.1. Análisis Económico de los Desastres en Guatemala
7.2. Importancia de la Adaptación al Cambio Climático y la Gestión Integral de Riesgo de Desastres en proyectos de Ingeniería
8. Introducción a la Valuación de Bienes inmuebles
8.1. Métodos de valuación
8.2. Aranceles timbre de ingeniería

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

**Tabla 13** Cronograma de actividad del curso propuesto en el plan de estudio.

<b>II. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DOCENTE</b>					
Semanas	Contenido	Estrategia de enseñanza (Actividades del docente)	Estrategias de aprendizaje (Actividades del estudiante)	Estrategias evaluativas y resultados de aprendizaje	Ponderación/ acreditación
Semana 1	Unidad 1. Antecedentes del trabajo de ingeniería	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experiencias y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 2	Unidad 2. Aspectos legales	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 3	Unidad 3. Análisis e integración de costos.	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 4	Unidad 4. Presupuestos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 5	Unidad 5. Introducción a la metodología BIM	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10



Semana 6	Unidad 6. Programación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 7	Unidad 7. Análisis económico y social del riesgo de desastres y el cambio climático en la planeación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Semana 8	Unidad 8. Introducción a la valuación de Bienes Inmuebles	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
Total					80

Fuente: Adaptada del programa de estudio del curso, primer semestre 2023, Microsoft Word.

**Tabla 14** Cronograma de actividad de investigación propuesto en el plan de estudio.

<b>III. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN</b>				
<b>Fecha de realización</b>	<b>Tema</b>	<b>Eje a ejecutar</b>	<b>Descripción de las actividades</b>	<b>Resultados Esperados</b>
Inicio hasta el final del semestre	Gestión y cuantificación de materiales de construcción utilizando la metodología BIM y la norma ISO 19650	Investigación	El estudiante deberá de buscar una estructura cualquiera que sea, edificio, vivienda, centro de salud, hospital, puente, carretera, etc.	Modelado (20ts)

<b>Contenido</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción de actividades</b>	<b>Ponderación</b>
1	Introducción a la metodología BIM	Conocer las generalidades de la metodología, Nivel de Desarrollo, usos y Roles BIM, entre otros.	4 pts.
2	Introducción a las Normas ISO 19650	Generalidades y partes de la norma ISO, Objetivos, principios de la gestión de la	4 pts.

		información, realizar un plan de ejecución BIM-BEP del proyecto.	
3	Modelado de la Información de un caso de estudio	Realizar el modelado de la información de una edificación para la cuantificación de materiales con herramienta BIM.	4 pts.
4	Gestión de la información del modelo	Gestionar la información del modelo de acuerdo a los objetivos establecidos en el Plan de Ejecución BIM-BEP del proyecto.	4 pts.
5	Cuantificación de materiales de construcción	Generar las cantidades de los materiales de construcción en el modelo de la edificación.	4 pts.
		Total	20 pts.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

## **4 GUÍA DIDÁCTICA PARA LA GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO MODELADO CON LA METODOLOGÍA BIM Y LA NORMA ISO 19650**

### **4.1 Introducción**

A lo largo de la historia, la industria de la construcción ha pasado por una serie de etapas debido a los constantes cambios que se tienen gracias a la evolución tecnológica, desde la utilización de herramientas simples y trabajos manuales, hasta la utilización de impresoras 3D para la edificación.

Al día de hoy, las nuevas tecnologías están siendo cada vez más importantes para el diseño, construcción y mantenimiento de edificios, que hacen que las industrias tengan que adaptarse a los cambios.

Uno de los cambios más importantes que ha tenido la industria de la construcción a nivel mundial, es la utilización del Modelamiento de la Información de Edificaciones BIM, esto permite a los ingenieros, arquitectos y constructores en general, la utilización de la metodología colaborativa de trajo y de herramientas para la creación de modelos en tres dimensiones que almacenan toda la información del proyecto de manera más eficiente y utilizarla para la planificación, diseño, construcción y hasta el mantenimiento de edificios.

La presente guía tiene como finalidad servir de apoyo a los docentes y estudiantes del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos de la carrera de Ingeniería Civil de la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente CUNOC, en el desarrollo de sus conocimientos sobre la gestión de la información y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelados con la metodología BIM.

## **4.2 Objetivos**

### **4.2.1 Objetivo general**

Presentar las definiciones y conceptos para la gestión de la información de los modelos BIM para la cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado, así mismo facilitar la comprensión y orientación al lector sobre la implementación de la norma internacional ISO 19650, las cuales proporcionan los lineamientos para el almacenamiento e intercambio de la información de cualquier proyecto de construcción desarrollados bajo la metodología BIM.

### **4.2.2 Objetivos específicos**

- Presentar los conceptos y definiciones sobre el modelado de la información de edificaciones, los usos que se le puede dar a la metodología BIM para que el lector tenga una idea general sobre la importancia de dicha metodología colaborativa de trabajo.
- Proporcionar una introducción sobre la norma internacional ISO 19650 para la gestión de la información de los proyectos desarrollados bajo la metodología BIM.
- Presentar un Plan de Ejecución BIM – BEP, documento en donde se establecen los requisitos y estrategias para la gestión de la información y cuantificación de materiales de construcción según lo especificado en la norma ISO 19650.
- Realizar la gestión y cuantificación de materiales de construcción de un edificio de concreto armado modelado con herramientas BIM para extraer tablas de planificación.

## **4.3 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)**

### **4.3.1 Revolución industrial y tecnológicas**

Es necesario hablar de la revolución industrial como un proceso de transformaciones económicas y principalmente tecnológicas a lo largo de los años.

El progreso de la humanidad ha ido en crecimiento debido en gran parte, a los avances tecnológicos, dando lugar a cuatro revoluciones industriales que se conocen hasta la fecha:

- Primera revolución industrial: la era de la mecanización, se inventó la máquina de vapor y se creó la producción mecánica gracias a la utilización de la energía de vapor.
- Segunda revolución industrial: la era de la electricidad, se creó la producción en masa, automatización de maquinaria simplificando los procesos industriales.
- Tercera revolución industrial: la era de la informática, descubrimiento y la invención de la computadora que automatizó aún más los procesos industriales, se creó la Tecnología de la Información y Comunicación TIC.
- Cuarta revolución industrial: la era de la digitalización, la conectividad desde un dispositivo a otro en tiempo real a través del internet, la robótica que simplifica varias actividades en los procesos industriales, drones, etc. También llamado industria 4.0.

### **4.3.2 Construcción 4.0**

A partir de la industria 4.0 se creó un nuevo concepto llamado Construcción 4.0 que promueve un cambio de paradigma en la construcción, como un conjunto de tecnologías interdisciplinarias que digitalizan, automatizan e integran el proceso de construcción (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Se puede decir que la Construcción 4.0 es la iniciativa de utilizar tecnologías creadas a partir de la industria 4.0 con el fin de cambiar el modelo de negocios de la industria de la construcción.

Las empresas de la industria AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) ven como una oportunidad utilizar nuevas tecnologías y herramientas digitales para optimizar y mejorar el concepto de la construcción en modelos 3D (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Aplicar la construcción 4.0 en los proyectos significa utilizar tecnologías y herramientas como la Internet de las cosas, Big Data, Robótica, Drones entre otros, para crear un modelo digital que contenga información por medio de softwares de modelado que permita la interoperabilidad entre distintas disciplinas y mejorar el trabajo colaborativo gracias a modelos BIM. (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023)

Existe muchas tecnologías que buscan cambiar la industria de la construcción, y la metodología BIM es parte de ella, que pretende transformar y optimizar la forma en cómo se construyen las edificaciones al día de hoy.

### **4.3.3 BIM**

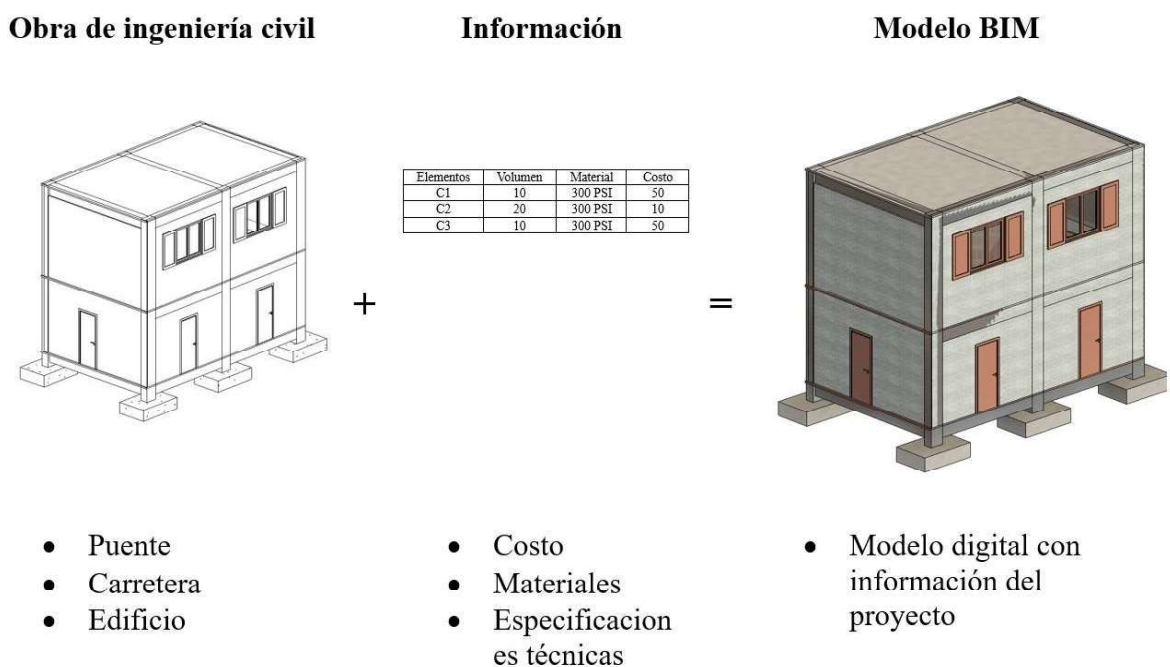
BIM es el acrónimo de Building Information Modeling que significa el modelado de la información de una edificación.

#### **4.3.3.1 ¿Qué es BIM?**

La metodología BIM se entiende como una forma de trabajo colaborativo, en el cual la información de una edificación se almacena en un modelo digital que permite la gestión del proyecto por todos los equipos de trabajo. Otras definiciones del BIM son las siguientes:

Agebim lo define como “Building Information Modeling (BIM) como el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación al proporcionar una base confiable para la toma de decisiones” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020).

**Figura 5** Representación gráfica del Building Information Modeling



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Así mismo, BuildingSMART define al BIM como “Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción” (BuildingSMART Spain, s.f., Párrafo primero).

Según BuildingSMART, “Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes” (BuildingSMART Spain, s.f., Párrafo segundo).

El BIM es una metodología colaborativa de trabajo que permite la creación y gestión de un proyecto de construcción. Toda la información del proyecto se almacena en un modelo digital 3D creado por todas las disciplinas involucradas (Arquitectura, Estructura, Eléctrica, Sanitaria, etc.).

### 4.3.3.2 Ciclo de vida de un proyecto BIM

Todos los proyectos que se crean pasan por una serie de etapas para lograr alcanzar el objetivo propuesto.

El ciclo de vida en BIM es de suma importancia, el proyecto pasa por múltiples fases desde la idea inicial, el diseño, la construcción, operación y mantenimiento hasta la fase de rehabilitación o demolición (figura 6) (BIM Forum Uruguay, s.f.).

Figura 6 Ciclo de vida de un proyecto



Fuente: (BIM Forum Chile, 2017, pág. 10)



#### **4.3.3.3 Breve historia del BIM**

En 1975, el profesor Charles M. Eastman publicó un documento titulado “Un esquema del sistema de descripción del edificio” en donde se menciona que muchos de los costos de diseño, construcción y edificación se originan de la dependencia de los dibujos y descripción del edificio (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

En su investigación, Eastman describe que por medio de sistemas informáticos se puede manipular y almacenar información de un proyecto, esto permite agilizar el diseño, el análisis operativo y construcción considerando al edificio como un conjunto de elementos en un componente espacial (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

En su trabajo, Charles M. Eastman estableció que los planos de plantas y secciones de un edificio se podrían generar a través de un modelo 3D.

En 1982 se creó la primera aplicación BIM y gracias al uso de computadoras Apple se desarrolló en 1984 el software Radar CH por Graphisoft exclusivamente para ese sistema operativo, posteriormente en 1987 se lanzó una versión llamada ArchiCAD considerado el primer software BIM para computadoras portátiles (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Años más tarde, en 1997 se creó la empresa Charles River Software fundada por Leonid Raiz e Irwin Jungreis, cuyo interés es modelar elementos paramétricos con el fin de documentar el modelo del proyecto con información gráfica y no gráfica. En 2000, la compañía se cambió de nombre a Revit Technology Corporation y lanzó a la primera versión de Revit en el mismo año (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

En años posteriores se continuó con el desarrollo de herramientas para el modelado BIM utilizados hasta la fecha, aportando muchos beneficios al sector construcción a nivel mundial.

#### **4.3.3.4 Beneficios del BIM**

La utilización de herramientas y metodología BIM en los proyectos de construcción tiene múltiples beneficios, pero se destacan dos grandes categorías que se mencionan a continuación según (BIM Forum Chile, 2017):

- **Beneficios para los usuarios**

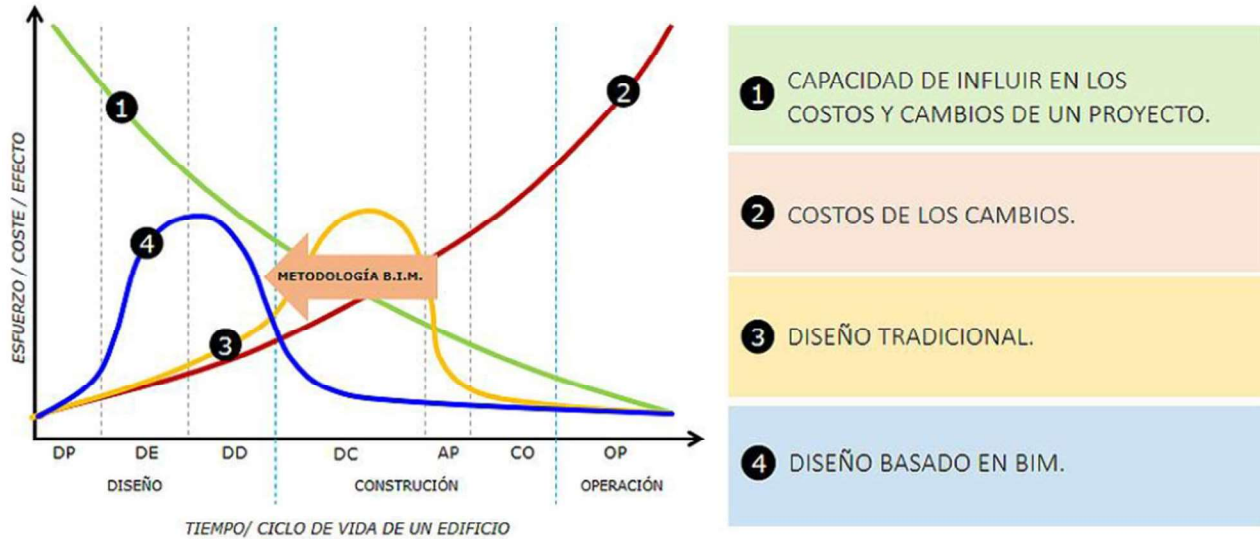
En general, para los usuarios que utilizan herramientas y la metodología BIM pueden tener un orden y mejora en la productividad, un incremento en el rendimiento y una disminución en los plazos y control de las tareas en la planificación así mismo pueden tener un modelo que permita la cuantificación y visualización del edificio de una manera rápida (BIM Forum Chile, 2017).

- **Beneficios para el proyecto**

Si bien la implementación de la metodología BIM en los proyectos supone un mayor esfuerzo y capacitación de los equipos de trabajo para poder desarrollar la fase de diseño esto se retribuye gracias a la posibilidad de tener un modelo digital con la información y poder realizar ensayos, simulaciones y otros análisis que permiten tomar mejores decisiones antes de que se construya la edificación. Así mismo, permite realizar modificaciones en el diseño para facilitar la documentación y a la actualización automática del modelo (BIM Forum Chile, 2017).

Existe una gráfica (figura 7) presentado por Patrick MacLeamy en donde se muestra que la temprana toma de decisiones al inicio del proyecto en la fase de diseño requiere de un mayor esfuerzo, pero se obtiene un mejor beneficio a lo largo del ciclo de vida (BIM Forum Chile, 2017).

Figura 7 Curva de McLeamy



Fuente: (BIM Forum Chile, 2017, pág. 21)

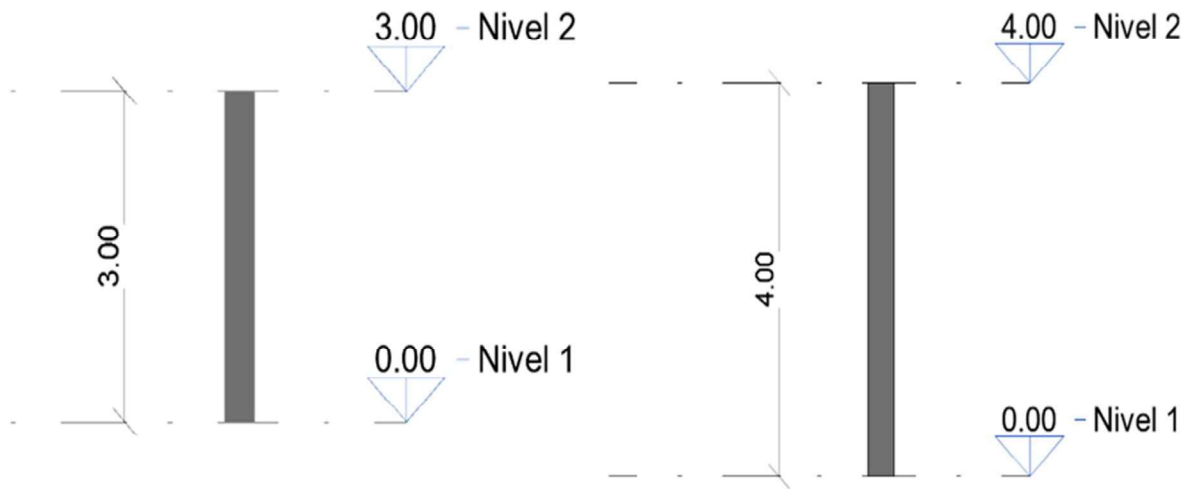
#### 4.3.3.5 Diferencias entre CAD y BIM

AutoDesk establece la siguiente diferencia: “Cuando se utiliza CAD para el diseño de edificios, uno se centra en la creación de dibujos. Con BIM, es posible centrarse en crear un modelo de construcción, a partir del cual se pueden generar los dibujos “(Autodesk, s.f., Párrafo primero).

Se puede mencionar que BIM está orientada a objetos y es paramétrico, es decir, cada objeto tiene relación con otros elementos dentro del modelo, y estas relaciones son dinámicas (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Por ejemplo, si se dibuja una columna (Figura 8) a un nivel asociado y luego se cambia la altura del nivel, la columna asociada y su altura se ajustan automáticamente.

**Figura 8** Objeto paramétrico en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit.

Otra diferencia es que los elementos BIM tienen propiedades que describen su naturaleza, es decir, sus dimensiones, materiales, costo, función, entre otros atributos (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Cabe mencionar que las propiedades asociadas a cada objeto son casi ilimitadas, eso es un valor único de BIM y el uso puede ser infinito.

Es importante comprender que un modelo CAD 3D se pueden definir geoméricamente los elementos y dimensiones de una pieza para poder construirlo, pero en un modelo BIM los elementos no solo tienen parámetros de las dimensiones, sino que también se tiene información no gráfica, parámetros asociados a los objetos que alimentan el modelo completo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

**Figura 9** Objeto CAD y Objeto BIM.



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit.

Las propiedades de los objetos BIM pueden ser utilizados para filtrar información dentro del modelo y realizar operaciones como cuantificación de cantidades, mostrar objetos con los mismos atributos, etc. Estas búsquedas permiten identificar fallas en el modelo y corregirlas antes de que inicia la construcción, esa es otra gran ventaja ante los objetos CAD y esa es la esencia del BIM.

Así mismo, las propiedades de los objetos BIM se pueden utilizar como fuente de identificación, y así hacer búsquedas basadas en lógicas para identificar elementos con una clasificación en particular. A continuación, se presentan otras diferencias importantes entre CAD y BIM según (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023):

1. En un modelo CAD se necesita actualizar información al realizan un cambio, en BIM se actualiza automáticamente la información al modificar los elementos.
2. En un modelo CAD se extrae cantidades de forma manual, en BIM se generan y se extraen automáticamente.
3. Los formatos de entregas de los modelos CAD son pocos, mientras que los modelos BIM permiten ser exportados a múltiples formatos.
4. Los modelos BIM permiten trabajar de manera colaborativa y facilitan la integración de las distintas disciplinas involucradas en el proyecto.

#### **4.3.3.6 El proceso BIM**

El proceso BIM además de proporcionar una representación digital en 3D del proyecto, también presenta un modelo dinámico que contiene la mayor información posible de todas las disciplinas trabajadas de forma colaborativa y en tiempo real. Dicho de otra manera, representa de manera digital el ciclo de vida del proyecto desde la fase de planeación, hasta la remodelación o mantenimiento de la construcción y que tenga la capacidad de intercambiar la información a otros sistemas o modelos digitales (interoperabilidad).

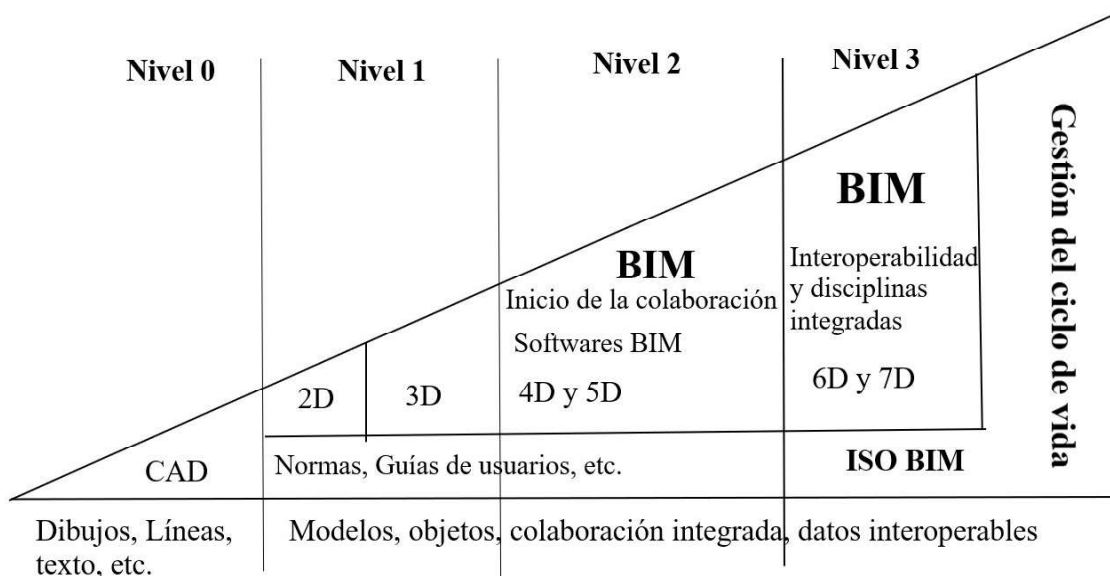
Toda la información del proyecto se almacena en un modelo digital federado que permiten visualizar los componentes físicos del proyecto. Pueden trabajar múltiples disciplinas de forma colaborativa en un proyecto BIM, a continuación, se mencionan algunos (BIM Forum Uruguay, s.f.):

- Arquitectura
- Estructura
- Instalaciones Sanitarias
- Instalaciones Eléctricas
- Instalaciones Mecánica
- Propietarios
- Fabricantes

#### **4.3.3.7 Nivel de madurez BIM**

El nivel de madurez es una herramienta estandarizada que permite medir o conocer el grado de implementación BIM en el proyecto. Esta herramienta es una escala que se utilizará para reconocer de manera fácil y rápida la fase en la que se encuentra el proyecto con respecto al uso del BIM (Figura 10).

**Figura 10** Nivel de madurez BIM



Fuente: Adaptada de (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023)

- **Nivel 0**

En este nivel no existe ninguna colaboración entre las disciplinas involucradas en el proyecto y los dibujos son en 2D elaborados en CAD. En otras palabras, el desarrollo de la información del proyecto se realiza con herramientas CAD (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Se puede decir que es la forma tradicional en la cual se desarrolla un proyecto, y en que los involucrados no conocen la metodología BIM.

- **Nivel 1**

En este nivel, se empiezan a trabajar con modelos 2D y 3D, herramientas para la concepción del proyecto y los modelos 2D para la generación de los planos y documentación, la colaboración entre los involucrados es poca y se realiza a través de la nube (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Este nivel también es conocido como “Lonely BIM” y hace referencia a que los involucrados en el proyecto utilizan herramientas BIM sin que exista el intercambio de información entre los modelos de manera simultánea.

- **Nivel 2**

En este nivel, se inicia con el trabajo colaborativo entre las distintas disciplinas (Arquitectura, Estructura, Eléctrica, Mecánica, Hidrosanitario, etc.), pero en diferentes modelos, es decir, no se trabaja con un único modelo compartido, sino que cada involucrado desarrolla su trabajo de forma individual (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

La forma en cómo se transfiere la información es por medio de un formato de archivo común llamado IFC (Industry Foundation Class) y posteriormente, los modelos separados se ensamblan para formar un único modelo. Cabe mencionar que los modelos se generan completamente por herramientas BIM y toda la información y documentación se extrae directamente de dicho modelo dinámico.

- **Nivel 3**

Se da una colaboración total y se trabaja con un único modelo compartido en tiempo real entre todos los involucrados en donde pueden acceder y modificar dicho modelo sin ningún problema (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **4.3.3.8 Dimensiones del BIM**

El ciclo de vida de un proyecto es un conjunto de etapas por las cuales pasa desde su inicio hasta su final y comienza con una idea y termina en la construcción. Actualmente en BIM el ciclo de vida de un proyecto pasan por 7 fases llamadas dimensiones (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).



**Figura 11 Dimensiones del BIM**

<b>1D</b>	<b>2D</b>	<b>3D</b>	<b>4D</b>	<b>5D</b>																																																																																					
<b>IDEA</b>	<b>BOCETO</b>	<b>MODELOS</b>	<b>PLANIFICACION</b>	<b>PRESUPUESTO</b>																																																																																					
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">PLANIFICACIÓN</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> </tr> <tr> <th>Componentes</th> <th>Cantidad</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> <th>Fecha y hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>C1</td><td>20.00</td><td>m²</td><td>0.41</td><td></td></tr> </tbody> </table>	PLANIFICACIÓN					A	B	C	D	E	Componentes	Cantidad	Unidad	Valor	Fecha y hora	C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.41		C1	20.00	m²	0.00		C1	20.00	m²	0.41		C1	20.00	m²	0.41		C1	20.00	m²	0.41		C1	20.00	m²	0.41		C1	20.00	m²	0.41		
PLANIFICACIÓN																																																																																									
A	B	C	D	E																																																																																					
Componentes	Cantidad	Unidad	Valor	Fecha y hora																																																																																					
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						
C1	20.00	m²	0.00																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						
C1	20.00	m²	0.41																																																																																						

<b>6D</b>	<b>7D</b>
<b>SOSTENIBILIDAD</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

- Dimensión 1D – Idea del proyecto**

Es la idea inicial del proyecto. En esta dimensión se establece lo que se quiere hacer, ya sea la construcción de una casa, de un edificio, de un puente, etc.

La dimensión 1D incluye el concepto de diseño y el tipo de estructura a utilizar, geometría preliminar, costos relacionados con el movimiento de tierras y también se recopila la información para realizar un plan de ejecución preliminar (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 2D - Boceto**

En la dimensión 2D se empieza a realizar el boceto preliminar del proyecto con algunas características geométricas para tener un diseño conceptual. También se realizan planos 2D junto con la documentación respectiva, se definen los materiales a utilizar, el flujo de trabajo y las etapas del ciclo de vida que tendrá el proyecto (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 3D - Modelos**

Es el modelado de la información. Con toda la información de las fases anteriores se realiza lo que es el modelo 3D que servirá como punto inicial para el ciclo de vida del proyecto.

La información se obtiene por medio de las diferentes tecnologías que existe para generar modelos geométricos de las distintas disciplinas de forma independiente para luego integrarlo en un modelo 3D permitiendo la colaboración. También se realizan los renderizados, animaciones y recorridos del proyecto y se empieza con la coordinación para la detección de interferencias entre las especialidades que integran el modelo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 4D – Planificación**

Es el tiempo y planificación del proyecto. Se establece la planificación temporal, es decir, la duración del proyecto y la programación de las etapas de construcción.

En la dimensión 4D se empieza a notar la diferencia entre proyectos realizados de manera tradicional, con los realizados bajo la metodología BIM. Es fundamental contar con toda la información acerca de los procesos, los análisis, la construcción, los recursos materiales disponibles, personal y tiempos establecidos para lograr alcanzar los objetivos propuestos del proyecto (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 5D – Presupuesto**

Es el costo del proyecto. En la dimensión 5D se establece la cuantificación y el presupuesto.

Se realizan estudios de viabilidad económica, se hace el presupuesto del proyecto, también el modelo conceptual en tiempo real que tenga relación con la inversión y el retorno. Es importante también que el modelo tenga el nivel de desarrollo adecuado, con toda la información de proyecto que se relacionen con la cuantificación (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 6D – Sostenibilidad**

Sostenibilidad y simulación. Se evalúa la sostenibilidad social, económica y ambiental, simulaciones del comportamiento energético y posibles alternativas del proyecto. Esta dimensión también se conoce como BIM verde (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **Dimensión 7D – Mantenimiento y operación**

Gestión operativa y mantenimiento. Se realizan las gestiones para la inspección, conservación y mantenimiento del proyecto durante su vida útil.

Es importante mencionar que en la dimensión 7D se puede definir los métodos y procedimientos para el mantenimiento de la infraestructura después de ser construidos, se generan herramientas para el monitoreo y reparaciones preventivas y rutinarias. Una buena gestión y operación del proyecto permite mejorar la vida útil de la edificación (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### 4.3.3.9 Usos BIM

La metodología BIM como se ha mencionado anteriormente no solo representa un modelo digital en 3D del edificio, sino también se pueden obtener información detallada de lo que necesita el proyecto.

Se define a los usos BIM como “métodos de aplicación del BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos “ (Planbim, 2021, pág. 52).

**Los usos BIM responde a la pregunta:** ¿en qué vamos a utilizar el BIM en nuestro proyecto?

La Universidad Estatal de Pensilvania ha elaborado el documento titulado *Project Execution Planning Guide, Versión 3*, en la cual se describen los usos del BIM.

Según la Universidad de Pensilvania, los usos BIM están separados de acuerdo a las cuatro etapas que tiene un proyecto de construcción:

- Planificación
- Diseño
- Construcción
- Operación

Existen usos BIM para cada etapa y otras se comparten entre más de una etapa del proyecto (Figura 12).

**Figura 12 Usos BIM**

Planificación	Diseño	Construcción	Operación
Captura de las condiciones existentes			
Modelos de diseño			
Análisis de requisitos de programas			
Estimación de costos			
Generación de modelo 4D			
Análisis y rendimiento energético			
Análisis y rendimiento estructural			
Análisis y rendimiento de la iluminación			
Coordinación de modelos de diseño			
Revisión de modelos de diseño			
Análisis del rendimiento de la sustentabilidad			
Desarrollo de documentos de construcción			
Modelo logístico del sitio de construcción			
Modelo de sistemas de construcción temporal			
		Fabricación de elementos	
		Construcción del diseño	
		Compilación de modelo	
			Mantenimiento y monitoreo
			Monitoreo de activos
			Monitoreo de la utilización de espacios
			Monitoreo del rendimiento del sistema

Fuente: Adaptada de (PennState College of Engineering, 2024)

A continuación, se presentan los usos BIM, los potenciales beneficios, recursos y capacidades necesarias establecidos en el documento *Project Execution Planning Guide, versión 3* elaborado por la universidad de Pensilvania (PennState College of Engineering, 2024):

### 1. Captura de las condiciones existentes

Se utiliza para la captura de la información y así desarrollar un modelo 3D de las condiciones existentes para un sitio, sus instalaciones y para un área en específico. Para capturar la información se utilizan equipos especializados como, por ejemplo, el escáner laser, la fotogrametría o equipos topográficos. El modelo puede tener varios niveles de información según los objetivos del proyecto. (PennState College of Engineering, 2024).

#### Potenciales beneficios

- Proporciona información detallada para el diseño.
- Usos con el objetivo de visualización.
- Para la verificación de cantidades para fines de presupuesto.

### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.
- Escáner laser 3D.
- Equipos topográficos.

### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento sobre herramientas de modelado BIM.
- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento sobre topografía y equipos para levantamiento de la información.
- Capacidad para establecer el nivel de desarrollo necesario según el objetivo del proyecto.

## **2. Modelos de diseño**

Uso BIM para desarrollar un modelo 3D con información y atributos para el diseño de instalaciones y así aprovechar una biblioteca de elementos de diseño paramétrico (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Ayuda en mejorar el control y calidad del diseño, costos y cronograma.
- Transparencia del diseño para todas las partes interesadas.
- Permite la visualización del diseño.

### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimientos sobre métodos de construcción.

### **3. Análisis de los requisitos de programa**

Uso BIM en la cual se utiliza software especial para la evaluación del desempeño en el diseño con respecto a los requisitos espaciales. El modelo BIM permite a los equipos de trabajo analizar el espacio y regulaciones espaciales (PennState College of Engineering, 2024).

#### **Potenciales beneficios**

- Permite la evaluación eficiente y precisa del desempeño de los requisitos espaciales.

#### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM

#### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.

### **4. Estimación de costos**

Uso BIM utilizado para la generación de cálculo de cantidades y estimación de costos durante todo el ciclo de vida del proyecto. Permite al equipo de trabajo ver los efectos de los costos cuando se realizan cambios durante las fases del proyecto, lo que ayuda a detectar los sobre costos debido a las modificaciones realizadas (PennState College of Engineering, 2024).

#### **Potenciales beneficios**

- Cuantificación con mejor precisión los materiales.
- Permite generar con mayor rapidez las cantidades en beneficio de la toma de decisiones.
- Ayuda a representar visualmente el proyecto y los elementos constructivos que deben de calcularse en las cantidades de materiales.
- Exportación más fácil del cómputo de materiales para realizar el presupuesto.

### **Recursos necesarios**

- Software BIM para estimación de cantidades.
- Software para modelado de la información BIM.
- Sistema de clasificación (MasterFormat y Unifomat).

### **Capacidades generales necesarias:**

- Capacidad de modelado BIM.
- Capacidad de manipular el modelo para la estimación de cantidades.

## **5. Generación de Modelo 4D**

Usos BIM utilizado para la planificación eficiente de la ocupación por fase en una renovación, modernización o para mostrar las secuencias de construcción en un sitio gracias al modelo 4D. El modelo 4D permite la visualización y comunicación al equipo de trabajo para mejorar la comprensión de los hitos del proyecto (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Ayuda al propietario y participantes a comprender el cronograma de las fases del proyecto y mostrar la ruta crítica.
- Permite integrar a la planificación los recursos humanos, equipos y materiales con el modelo BIM para programar y estimar los costos del proyecto.
- Identificación de problemas en el cronograma o en las fases
- Permite supervisar fácilmente la adquisición de los materiales del proyecto

### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.
- Software de programación
- Software de modelado 4D



### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento sobre programación y proceso constructivo
- Capacidad para crear y utilizar modelos 4D
- Conocimientos sobre diferentes softwares 4D

## **6. Análisis y rendimiento energético**

Es un proceso que consiste en utilizar softwares de simulación energético que utilizan un modelo BIM para realizar evaluaciones energéticas para el diseño actual del edificio. El objetivo principal es inspeccionar la compatibilidad de los estándares energéticos del edificio para optimizar el diseño propuesto y reducir los costos del ciclo de vida de la edificación (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Ahorro en tiempo y costos gracias a la información automática del modelo del edificio en lugar de ingresar datos manualmente.
- Optimiza en el diseño del edificio para mejorar el rendimiento y reducir costos del ciclo de vida de la edificación.

### **Recursos necesarios**

- Softwares de análisis y simulación energética de edificios
- Modelo BIM
- Datos meteorológicos locales
- Normas nacionales e internacionales de energía para edificios.

### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento sobre los sistemas energéticos básicos de la construcción.
- Conocimiento sobre normas energéticos de edificios.
- Experiencia en diseños de sistemas de construcción.
- Capacidad de utilizar y crear modelos BIM.

## **7. Análisis y rendimiento estructural**

Consiste en realizar el modelado analítico a partir del modelo BIM de diseño para determinar el comportamiento del sistema estructural. Se utilizan normas de diseño para los requisitos mínimos de diseño y análisis estructural. Este uso BIM no necesita implementarse desde el inicio del diseño (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Se ahorra tiempo y costo gracias a la creación de modelos adicionales.
- Mejora los servicios ofrecidos por las empresas de diseño.
- Mejora la calidad de los análisis de diseño.

### **Recursos necesarios**

- Herramientas de modelado BIM.
- Herramientas y software para el análisis estructural.
- Normas y códigos de diseño.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento sobre construcción.
- Experiencia en análisis y diseño estructural.

## **8. Análisis y rendimiento de iluminación**

Se utiliza el modelo para realizar la revisión cuantitativa y estética de las condiciones de iluminación en un espacio. Incluye análisis de iluminación natural o artificial (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Permite revisar visualmente las condiciones de iluminación.
- Permite realizar cuantificaciones para uso de energía.
- Visualizar el impacto de la luz natural en un espacio.

### **Recursos necesarios**

- Modelo BIM de las condiciones de iluminación.
- Software de análisis de iluminación para realizar renderizados

### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento sobre modelado BIM de iluminación.
- Diseñador con capacidades de interpretación de resultados.

## **9. Coordinación de modelos diseñados**

Se utiliza software de coordinación 3D para unir un modelo federado de modelos de diseño para la detección automatizada de colisiones y poder identificar posibles problemas de coordinación y de diseño espacial (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Ayuda a reducir o eliminar conflictos de campo.
- Mejora la confiabilidad espacial.
- Aumenta la calidad de la información conforme a obra.

### **Recursos necesarios**

- Modelos BIM.
- Software de coordinación 3D.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para gestionar las actividades de coordinación.
- Capacidad para utilizar y crear modelos BIM.

### **10. Revisión de modelos diseñado**

Se utiliza para la revisión de los modelos BIM con las partes interesadas del proyecto para obtener la validación, la construcción y aspectos operativos. Incluyen la evaluación de los requisitos de programación, la vista estética y espacial, la iluminación, la seguridad, ergonomía, la acústica, textura y colores, etc. Se puede realizar la evaluación mediante softwares o por medio de maquetas virtuales CAVE (Entorno virtual asistido por computadora) (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Creación de maquetas virtuales permitiendo la reducción de costos en lugar de hacerlo la forma tradicional.
- Actualización rápida y fácil de información del modelo del diseño en tiempo real durante la revisión en función de los comentarios finales.
- Proceso de revisión más corto y eficiente.
- Facilita la comunicación del diseño al propietario, al equipo de construcción y a los usuarios finales.
- Mejora la coordinación y comunicación entre las diferentes partes.

### **Recursos necesarios**

- Software para la revisión de diseños
- Espacios para la revisión interactivo
- Hardware para procesamiento de archivos pesados

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para utilizar y crear modelos BIM.
- Capacidad para realizar foto realismo con diferentes softwares
- Conocimiento sobre la integración de los elementos y de las instalaciones del proyecto.

## **11. Análisis del rendimiento de la sustentabilidad**

Es un proceso que permite la evaluación de un proyecto BIM con base LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible) u otros criterios. El proceso está presente en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Facilita la interacción, la colaboración y coordinación entre los integrantes del equipo de trabajo.
- Permite la evaluación temprana y confiable de las alternativas de diseño.
- Reduce el proceso de diseño real.

### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.
- Software para la evaluación de la sostenibilidad

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para utilizar y crear modelos BIM.
- Conocimiento sobre la evaluación de la sostenibilidad
- Aptitud para organizar y gestionar bases de datos

## **12. Desarrollo de documentos de construcción**

Con el uso del BIM se desarrolla la documentación del proyecto utilizado para la comunicación del diseño de las instalaciones al personal de construcción. Incluyen planos, detalles, secciones, diagramas 3D entre otros (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Puede mejorar la productividad y reducir los conflictos gracias a la documentación de alta calidad creada a partir del modelo.
- El modelo BIM permite representar en la documentación la visualización de los elementos, detalles e información de los materiales de manera fácil y rápida.
- Tener un modelo BIM permite la actualización automática de los detalles del proyecto, esto facilita la elaboración de la documentación.

### **Recursos necesarios**

- Software para el modelado BIM y la documentación.
- Software para la creación de especificaciones técnicas.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para el desarrollo de la documentación por medio del modelo BIM.
- Capacidad para la revisión de documentos.

## **13. Modelo logístico del sitio de construcción**

Proceso para la creación de modelos de instalaciones permanentes y temporales del proceso de construcción con el fin de comunicar las condiciones físicas del sitio y planificar la logística, hacer vinculaciones con el cronograma de actividades para transmitir requisitos de espacio y secuencia. Se puede incluir información relacionada con recursos laborales, de materiales y ubicación de equipo (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Desarrolla un diseño de uso de sitio para las instalaciones temporales, áreas de ensamblaje y entrega de materiales.
- Permite identificar de manera rápida conflictos potenciales y críticos de espacios y tiempo.
- Mejora la comunicación eficiente las secuencias constructivas y de diseño a las partes interesadas.
- Ayuda reducir los tiempos en la planificación de utilización de sitio.

### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.
- Software de programación.
- Software para la integración de modelos
- Planos del sitio de las condiciones existentes

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para utilizar y crear modelos BIM.
- Aptitud para la evaluación del cronograma de construcción con un modelo 3D.
- Conocer los métodos de construcción.
- Habilidad para transmitir la información de campo a un proceso tecnológico.

## **14. Modelos de sistemas de construcción temporal**

Se utiliza para la creación de diseños de sistemas temporales para la construcción de sistemas de construcción permanentes. Incluyen encontrados para concreto, andamios, soportes para sistemas de excavación, apuntalamiento temporal y otros sistemas temporales utilizados en la construcción (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Mejora la seguridad y productividad de la construcción.
- Establece una mejor comunicación con los trabajadores por medio de una visualización de los aspectos constructivos.
- Ayuda en la construcción de sistemas complejo por medio de un análisis detallado.

### **Recursos necesarios**

- Software para la creación de diseños de los sistemas de construcción.

### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento para crear y utilizar modelos BIM.
- Habilidad para la toma adecuada de decisiones en base a software de diseño de sistemas.
- Conocimiento de prácticas constructivas.

## **15. Fabricación de elementos**

Uso BIM en la cual se utiliza la información del modelo para la fabricación de materiales de construcción, ensambles o módulos. Pueden incluir la fabricación de láminas, tubos, acero estructural, paneles de pared, etc. (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Aumenta la calidad de la producción de elementos gracias a la utilización de máquinas.
- Mejora la productividad y seguridad en la fabricación.
- Reduce el tiempo de entrega y los impactos en los cambios en el diseño.
- También ayuda a mejorar la productividad y seguridad laboral.



### **Recursos necesarios**

- Software de modelado BIM.
- Máquinas de fabricación
- Métodos de fabricación

### **Capacidades generales necesarias**

- Conocimiento y capacidad para comprender y crear modelos de fabricación.
- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento y capacidad para la extracción de la información de los modelos para la fabricación de componentes.
- Conocimiento sobre métodos de fabricación.

## **16. Construcción del diseño**

Se utiliza la información de los modelos para diseñar los ensamblajes de las instalaciones o automatizar el control de equipos en un proyecto (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Ayuda en la reducción de los errores de diseño
- Mejora la eficiencia y productividad

### **Recursos necesarios**

- Equipos con GPS.
- Equipos para el diseño digital.
- Software para extraer y convertir información.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.

- Habilidad para interpretar la información de los modelos.

## **17. Compilación del modelo**

Proceso que consiste en obtener datos sobre los elementos de la instalación y los activos de una instalación a partir del modelo de registro que contiene información de los sistemas arquitectónicos, estructurales y MEP del proyecto (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Modelar con mayor facilidad las renovaciones que se realicen en el futuro.
- Ayuda a mejorar la documentación del entorno.
- Proporciona al propietario un modelo preciso del edificio, los equipos y los espacios.

### **Recursos necesarios**

- Software para la creación y visualización de modelos
- Software de análisis de datos

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento y habilidades de utilizar los modelos BIM para actualizaciones de edificios.
- Facilidad de comunicación entre los equipos de diseño, construcción y gestión de las instalaciones.

## **18. Mantenimiento y monitoreo**

Se utiliza la información de los modelos para realizar monitoreos del estado de las instalaciones y programar actividades de mantenimiento (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Se realizan la planificación dinámica del mantenimiento de las instalaciones
- Se tiene el historial de mantenimiento para realizar futuras predicciones.
- Mejora la productividad del personal de mantenimiento al tener una base de datos con la información.

### **Recursos necesarios**

- Software de revisión de diseños para ver los registros y componentes.
- Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS) vinculado al modelo.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento y habilidades para manipular el Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento y sistemas de control de edificios.
- Conocimiento sobre las prácticas comunes de operación y mantenimiento de equipos.

## **19. Monitoreo de activos**

Proceso en el que se vincula el modelo de registro a un sistema de gestión para mejorar el mantenimiento y operación de una instalación y sus activos entre ellos, el edificio físico, el

entorno, etc. Este uso contribuye en la toma de decisiones de costos, la planificación y la generación de ordenes de trabajo (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Se puede realizar y analizar evaluaciones del estado de las instalaciones y los equipos del edificio.
- Permite el almacenamiento de información sobre operaciones, manuales de usuarios y especificaciones de equipos con un acceso más rápido.
- Se utiliza para futuras actualizaciones, cambio o mantenimiento para agregar nueva información al modelo.

### **Recursos necesarios**

- Sistema de gestión de activos.

### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Capacidad para manipular sistemas de gestión de activos.
- Conocimiento de construcción y funcionamiento del edificio.

## **20. Monitoreo de utilización de espacio**

Se utilizan modelos BIM para distribuir, gestionar y realizar un seguimiento de los espacios adecuados y los recursos dentro de una instalación. El modelo BIM de las instalaciones facilita al equipo de gestión analizar el uso existente y realizar la planificación de cualquier cambio posible (PennState College of Engineering, 2024).

### **Potenciales beneficios**

- Facilidad para identificar y asignar espacios para el uso adecuado del edificio.
- Mejora considerablemente el proceso de planificación y gestión de los cambios.

- Permite realizar un seguimiento más eficiente del uso de los espacios y recursos disponibles.

#### **Recursos necesarios**

- Softwares de modelado BIM.
- Softwares cartográficos.

#### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Capacidad para evaluar los espacios y los activos parara gestionarlos según las necesidades.
- Conocimiento de aplicaciones de gestión de instalaciones.

### **21. Monitoreo del rendimiento del sistema**

Se utiliza la información de los modelos analíticos y sensores de una instalación para evaluar y monitorear el desempeño de los sistemas de instalación estructurales, mecánicos, eléctricos, plomería, seguridad y protección contra incendios (PennState College of Engineering, 2024).

#### **Potenciales beneficios**

- Se reducen los costos de operación y de impacto ambiental.
- Un aumento mejorado del sistema por medio de sistemas de análisis

#### **Recursos necesarios**

- Software de análisis de sistemas constructivos.

- Modelo arquitectónico y sistemas relacionadas para ser utilizados en programas de análisis.

#### **Capacidades generales necesarias**

- Capacidad para crear y utilizar modelos BIM.
- Conocimiento y habilidades para manipular el Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento y Sistemas de control.
- Conocimiento sobre mantenimiento.

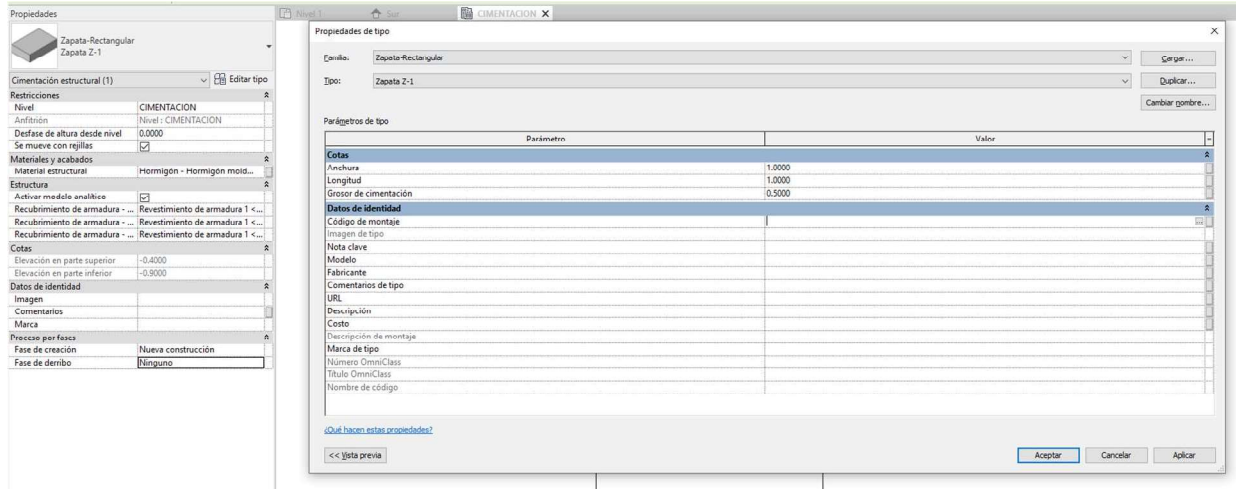
#### **4.3.3.10 Objeto BIM**

Como se ha mencionado con anterioridad, un modelo BIM está formado por un conjunto de objetos dinámicos con información importante que puede ser útil dentro del ciclo de vida del proyecto.

Un objeto BIM es un modelo genérico que posee atributos, creado a partir de un programa o software especializado (Revit) y que hace parte del diseño 3D del proyecto. Dentro de Revit, esos objetos se llaman familias.

Por ejemplo, si modelados una zapa en Revit, se puede asignarle una serie de parámetros o información que posteriormente se usará en el proyecto para identificar el tipo, las dimensiones, el volumen, el tipo y cantidad de materiales, el costo, especificaciones técnicas, etc. (Figura 13).

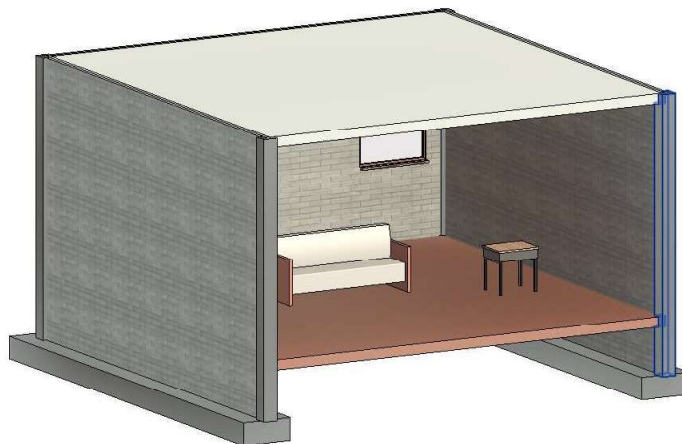
**Figura 13** Propiedades de tipo para un objeto BIM en Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Existe una infinidad de objetos BIM de todo tipo y en el modelo digital del edificio se compone de varios de ellos que interactúan entre sí. Por ejemplo, una habitación está formado por zapatas, vigas, muros, losas, ventanas, mesas, sillas, etc.

**Figura 14** Modelo formado por varios objetos BIM en Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### **4.3.3.11 Estándares BIM**

Una norma es un conjunto de reglas establecidas para normalizar o regular cierta actividad o proceso adoptadas por los interesados, con el fin de mejorar la producción de un producto, servicio o el nivel de desarrollo de un país.

La estandarización de los procesos y gestión de la información permite desarrollar y alcanzar el potencial del BIM con el uso de herramientas y el trabajo colaborativo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

En el mundo existen tres niveles de estandarización que permite la regulación de los procesos según (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023):

- Internacional (ISO)
- Americana (ANSI)
- Nacional (DIN, UNE)

#### **4.3.3.12 Normas ISO 19650**

Las normas ISO (International Organization for Standardization) u Organización Internacional de Normalización son las encargadas de la creación de estándares para garantizar la calidad y eficiencia de productos y servicios.

En 2018 la Organización Internacional de Normalización publicó la Norma ISO 19650 Parte 1 y 2 con la finalidad de regular la gestión de la información de proyectos de construcción relacionados con la metodología BIM.

En un principio la norma ISO 19650 fue parte de la norma británica (PAS/ BS 1192-2. 2013 a inicio del 2009 y publicada en 2013 para luego ser adaptadas en la ISO (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).



Cuando no existían ninguna regulación sobre la forma de trabajar con la metodología BIM, el desarrollo de la información del proyecto se generaba de forma desordenada produciendo errores en la planificación y pérdidas durante todo el proceso. Con la creación de la Norma ISO 19650 se tiene un mejor entendimiento de lo que realmente es la metodología BIM y la manera en que toda la información es utilizada por los involucrados en el proyecto.

### **1. Norma en-ISO 19650-1: Conceptos y Principios**

Documento en donde se describen los conceptos y principios para la gestión de la información de un proyecto de construcción desarrollado con la metodología BIM. Se presentan recomendaciones para el intercambio y la organización de todos los involucrados, aplicado a todo el ciclo de vida de cualquier proyecto de construcción en cualquier fase ya sea de planificación, diseño, construcción o mantenimiento (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

### **2. Norma en-ISO 19650-2: Fases de entrega de los activos**

Documento en donde se describen y detallan los requisitos para la gestión de la información durante la fase de desarrollo de los activos, las recomendaciones para definir los procesos y las herramientas utilizadas para la creación de un proyecto de construcción utilizando la metodología BIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

### **3. Norma en-ISO 19650-3: Fase operacional de los activos**

Documento en donde se describen y detallan los requisitos para la gestión de la información durante la fase de operación de los activos, las recomendaciones para definir los procesos y las herramientas utilizadas para la operación de un proyecto de construcción que utiliza la metodología BIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **4. Norma en-ISO 19650-4: Intercambio de información**

En esta norma, describe y detalla el proceso y los criterios para el intercambio de información, además de ampliar y aplicar lo descrito por la ISO 19650 parte 1 y 2 con el objetivo de garantizar la calidad del modelo BIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **5. Norma en-ISO 19650-5: Enfoque de la seguridad en la gestión de la información**

Norma enfocada en la seguridad para las organizaciones que trabajan con información sensibles e importantes, aplicado a todo el ciclo de vida del proyecto ya sea existente o en fase de diseño (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **6. Norma en-ISO 19650-6: Enfoque en la salud y seguridad**

Norma que especifica los principios y beneficios de un sistema de información estructurado para la seguridad y el intercambio de información entre los equipos de trabajo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **4.3.3.13 Roles BIM**

Según el Planbim Chile 2019, un Rol BIM se define como “función que se ejerce en alguna etapa del desarrollo y operación de un proyecto de obra civil, en base a capacidades BIM sumados a otras competencias no BIM” (Planbim, Comité de Transformación Digital, Corfo, 2019, pág. 1).

Un rol BIM es la suma de la capacidad que tiene una persona en relación con su profesión o especialidad con la metodología BIM para realizar o desempeñar funciones específicas durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

La importancia de los roles BIM es para definir y determinar las capacidades que tienen los miembros del equipo y poder asignar las funciones y responsabilidades específicas a cada integrante para desarrollar de manera más eficiente cada etapa dentro del ciclo de vida del proyecto dentro de la organización.

Los roles BIM permiten asignar las funciones y responsabilidad a las personas del equipo para la generación y gestión de la información del proyecto (Planbim, Comité de Transformación Digital, Corfo, 2019).

Así mismo es importante mencionar algunas consideraciones acerca de los Roles BIM que hay que tener presente (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- Un rol **NO** es un cargo
- Un rol **NO** define una nueva disciplina
- Una persona **SI** puede ejercer más de un rol a la vez
- Un rol **SI** puede ser ejercido por varias personas
- Los roles se desempeñan durante todo el ciclo de vida del proyecto

Después de establecer los usos BIM lo siguiente es definir los roles de cada persona que forma parte del equipo de trabajo.

En el desarrollo de un proyecto BIM existirán diferentes roles, pero los más utilizados a nivel general son los siguientes:

### **1. Director BIM**

Es la persona que tiene la función de liderar y promover el uso e implementación de la metodología BIM en función de las necesidades y objetivos del proyecto a lo largo del ciclo de vida (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

## **Funciones**

- Gestionar al equipo humano
- Definir los objetivos y usos BIM
- Estructurar los contenidos para el proyecto
- Formar grupos de trabajo
- Elegir los programas BIM a utilizar
- Proporcionar e incentivar el uso BIM

## **Requisitos necesarios**

- Experiencia en gestión estratégica de proyectos
- Liderazgo
- Responsable
- Habilidad para negociar

## **2. Revisor BIM**

Es la persona encargada de revisar y verificar toda la información de los modelos BIM (datos y geometría) en cada etapa del ciclo de vida del proyecto (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

## **Funciones**

- Visualizar y revisar la información de los modelos BIM
- Validar y comunicar la información en los modelos BIM

## **Requisitos necesarios**

- Conocimiento de normas y estándares utilizados para el proyecto
- Conocimiento de los objetivos del proyecto
- Capacidad para identificar errores

### **3. Modelador BIM**

Es la persona encargada de elaborar los modelos digitales BIM según la especialidad y la extracción de la documentación técnica (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **Funciones**

- Modelar el proyecto según la especialidad
- Generar la documentación técnica

#### **Requisitos necesarios**

- Conocimiento sobre normas y estándares utilizados para el proyecto
- Conocimiento sobre los objetivos del proyecto
- Conocimiento sobre la especialidad de modelado (Estructural, Arquitectura, MEP)
- Responsable
- Dominio sobre intercambio de información entre disciplinas

### **4. Coordinador BIM**

Es la persona encargada de integrar y coordinar la información entre las diferentes disciplinas en cada etapa del proyecto, validar e integrar los modelos de las especialidades y mantener una comunicación entre los miembros del equipo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **Funciones**

- Coordinar y auditar los modelos

- Ayudar en la creación del BEP
- Mantener una comunicación entre las distintas disciplinas
- Validar e integración de modelos

#### **Requisitos necesarios**

- Conocimiento sobre estándares y normas utilizados para el proyecto
- Conocimiento sobre los objetivos del proyecto
- Liderazgo
- Capacidad para solucionar problemas
- Conocimiento sobre desarrollo de proyectos
- Organizado y detallista
- Buena comunicación para transmitir ideas

### **5. Gestor BIM**

Es la persona encargada de controlar, planificar y administrar los procesos, actividades, los recursos materiales y tecnológicos desde la etapa inicial hasta el final de un proyecto de construcción bajo la metodología BIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **Funciones:**

- Encargado de verificar la implementación de la metodología BIM
- Planificar las actividades del proyecto
- Coordinar y liderar todos los equipos de trabajo
- Verificar el cumplimiento de la utilización y aplicación de los estándares definidos

#### **Requisitos necesarios:**

- Conocimiento sobre administración de proyectos

- Liderazgo
- Buena comunicación
- Conocimiento de normas y estándares utilizados para el proyecto

#### 4.3.3.14 Herramientas BIM

Cuando se desarrolla un proyecto con la metodología BIM, existe una gran variedad de herramientas con las cuales se va a trabajar para generar cada etapa del proyecto durante todo el ciclo de vida, desde la planificación hasta la demolición de la edificación y el uso de softwares específicos para cada tarea.

En el mercado existen una gran variedad de softwares BIM que se puede utilizar de acuerdo al tipo de objetivos del proyecto BIM y las capacidades de los integrantes del equipo, a continuación, se mencionan algunos para el modelado y la cuantificación:

**ArchiCAD:** desarrollado por la empresa Graphisoft y su principal uso es para generar modelos digitales 2D y 3D. Cuenta con una biblioteca amplia de objetos que hacen más fácil la tarea de modelar.

**AutoDesk Revit:** desarrollado por la empresa AutoDesk, al igual que ArchiCAD es una de las herramientas más utilizadas a nivel mundial para generar modelos digitales 2D y 3D con la metodología BIM

**Arquímedes:** desarrollado por la empresa CYPE y es una herramienta BIM 5D para realizar mediciones y presupuestos, pero también se puede utilizar para analizar el mantenimiento del edificio y generar informes.

**Presto Cost It:** programa para generar mediciones y presupuestos a partir de modelos BIM.

## **4.4 INTRODUCCIÓN A LAS NORMAS ISO 19650**

En este capítulo se presentan los aspectos más importantes sobre la norma ISO 19650 aplicados a la gestión de la información que se consideran utilizados para la cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM, obviando conceptos que se alejan del propósito de la presente guía.

La finalidad de presentar una introducción a la Norma ISO 19650 es para que el lector se familiarice con los conceptos utilizados para la producción y utilización de la información para la creación del modelado de la información de edificaciones BIM que aplica estándares internacionales.

### **4.4.1 Generalidades de la Norma ISO 19650**

A nivel internacional se han creado normas para estandarizar los procesos y gestión de la información de proyectos de construcción desarrollados bajo la metodología BIM en un entorno colaborativo con el fin de alcanzar el máximo provecho a dicha metodología.

La ISO 19650 se define como un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos tanto de edificaciones como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 2).

Las Normas ISO 19650 pretenden lograr ese objetivo, de estandarizar los procesos y gestión de la información de los activos construidos con una serie de principios que abarquen todo el ciclo de vida de un proyecto desde la fase de conceptualización hasta el mantenimiento.

### **4.4.2 Objetivos de la Norma ISO 19650**

El objetivo principal de la Norma ISO 19650 es establecer los principios fundamentales para lograr estandarizar el proceso de desarrollo y gestión de la información de cualquier activo construido, no solo edificios sino también otros tipos de proyectos de construcción, desarrollados con la metodología BIM a nivel mundial.



Comprender los fundamentos de la metodología BIM y los principios fundamentales de la Norma ISO 19650 permite lo siguiente:

- Entender y aplicar los conceptos de la metodología BIM a proyectos públicos como privados a nivel mundial.
- Elaborar un Plan de Ejecución BIM BEP de acuerdo a las características del proyecto.

#### **4.4.3 Definición de Building Information Modeling BIM según ISO 19650**

La Norma ISO 19650 define al Building Information Modeling BIM como “el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación al suministrar una base confiable para la toma de decisiones” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 5).

#### **4.4.4 Beneficios de aplicar la Norma ISO 19650**

Si se aplica correctamente la Norma ISO 19650 en los proyectos de construcción se puede obtener algunos beneficios como las siguientes (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020):

- “Una definición clara de la información que necesita el cliente o propietario del activo, así como los métodos, procesos, plazos, protocolos de desarrollo y verificación de la información” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 5)
- “Confianza en que la cantidad y calidad de la información desarrollada es la suficiente para satisfacer las necesidades definidas” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 5).

- “Transferencias eficientes y efectivas de información entre los agentes que participan en cada etapa del ciclo de vida del activo, especialmente entre la fase de desarrollo y la de operación” (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020, pág. 5)

#### 4.4.5 Ciclo de vida de un activo construido (fases)

Un activo se refiere a cualquier tipo de construcción sin limitarse a un único tipo de obra civil. A lo largo del ciclo de vida del activo se produce información utilizada en las diferentes fases para la toma de decisiones.

La gestión de la información que se realiza durante el ciclo de vida del activo se divide en dos fases, desarrollo y operación:

- **Fase de Desarrollo:** fase donde el activo se diseña, se construye y se entrega.

Fase de desarrollo = Diseño + Construcción + Entrega

- **Fase de Operación:** fase en la cual se utiliza el activo, se generan ganancias y se realiza el mantenimiento.

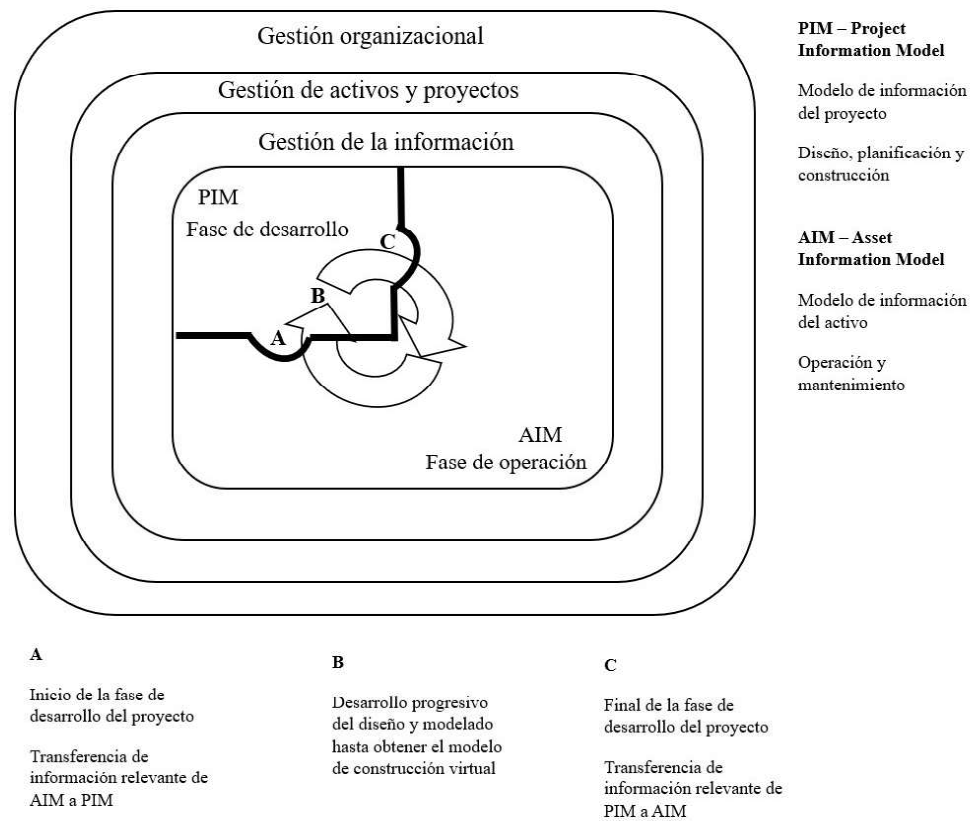
Fase de operación = Operación + Mantenimiento

#### 4.4.6 Modelos de información

Los modelos de información son contenedores de información estructurada y no estructurada para facilitar la toma de decisiones, compuesto por una serie de disciplinas, organizadas y enlazadas por medio de un modelo federado para facilitar la colaboración durante el desarrollo del proyecto. Se clasifican en dos según (BuildingSMART Spain, 2021):

- **Project Information Model (PIM)** o Modelo de Información del Proyecto en la fase de Diseño o desarrollo.
- **Asset Information Model (AIM)** o Modelo de Información del proyecto en la fase de Operación.

**Figura 15** Fases de operación y desarrollo en un proyecto



Fuente: Adaptada de (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020)

En la fase A marca el inicio de la fase de desarrollo PIM, en la cual se transfiere información importante del AIM y al PIM. En la fase B se identifica el desarrollo progresivo del diseño del modelo para generar un modelo de construcción virtual. En la fase C se logra alcanzar el desarrollo para posteriormente hacer la transferencia de la información del PIM al AIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

También es importante mencionar que la fase de operación del activo es la de mayor recurso y tiempo emplea debido a que se recopila nueva información, se hacen nuevos ajustes al modelo y volver iniciar con el ciclo contribuyendo a la fase A (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **4.4.7 Agentes que intervienen en el desarrollo del proyecto**

Todos los involucrados en el desarrollo del proyecto BIM se clasifican de la siguiente manera de acuerdo a las responsabilidades asignadas (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020):

- **Adjudicador o Parte contratante:** es el cliente, promotor o propietario.
- **Adjudicador principal o Parte contratada principal:** es el contratista, arquitecto, ingeniero, etc.
- **Adjudicatario o Partes contratadas:** son los subcontratistas, especialistas, proveedores, etc.

#### **4.4.8 Principios de la gestión de la información**

La gestión de la información según las Normas ISO 19650 se inicia con la evaluación de las necesidades del proyecto, es decir, la definición de requerimientos y objetivos esperados según lo descrito en el plan de ejecución BIM BEP (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020).

En esta etapa inicial se puede realizar dos tipos de plan de ejecución BIM:

- **Plan de Ejecución BIM Pre adjudicación:** documento inicial que contiene información del equipo de trabajo, estrategia de entrega de información, objetivos, roles, estrategia de federación. También llamado pre-BEP.

- Plan de Ejecución BIM Post adjudicación: documento final en donde se mejora, elimina o se agregan información del BEP Pre adjudicación. También llamado BEP final.

Así mismo, el Plan de Ejecución BIM es necesario en la fase de desarrollo y operación del proyecto y puede ser diferente para cada una de ellas debido a que cubre aspectos diferentes según las necesidades en cada fase (BuildingSMART Spain, 2021).

#### **4.4.8.1 Requisitos de información**

Se define a requisitos de la información como “un conjunto de especificaciones sobre la información que debe producirse, cuándo debe producirse, su método de producción y su destinatario” (Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2. Vol 1., 2020, pág. 6).

Son definidos por el adjudicador en la etapa inicial en el pre-BEM y pueden ser ampliadas o modificadas por las partes contratadas en el BEP final para cumplir con los objetivos del proyecto que el cliente solicite.

#### **4.4.8.2 Clasificación de los requisitos de información**

Los requisitos de la información se clasifican de la siguiente manera o jerarquía:

##### 1. Requisitos de información del cliente o parte interesada

- **OIR** (Organizational Information Requirements) o Requerimientos de Información de la Organización.
- **PIR** (Project Information Requirements) o Requisitos de Información del proyecto.

##### 2. Requisitos de información del contratista

- **AIR** (Asset Information Requirements) o Requerimientos de información del activo.
- **EIR** (Exchange Information Requirements) o Requerimientos de intercambio de información.

### 3. Requisitos del modelo de información o entregables del proyecto

- **PIM** (Project Information Model) o Modelo de información del proyecto.
- **AIM** (Asset Information Model) o Modelo de información del activo.

#### **4.4.8.2.1 Requerimientos de Información de la Organización OIR**

El OIR corresponden a la información sobre las necesidades y objetivos del proyecto que un adjudicador o cliente solicita. Por ejemplo, si una organización necesita realizar un proyecto con enfoque en desarrollo sostenible, cuyas estrategias son la reducción de costo energético, de construcción y mantenimiento, toda esa información forma parte de los requisitos primordiales de la organización que se presentarán en los entregables solicitados (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Se puede decir que el OIR es una licitación, es lo que quiere hacer la organización, ayudar a establecer que información se necesita para lograr los objetivos. Este documento ayuda a la creación del BEP y puede contener información como la siguiente:

- Información de la organización.
- Objetivos y Usos BIM de la organización.
- Estrategia de entrega y producción de la información.
- Estructura organizativa, entre otros.

#### **4.4.8.2.2 Requerimientos de información del proyecto PIR**

En la fase de redacción, se necesita información propia del proyecto y estos se incluyen en el PIR en donde se indica el requerimiento de una información necesaria para cumplir con los objetivos estratégicos definidos en el OIR. Continuando con el ejemplo del proyecto con

enfoque en desarrollo sostenible, se necesita conocer la información del tipo de activo, las garantías y el consumo de carbono, entre otros (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

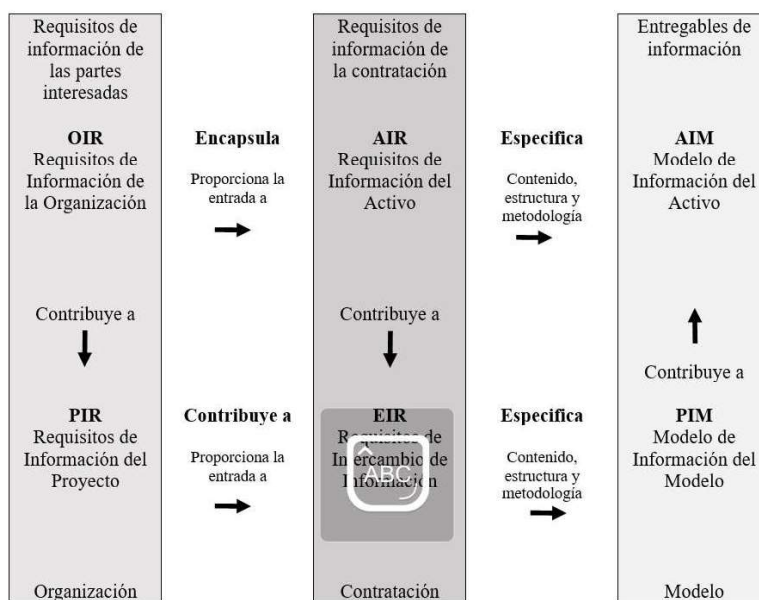
#### 4.4.8.2.3 Requerimientos de Intercambio de Información EIR

Así mismo, los PIR contribuye a establecer los EIR a nivel del proyecto, en donde el adjudicador establece la forma de cómo se entrega la información por parte del contratista. Los EIR incluyen de manera detallada la información suficiente para cumplir los PIR y los OIR y debe ser entregada durante el transcurso del contrato y se incluyen en el Plan de Ejecución BIM (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### 4.4.8.2.4 Requisitos de Información del Activo AIR

Son los requerimientos de información de la adjudicación, durante el proceso de licitación y adjudicación. Se caracteriza por ser parte de la etapa de mantenimiento que contiene información del activo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

**Figura 16** Jerarquía de los requisitos de la información según ISO 19650



Fuente: Adaptada de (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020).

#### **4.4.9 Fases de desarrollo del proyecto de construcción**

Cuando se está desarrollado el proyecto de forma colaborativa es necesario que los equipos de trabajo puedan enviar y recibir toda la información de manera rápida, ordenada y segura, esto se logra por medio de un Entorno Común de Datos CDE.

La parte contratante es la responsable de proporcionar el Entorno Común de Datos a los miembros del equipo de trabajo.

##### **4.4.9.1 Entorno Común de Datos - CDE**

La norma ISO 19650 define al Entorno Común de Datos como un lugar en donde los agentes puedan gestionar, compartir y revisar la información del proyecto (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Un Entorno Común de Datos, en inglés, Common Data Environment CDE, es un espacio digital o físico que se utiliza para guardar toda la información del proyecto para que los miembros accedan y compartan los datos del activo. El CDE es la fuente de información de un activo para la gestión de la información por medio de un procedimiento según lo indicado en la norma ISO 19650. La parte contratante es el responsable de proporcionar el CDE al equipo de trabajo.

Gracias a los estándares y adopción del BIM el modelo de comunicación tradicional se cambia a uno basado en un entorno común de datos en la cual los involucrados del proyecto almacenan e intercambian información en un ambiente centralizado, que garantiza la seguridad de la información (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

La información almacenada en un CDE pasa por distintas etapas:

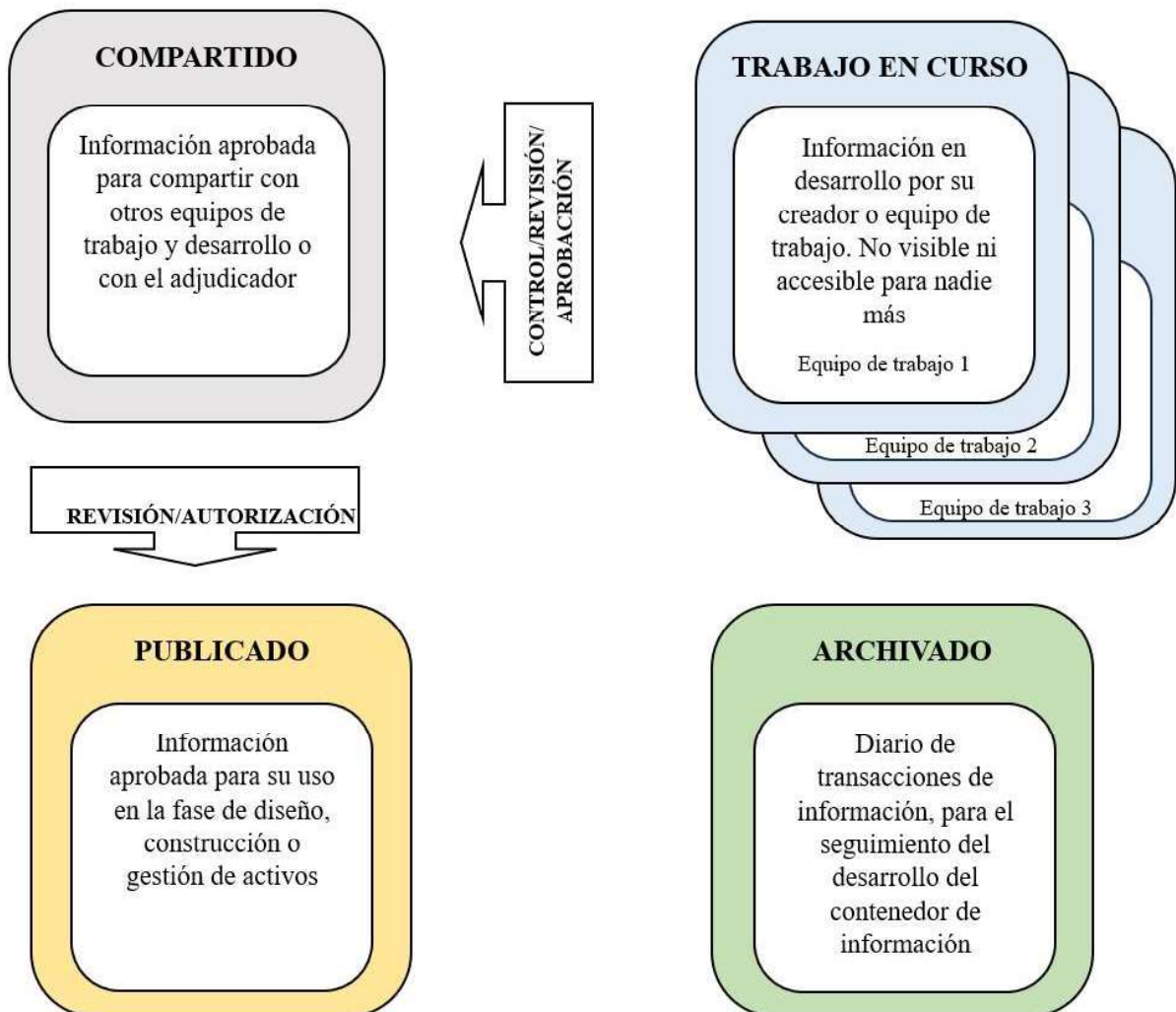
- Trabajo en curso WIP: Información en desarrollo.
- Trabajo compartido S: Información de consulta.



- Trabajo publicado P: Información autorizada para compartir.
- Trabajo archivado ARC: Información compartido y publicado registrado.

Así mismo, la Norma ISO 19650 no define específicamente las herramientas o plataformas utilizadas para la creación de un CDE y que lo más importante es que se cumpla con la seguridad y permita el acceso eficiente de los datos a los equipos de trabajo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

**Figura 17** Etapas que pasa un archivo en el CDE



Fuente: Adaptado de (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023)

Existen muchas plataformas para la creación de un CDE que permite almacenar y acceder la información:

- BIM 360
- Google Drive
- Dropbox
- OneDrive

Queda a criterio de la organización elegir que plataforma se adapta mejor al proyecto que se está desarrollado.

La norma ISO 19650 establece cuatro estados en las que se encuentra la información almacenada en un CDE:

#### **4.4.9.1.1 Estado de trabajo en curso (Work In Progress WIP)**

En el contenedor WIP se almacena información que está en progreso creado por el equipo de trabajo y no es permitido el acceso para ninguna otra persona. Esta información aún no ha sido revisada y autorizada para ser compartido.

#### **4.4.9.1.2 Estado compartido (Shared S)**

Una vez finalizado el trabajo en curso, la información pasa por un proceso de revisión y autorización para ser compartido con el resto del equipo del proyecto para empezar con el trabajo colaborativo.

#### **4.4.9.1.3 Estado publicado (Published P)**

Contiene la información que ha sido revisada, aprobada y entregada del estado compartido para ser utilizada en las fases del proyecto.

#### 4.4.9.1.4 Estado archivado (Archive ARC)

Contiene la información publicada guardada en este contenedor, utilizada para realizar los seguimientos durante el proceso de gestión.

#### 4.4.9.1.5 Ventajas de un CDE

- Reduce el tiempo y costo en relación a la producción de información
- Mayor control en el manejo de la información
- Facilidad de la creación de documentos a partir de los archivos compartidos

#### 4.4.9.1.6 Estructura de carpetas de trabajo

Así mismo en la Norma ISO 19650 no se menciona una forma en particular para nombrar las carpetas de trabajo y queda a consideración de cada organización presentar la estructura según el propósito del proyecto. A continuación, se presenta una un ejemplo para el nombramiento de las carpetas:

**Tabla 15** Estructura de carpetas de trabajo

CARPETA	SUB CARPETAS	SUB CARPETAS	SUB CARPETAS
00 NOMBRE PROYECTO	01 WIP	00 TOPOGRAFIA	01 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 02 ARCHIVOS CAD
		01 ARQUITECTURA	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS
		02 ESTRUCTURA	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS
		03 INSTALACIONES MEP	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS
	02 COMPARTIDO	01 ARQUITECTURA	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS 03 PLANOS
		02 ESTRUCTURA	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS 03 PLANOS
		03 INSTALACIONES MEP	01 MODELOS 02 ARCHIVOS IMPORTADOS 03 PLANOS
	03 PUBLICADO	01 CUANTIFICACION	01 TABLAS DE PLANIFICACION 02 ARCHIVOS EXPORTADOS
	04 ARCHIVADO	01 ESTRUCTURA	01 MODELOS

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

#### **4.4.9.1.7 Proceso de aprobación de la información en un CDE**

Para la aprobación y distribución de la información almacenada en un CDE se debe de seguir una serie de requisitos:

1. Uso de nomenclaturas: los archivos deberán utilizar nomenclaturas para ser identificadas para facilitar su ubicación y contenido.
2. Código de estado (Usos): describe el estado en la que se encuentra el archivo.
3. Revisión y factibilidad técnica: se deberá de revisar para establecer su factibilidad técnica.
4. Revisión de la documentación: Se deberá de revisar cada documento desarrollado.
5. Aprobación por parte del responsable de la entrega de la información: Por último, el responsable aprueba o rechaza el archivo según los requisitos anteriores.

#### **4.4.10 Producción de la información**

La información del proyecto se traduce en archivos entregables en diferentes formatos producidos por diferentes miembros del equipo. Cuando se trabaja con una gran cantidad de información es necesario nombrar los archivos con una nomenclatura específica que describa el contenido de la misma.

##### **4.4.10.1 Nombramiento de archivos o entregables del proyecto.**

Los archivos se deben de nombrar por medio de nomenclaturas, formadas por la unión de códigos alfabéticos y/o alfanuméricos con un orden específico separados por un guion. El nombre de un archivo esta dividido en dos: “Data” y “Meta data”.

- Data: información principal.
- Meta data: información secundaria a la información principal.

Si la información se almacena en una unidad de almacenamiento, el nombre del archivo debe incluir el “Data” y la “Meta data”:

$$\text{Nombre archivo} = \text{Data} + \text{Meta data}$$

Si la información se almacena en la nube, el nombre del archivo debe incluir únicamente el “Data” y el “Meta data” se incluirá como una descripción:

$$\text{Nombre archivo} = \text{Data}$$

Para el nombramiento de los archivos, se hará referencia a los campos de información Tabla 16 y 17, establecido por Agebim en la guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 parte 1 y 2 Volumen 1, 2020 que ha sido adaptados al contexto nacional.

**Tabla 16 Data**

DATA			
No.	Tipo de Información	Obligatorio/Opcional	No máx de Caracteres
1	Proyecto	Obligatorio	5
2	Ciclo de vida	Opcional	2
3	Organización	Obligatorio	3
4	Sectorización/Volumen	Obligatorio	4
5	Nivel	Obligatorio	6
6	Tipo de documento	Obligatorio	2
7	Disciplina	Obligatorio	2
8	Correlativo	Obligatorio	3

Fuente: Adaptado de (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020)

**Tabla 17 Meta Data**

META DATA			
No.	Tipo Información	Obligatorio/Opcional	No más Caracteres
9	Descripción	Obligatorio	20
10	Estado	Obligatorio/Opcional	2
11	Versión	Obligatorio/Opcional	6

Fuente: Adaptada de (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020)

Para comprender mejor el nombramiento de los archivos se realizará un ejemplo en la cual se utilizarán los datos proporcionados en la tabla 16 y 17.

**1. Proyecto:** Identificación del código del proyecto en forma de abreviaturas.

*Ejemplo:*

Nombre de proyecto: Construcción de locales comerciales en Quetzaltenango, Guatemala.

La abreviatura puede ser: **CLCQG**

**2. Ciclo de vida:** identificación de la fase temporal en la que se encuentra el proyecto durante el ciclo de vida. Toma como referencia lo indicado por Agebim (Guía de aplicación de la Norma ISO 19650 Parte 1 y 2) se definen las siguientes fases del proyecto:

DE: Definición estratégica  
PF: Diseño Conceptual  
DI: Diseño Arquitectónico  
PL: Planificación  
CN: Contratación/Licitación  
CO: Construcción  
OP: Operación  
RE: Demolición/Mantenimiento

Se pueden agregar otras fases dependiendo del ámbito local

*Ejemplo:*

Continuando con el proyecto de “Construcción de locales comerciales en Quetzaltenango, Guatemala”, lo ubicaremos en la fase de planificación PL.

La abreviatura puede ser: CLCQG-**PL**

- **Organización:** identificación de la organización o empresa responsable de la creación de la información que se está desarrollando.

*Ejemplo:*

A modo de ejemplo, el proyecto lo está realizando la empresa “Constructora El Buen Amigo S.A” y el identificador para este caso, es CBA.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-**CBA**

- **Sectorización o Volumen:** identificación de la segmentación o división espacial dentro del proyecto, es decir, el proyecto se construirá por tramos, zonas o por sectores según su ubicación. Si no se trabaja por volumen, el identificador es “XX”.

*Ejemplo:*

El proyecto de “Construcción de locales comerciales” se realizará por zonas dentro de la ciudad de Quetzaltenango. Para este ejemplo, se realizará en la zona 1 y Zona 2.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-**Z01**

- **Nivel:** identificación de la información dentro de un volumen en específico en el que está dividido el proyecto. Si la misma información aplica o está en todos los niveles, el identificador a utilizar es “ZZ” y si no aplica o no tiene niveles entonces el identificador a utilizar es “XX”. Tomando como referencia lo indicado por Agebim en la guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 Parte 1 y 2 Vol. 1, se definen los siguientes niveles del proyecto:

ZZ	Aplica para todos los niveles
XX	No aplica a ningún nivel
N1	Indica el primer nivel del proyecto
N2...Nn	Indica el segundo nivel del proyecto hasta “n” niveles
M1	Indica que es un sistema de montaje rápido o Mezzanine 1
M2..Mn	Indica que es un sistema de montaje rápido o Mezzanine 2 hasta “n”
S1	Indica el primer sótano
S2..Sn	Indica el segundo sótano hasta “n” sótanos

*Ejemplo:*

Vamos a suponer que el proyecto “Construcción de locales comerciales” se realizará por un mismo contratista y se entregarán planos completos, entonces el identificador es “ZZ”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-**ZZ**

- **Tipo de documento:** identificación del tipo de información que contiene el archivo: Planos, Cronograma, Modelos 3D, Renders, Cuantificación, Presupuestos, etc. Al trabajarse con muchos archivos en un proyecto y cada archivo tiene diferente información, existen varios identificadores para cada una de ellas.

Para nombrar el tipo de documento se hará uso del listado de códigos y descripciones establecidas por Agebim (Tabla 18).

Es posible que se puedan modificar o utilizar la identificación propia de la organización, siempre que sea detallado en el plan de ejecución BIM-BEP para que el equipo de trabajo conozca la forma de nombrar los contenedores de información.



**Tabla 18** Listado de código para el tipo de documento

<b>Documentos generales</b>	
<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
BEP	Plan de Ejecución BIM
CT	Cotización
LP	Listado
MOD	Modelo
VZ	Visualización -Cuantificación
TC	Tablas de cuantificación
MC	Memoria de Cálculo

Fuente: Adaptado de (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020)

*Ejemplo:*

Continuando con el proyecto, se están desarrollando la memoria de cálculo por lo cual el identificador serio “MC”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-**MC**

- **Disciplina:** identificación de la disciplina o especialidad a la que pertenece un archivo. En la tabla siguiente se presentan algunas, pero pueden ser más dependiendo de lo que se esté trabajando.

ARQ	Arquitectura
EST	Estructura
MEC	Instalaciones mecánicas
ELE	Electricidad
FON	Fontanería
TOP	Topografía

*Ejemplo:*

El documento para el proyecto que está como ejemplo es la memoria de cálculo estructural, y el identificador es “EST”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-M2D-**EST**

- **Correlativo:** identificación de la numeración o cantidad de archivos que tienen la misma información.

*Ejemplo:*

El documento para este proyecto contiene la memoria de cálculo estructura para toda una vivienda, producido en un único archivo con diferentes páginas. El identificador es entonces “01”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-M2D-ARQ-**01**

- **Descripción:** es la descripción del contenido del archivo y utiliza la nomenclatura CamelCase en un máximo de 20 caracteres.

*Ejemplo:*

El documento para el proyecto contiene la planta amueblada, por lo tanto, la descripción es “MemoriaCálculo”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-M2D-ARQ-01-  
**MemoriaCálculo**

- **Estado:** es el estado temporal en que se encuentra el archivo dentro de un CDE. Identifica si el archivo está en la fase de desarrollo, en revisión, aprobado, etc.

WIP	Archivo en curso
S	Archivo compartido
P	Archivo publicado
ARC	Archivo almacenado

*Ejemplo:*

El documento que se trabaja para el proyecto es la memoria de cálculo que ha sido compartido, por lo tanto, el estado es “S”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-M2D-ARQ-01-  
MemoriaCálculo-S

- **Versión o Revisión:** identificación del número de revisiones que se le han hecho al archivo en relación con las anteriores versiones creadas. Se identifica por medio de la letra “V” seguido del número de revisiones que se han hecho “01”.

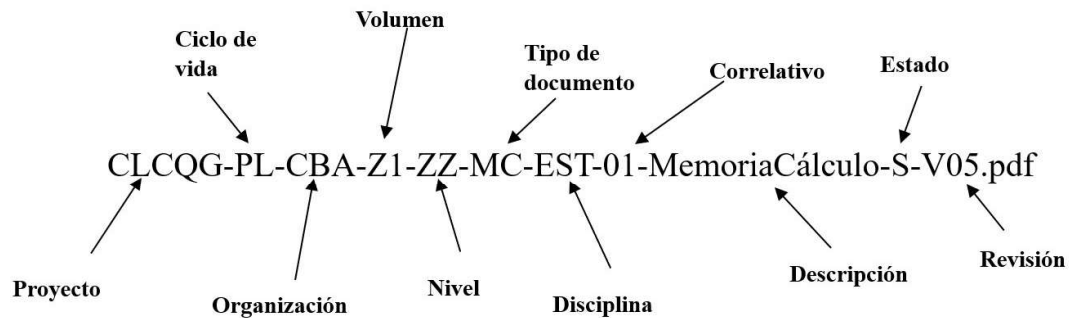
*Ejemplo:*

Se realizaron 5 revisiones a la memoria de cálculo del proyecto, por lo que el código de identificación es “V05”.

La abreviatura puede ser: CLCQG-PL-CBA-Z1-ZZ-M2D-ARQ-01-  
MemoriaCálculo-AC-V05.pdf

El tipo de archivo puede variar, para este ejemplo es un archivo en PDF con la memoria de cálculo, por eso al final del nombramiento tiene la extensión “.pdf” pero puede ser otro tipo de archivo.

**Figura 18** Resumen de nombramiento de archivos según ISO 19650



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

#### **4.4.11 Plan de Ejecución BIM – BEP**

El plan de ejecución BIM o BEP es un aspecto muy importante que se tiene que considerar cuando se desea implementar la metodología BIM en una organización y en los proyectos. Se puede decir que es un documento en donde se aplica todo lo indicado por la Norma ISO 19650 en conjunto con los conceptos de la metodología BIM.

##### **4.4.11.1 Definición del Plan de Ejecución BIM - BEP**

El BEP por sus siglas en Inglés BIM Execution Plan o Plan de Ejecución BIM como su nombre lo sugiere, es un plan que contiene una lista de pasos a seguir para alcanzar los objetivos propuestos en cada fase (desarrollo, operación) en la que se está desarrollando el proyecto BIM.

La ISO 19650 define al BEP como un recurso desarrollado por cada parte interesada designada en nombre del equipo de trabajo para comunicar las estrategias para la gestión de la información. El BEP se aplica en la fase de operación y en la fase de entrega del ciclo de vida del activo construido (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Es un documento que define la metodología de trabajo, objetivos, entregables del proyecto, roles y responsabilidades, estrategias de desarrollo de información para que los involucrados sigan el plan de trabajo para desarrollarlo con éxito el proyecto.

El Plan de Ejecución BIM se divide principalmente en dos componentes según (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023):

- **Pre-BEP**

Es un documento previo a la selección del proveedor de la información. El pre-BEP permite dejar las evidencias de que el equipo de entrega pueda administrar la información según los requisitos propuestos (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

- **BEP**

Es un documento completo que el pre-BEP, está más detallado y contiene más documentos (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

La Norma ISO 19650-2 no especifica un formato para la presentación del BEP con lo cual se podrá presentar en forma de documento basado en palabras en forma de plantilla como un recurso compartido o como una lista de encabezados (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

Existen una gran variedad de formatos o plantillas BEP que se pueden encontrar, pero lo más importante es que el Plan de Ejecución BIM este bien definido y claro sin importar el orden para que los usuarios tengan una guía con todo lo relacionado con el proyecto y poder realizar un trabajo lo más eficiente posible (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

#### **4.4.11.2 Contenido mínimo de un Plan de Ejecución BIM – BEP**

Un BEP puede contener una gran variedad de información que depende del proyecto, pero a continuación se mencionan los elementos mínimos para la cuantificación de materiales de construcción:

## 1. Introducción

Es la parte que describe de manera general el contenido del BEP, los objetivos, los requisitos y descripción del proyecto, etc.

## 2. Objetivos

Se indican los objetivos específicos y generales del Plan de Ejecución BIM según los requisitos del proyecto.

## 3. Información y aspectos generales del proyecto

Se describen la información del proyecto para dar a conocer al equipo de trabajo lo que se desarrolla. Se pueden incluir la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Nombre de la entidad
- Tipo de proyecto
- Ubicación del proyecto
- Descripción general
- Fase del proyecto
- Código de proyecto

## 4. Estrategia de entrega de información

Definir la forma de cómo se entregará la información, la definición clara de los objetivos y la estructura de los participantes en el proyecto:

- **Objetivos para la producción de la información:** prioridad, Objetivos y usos BIM del cliente y equipo de trabajo.
- **Estructura organizativa del equipo de trabajo:** nombre de organización, nombre de la persona, rol, correo electrónico, celular, teléfono.
- **Descripción de los roles y responsabilidades**
- **Recursos informáticos necesarios:** tipo de archivo, nombre y versión de la herramienta a utilizar, formato de archivo.

- **Estrategias de federación:** estrategias para la unión de las distintas disciplinas modeladas del proyecto (Estructural, Arquitectura, MEP).
- **Estrategias de entregables del modelo de información:** listado de entregables, Estructura de datos de ficheros y esquema de nomenclatura (entregables, descripción, equipo de trabajo, formato de contenedor de la información, método de entrega, plazo y fecha de entrega).
- **Estructura de trabajo:** definir los nombres y jerarquías de las carpetas utilizadas para cada disciplina del modelo.

## 5. Nivel de Desarrollo LOD

Se describe el nivel de desarrollo LOD utilizado para los elementos del modelo:

- Disciplina: LOD de los elementos del modelo
- Descripción del LOD a utilizar

## 6. Estándar y normatividad

Contiene información establecidos por estándares y normativas utilizadas para el proyecto:

- **Parámetros para la extracción de cantidades de materiales del modelo BIM:**  
Nombre de parámetro, descripción y tipo.
- **Identificación de contenedores de información:** proyecto, ciclo de vida, organización, volumen, nivel, tipo de documento, disciplina, correlativo, descripción, estado y revisión.
- **Resumen de nombramiento de contenedores**
- **Código para el nombramiento de los contenedores de información**
- **Normatividad:** estándares, guías y otro documento
- **Nombramiento de familias en herramientas de modelado**
- **Sistema de clasificación:** UniFormat, Omniclass, etc.

## 7. Estrategias para la producción de la información

Incluye información detallada del proceso para la entrega, usos, almacenamiento, seguridad y distribución de la información:

- **Trabajo colaborativo:** describe los métodos para el almacenamiento y usos de la información en un entorno común de datos CDE.
- **Reuniones:** describe las fechas y horas de las reuniones propuestas para la revisión de la información producida
- **Auditoria:** auditoria para la revisión de los archivos desarrollados y tipos de revisiones propuestas
- **Control de calidad del modelo de información:** métodos para verificar y revisar el o los modelos BIM
- **Requisitos de seguridad de información:** establece los requisitos para garantizar la seguridad de la información compartida entre el equipo de trabajo
- **Exclusiones de modelos:** describe la información no incluida en los modelos BIM.

## 8. Anexos BEP

Información adicional que ayude a complementar el desarrollo del BEP (Planos, Documentos, Guías, etc.).

Es importante mencionar que cada organización utiliza su propia plantilla BEP inspiradas en el BEP de Penn (2009) adaptadas según los objetivos del proyecto. Lo más importante es comprender las necesidades del promotor y ser lo más operativo, y funcional posible. También es importante destacar que el BEP evoluciona durante el contrato, con lo cual al inicio puede que no se tenga toda la información y posteriormente se añaden para tener un BEP más completo (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023).

### 4.4.11.3 Importancia de un plan de ejecución BIM

- Fomenta la comunicación y colaboración desde el inicio del proyecto entre los equipos de trabajo.



- Informa las estrategias, roles, responsabilidades, objetivos, software, hardware, métodos, Usos BIM y procedimiento de trabajo
- Define la forma de entrega de la información
- Responde a los requisitos de intercambio de información
- Evita confusiones, improvisaciones, errores.

#### **4.4.11.4 Integrantes participantes en la elaboración del Plan de Ejecución BIM.**

El responsable de la elaboración del Plan de Ejecución BIM es el Gestor BIM en colaboración con el Supervisor BIM y el Coordinador BIM en función de los términos de referencia del proyecto, el OIR y también el EIR. Si el proyecto no requiere de un Gestor BIM, la responsabilidad recae en el Supervisor BIM o en el Coordinador BIM según lo requiera el proyecto.

#### **4.4.11.5 Requisitos para la elaboración de un BEP**

Antes de iniciar a desarrollar el proyecto BIM, es necesario realizar previamente el Plan de Ejecución BIM que sirva de guía para cumplir con los objetivos propuestos.

Los documentos necesarios para elaborar un Plan de Ejecución BIM del proyecto son los siguientes:

1. Requisitos de Intercambio de Información (EIR): este documento se puede encontrar en los términos de referencias del proyecto, por parte del cliente.
2. Requisitos de Información de la Organización (OIR): documento que establece requerimientos de la organización, objetivos, usos BIM, entre otros.
3. Definir las personas participantes: designar a la o las personas con las capacidades adecuadas para realizar el plan de ejecución BIM. Esta responsabilidad la tiene el Gestor BIM o en el Coordinador BIM.
4. Estándares: es una parte fundamental de un BEP. Los estándares permiten tener la misma fuente de información, control de calidad, plantillas, usos BIM, etc.

5. Software y Hardware: definir previamente el equipo y los programas para la elaboración de los modelos y el proyecto en general.
6. Estrategias y Alcances: definir las estrategias que se utilizarán para el proyecto y los alcances de la misma.
7. Límites o alcances: son otra parte fundamental del BEP y se utilizan para definir los límites en los cuales se utilizarán la metodología BIM. En ocasiones el proyecto solo hará uso de cierta parte del BIM y en otras no se utilizará la metodología BIM.

#### **4.4.11.6 Nivel de Información Necesaria LIN**

El nivel de información necesaria LIN se define como un marco para definir la calidad, cantidad y granularidad de los requisitos de información. Se utiliza para tener una mejor comunicación del grado de información requerida y se divide en (Buitrago, Vargas, & Zambrano, 2023):

- Información geométrica
- Información alfanumérica
- Documentación

#### **4.4.11.7 Nivel de Desarrollo (LOD)**

El termino LOD, por sus siglas en inglés Level of Development fue propuesto por el Instituto Americano de Arquitectos para poder diferenciar la cantidad de información gráfica y no gráfica que tiene los elementos de un modelo BIM.

Según las especificaciones del BimForum, el nivel de desarrollo LOD es el grado de información geométrica y no gráfica que tiene los elementos del modelo establecidos por el equipo de trabajo (BIMForum, 2023).

Dicho de otra manera, el nivel de desarrollo es una escala progresiva del detalle a nivel gráfico y de información de los elementos de un modelo BIM según la etapa del proyecto y está definido según el sistema de clasificación UniFormat.


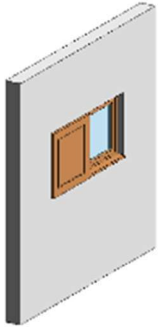
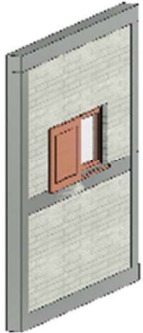
LOD = Detalle gráfico + Información

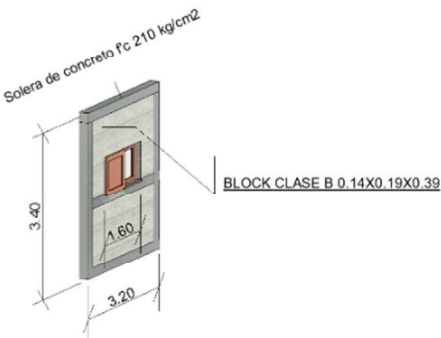
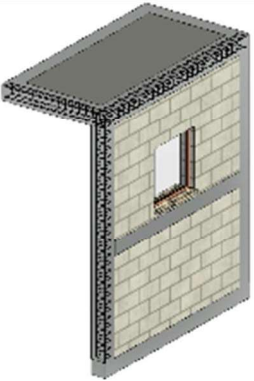
Lo descrito en la guía *Level of Development (LOD) Specification of Building Information Modeling. Part I, Guide, and Commentary 2023* del BIM Forum se toma como referencia para los niveles de desarrollo BIM, que inician desde el nivel 100 hasta el 400, pero no son los únicos, existen otros niveles más altos y que son específicos para ciertas aplicaciones dentro del proyecto (BIMForum, 2023):

- LOD 100: es un diseño preliminar del proyecto, donde los objetos no tienen ninguna información más que puramente visual, en el que no es tan importante la definición geométrica.
- LOD 200: en este nivel, el modelo y los elementos ya tienen información aproximada o básica de su forma geométrica, ubicación, etc.
- LOD 300: el modelo ya tiene definido su forma geométrica final con la información precisa de cantidades, ubicación, que se utilizan para la documentación final del proyecto.
- LOD 350: se incluye información más específica de cada elemento como, por ejemplo, la información del tipo de material, su fabricación, montaje, interferencias con otros sistemas construidos.
- LOD 400: incluye mayor información que en los niveles anteriores, datos sobre los aspectos constructivos y de mantenimiento. Comúnmente a este nivel también

se le llama As Built debido a que el LOD 400 es igual a cómo serán construidos los elementos.

**Tabla 19** Nivel de desarrollo LOD

Nivel	Elemento
<p style="text-align: center;"><b>LOD 100</b></p> <p>Objeto esquemático No tiene definido materiales Dimensiones y forma geométrica no definidas</p>	
<p style="text-align: center;"><b>LOD 200</b></p> <p>Objeto esquemático aproximado Materiales definidos sin especificaciones Dimensiones y forma geométrica aproximadas</p>	
<p style="text-align: center;"><b>LOD 300</b></p> <p>Objeto esquemático real Tienen definido materiales con algunas especificaciones Dimensiones reales</p>	

<p style="text-align: center;"><b>LOD 350</b></p> <p>Objeto real Tienen definido materiales con sus especificaciones Contiene elementos estructurales Contiene detalles de conexiones</p>	
<p style="text-align: center;"><b>LOD 400</b></p> <p>Objeto real como será construido (As Built) Contiene toda la información para su construcción, fichas técnicas, de operación y mantenimiento, interferencias con otras disciplinas, detalles de conexiones, etc.</p>	

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit



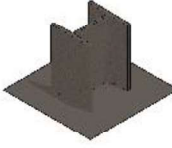
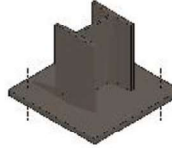
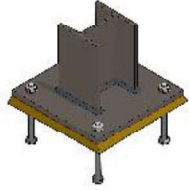
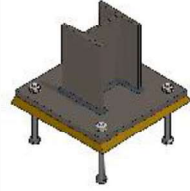
Es importante mencionar que el Nivel de Desarrollo se define para cada elemento y no únicamente para todo el modelo BIM, debido a que cada objeto del proyecto contiene información diferente.

También existen las especificaciones británicas que le dan otra definición al LOD y lo desglosan de la siguiente manera:

#### 4.4.11.8 Nivel de Detalle LOD

Se refiere al detalle gráfico de los elementos del modelo BIM, según la etapa del proyecto y en la especificación británica se nombran como LOD1, LOD 2, LOD 3, LOD 4, LOD 5 y LOD 6 según (AEC (UK) BIM Technology, June 2015):

**Figura 19** Nivel de Detalle LOD

LOD1	LOD2	LOD3	LOD4	LOD5	LOD6
Symbolic	Conceptual	Generic	Specific	Construction	As Built
					

Fuente: (AEC (UK) BIM Technology, June 2015, pág. 27)

- LOD 1 (Simbólico): representa un objeto sin escala y sin dimensiones definidas
- LOD 2 (Conceptual): representa un objeto con un nivel de detalle mínimo y forma definida de manera superficial 2D utilizado para el desarrollo del diseño preliminar.
- LOD 3 (Genérico): objeto con un mayor nivel de detalle de los materiales y componentes y las dimensiones son aproximadas.
- LOD 4 (Específico): objeto con un alto nivel de detalle utilizado para identificar el material y sus componentes, con dimensiones exactas. Utilizadas para el análisis de costos.
- LOD 5 (Construcción): con un nivel de detalle alto, preciso y específico de los requisitos constructivos e incluye todos los componentes del elemento.
- LOD 6 (As built): representación del elemento como será construido con todos los detalles para su construcción.

#### 4.4.11.9 Nivel de Información LOI

Se refiere al nivel de información de los elementos del modelo BIM, según la etapa del proyecto y en las especificaciones británicas se nombran como LOI 1, LOI 2, LOI 3, LOI 4 y LOI 5.

De los dos términos Nivel de Detalle y Nivel de Información se forma otra definición llamada Level of Definition o Nivel de Definición LOD.

$$\text{LOD} = \text{Nivel de Detalle} + \text{Nivel de Información}$$

Para definir el Nivel de Información LOI no existe un documento que establezca los niveles a utilizar en los elementos del modelo, pero se puede tener una idea al realizar una serie de preguntas con relación al proyecto (Tabla 16).

**Tabla 20** Preguntas para definir el LOI en un proyecto

<b>Interrogantes</b>	<b>Aplicación</b>
¿Cuándo es necesario la información?	Fase del proyecto
¿Por qué? ¿cuál es el objetivo? ¿usos BIM?	Usos BIM
¿Quién es el responsable de realizar este proceso?	Equipo de trabajo
¿De qué se trata?	Elemento
¿Cómo se quiere lograr?	Nivel de detalle LOD Nivel de información LOI

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

El Nivel de Desarrollo LOD y el Nivel de Definición LOD son totalmente independientes y diferentes con lo cual, queda a criterio del equipo de trabajo y de los requisitos del proyecto establecer en el Plan de Ejecución BIM – BEP el tipo de LOD a utilizar en los elementos del modelo.

#### **4.4.12 Sistema de clasificación BIM**

El sistema de clasificación es una forma de ordenar y clasificar la información de los elementos del modelo con respecto al tipo y/o grupos al que pertenece. Los sistemas de clasificación son herramientas indispensables para el intercambio y gestión de la información, esto gracias a la identificación de los elementos del modelo por medio de un código alfanúmero único durante todo el ciclo de vida del activo construido.

En el modelo BIM del proyecto se debe utilizar un sistema de clasificación que permita categorizar y nombrar los elementos del proyecto de forma estandarizada (Asociación Guatemalteca de Estándares BIM, 2020).

La norma ISO 19650 también hace mención que el sistema de clasificación es de suma importancia para alcanzar una gestión eficaz de la información y forma parte de uno de los componentes principales y necesarios para la metodología BIM.

Las ventajas de utilizar un sistema de clasificación son varias, pero a continuación se enumeran algunas:

1. Base de datos con la información del proyecto
2. Facilita el intercambio y uso de la información
3. Facilita la revisión de la información
4. Identifica, agrupa y ordena

Existe una gran variedad de sistemas de clasificación utilizadas según la magnitud del proyecto, solamente se mencionan los siguientes:



#### 4.4.12.1 Sistema UniFormat

Este sistema utiliza un orden jerárquico, categorías y niveles con base a los elementos del proyecto. El sistema UniFormat esta incorporado en el programa de AutoDesk Revit ordenado de la siguiente manera:

**Tabla 21** Orden Jerárquico de los elementos en el Sistema UniFormat

<b>Orden Jerárquico</b>	<b>Categoría de elementos</b>	<b>Nivel</b>
A	Substructure (Subestructura)	1
B	Shell (Super estructura)	1
C	Interiors (Interior)	1
D	Services (Servicios)	1
E	Equipment and Furnishings (Equipos y Mobiliarios)	1
F	Special Construction and Demolition (Construcciones especiales y demolición)	1
G	Building Sitework (Otros trabajos de construcción)	1

Fuente: Adaptado de AutoDesk Revit

Estos niveles tienen sub niveles que hace más específica su clasificación dentro de la categoría de los elementos.

Ejemplo:

Para nombrar una columna estructural ubicada en el segundo piso de un edificio de concreto armado, primero se debe de identificar a que categoría pertenece, para este caso tiene un orden jerárquico “B” y categoría “Shell” que es el armazón total de la estructura con un nivel 1. Luego se identifica el siguiente orden jerárquico “B10” y la categoría de “Superstructure” y nivel 2. La columna es de piso y es un elemento vertical, con lo cual el siguiente orden jerárquico es “B1010” con categoría “Floor Construction” y nivel 3. El siguiente orden es “B1010200” con categoría “Upper Floor Framing” y nivel 4. Se finaliza con el orden jerárquico “B1010240” con categoría “Columns - CIP” y nivel 5.

**Tabla 22** Ejemplo de nombramiento de elementos en el Sistema UniFormat

<b>Orden Jerárquico</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nivel</b>
B	Shell	Armazón	1
B10	Superstructure	Superestructura	2
B1010	Floor Construction	Construcción de piso	3
B1010200	Upper Floor Framing – Vertical Elements	Estructura de piso superior- Elementos verticales	4
B1010240	Columns-CIP	Columnas-Construcción en progreso	5

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.4.12.2 Sistema Omniclass

De acuerdo con Eastaman, Omniclass, es un sistema de clasificación desarrollado por la Sociedad Internacional de Información sobre la Construcción ICIS (International Construction Information Society) y la Organización Internacional de Normalización ISO (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

El sistema Omniclass se basa en una clasificación por códigos ordenados en 15 tablas que dependen del tipo de información (Tabla 23):

**Tabla 23** Tabla de categorías en el sistema Omniclass

<b>Tablas</b>	<b>Categorías</b>
11	Construction Entities by Function
12	Construction Entities by Form
13	Spaces by Function
14	Spaces by Form
21	Elements
22	Work Results
23	Products
31	Project Phases
32	Services
33	Disciplines
34	Organizational Roles
35	Tools

36	Information
41	Materials
42	Properties

Fuente: Adaptada de (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011)

Se recomienda que los elementos del modelo se clasifiquen según el sistema elegido por la organización para facilitar los procesos de búsqueda, cuantificación, visualización y exportación de la información.

En el presente documento solo se utilizará el sistema de clasificación UniFormat, debido a su facilidad de aplicación en el programa de AutoDesk Revit.


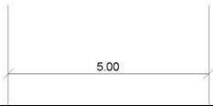
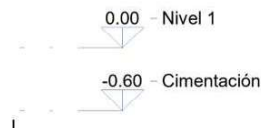
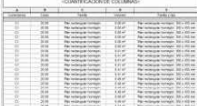

## 4.5 GESTIÓN BIM DE LA INFORMACIÓN DE PROYECTOS ESTRUCTURALES CON REVIT

### 4.5.1 Organización de elementos en Revit

Cuando se trabaja con Revit es aconsejable conocer la organización de los diferentes elementos que forman un proyecto en el programa:

1. Elementos de modelo: son todos los objetos que forman parte del modelo 3D BIM
2. Elementos de anotación: son elementos que muestran información de los elementos del modelo.
3. Elementos de referencia: son elementos en donde colocamos o hacemos referencia a los elementos del modelo
4. Tablas: son elementos que nos permiten extraer información de nuestro modelo
5. Vistas: son elementos que nos permiten visualizar parte o todo el modelo del proyecto.

**Figura 20** Elementos que forman un proyecto en Revit

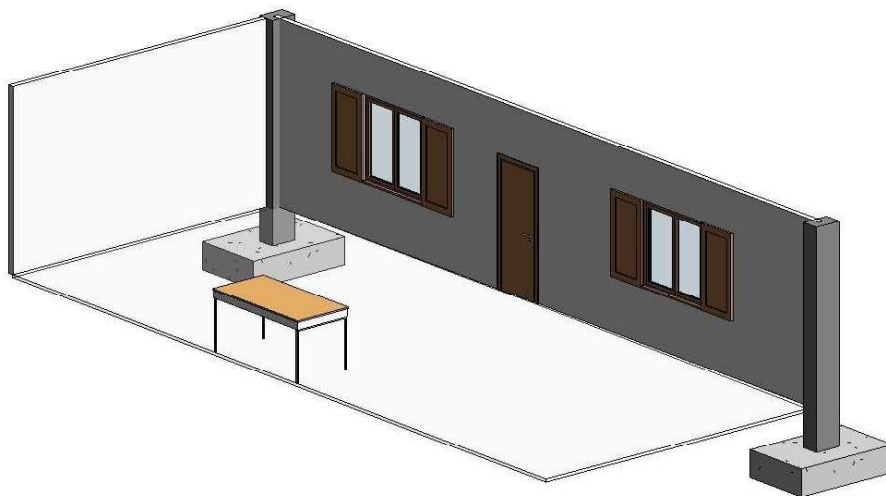
Elementos de Revit	<b>Modelo</b>	Muros, columnas, muebles, etc.	
	<b>Anotación</b>	Cotas, texto, etiquetas, etc.	
	<b>Referencia</b>	Niveles, rejillas, punto de proyecto y de reconocimiento.	
	<b>Tablas</b>	Tablas de planificación, de cuantificación, computo de materiales, listado de planos.	
	<b>Vistas</b>	Alzado, secciones, vista 3D.	

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

## 4.5.2 Familias en Revit

Las familias en Revit son los objetos o elementos que forman el modelo BIM: muros, ventanas, puertas, columnas, cimentación, mesas, sillas, cotas, planos, rejillas, alzados, etc.

**Figura 21** Ejemplo de Familia en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

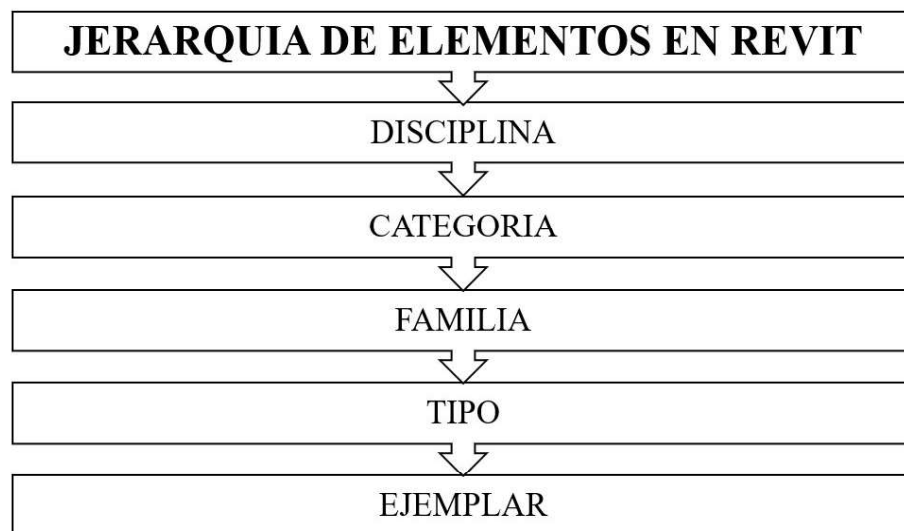
### 4.5.2.1 Jerarquías de los elementos en Revit

Los elementos en Revit se ordenan de acuerdo a las siguientes jerarquías:

1. Disciplina: es el primer orden dentro de la jerarquía de los elementos, no se pueden crear ni eliminar, se dividen en cinco disciplinas:
  - 1.1.Arquitectura
  - 1.2.Estructura
  - 1.3.Electricidad
  - 1.4.Fontanería
  - 1.5.Mecánica
2. Categoría: agrupan elementos con características comunes dentro de una disciplina: Muros, Pilares, Puertas, Suelos, etc.

3. Familias paramétricas: elementos agrupados dentro de una disciplina y categoría, una de las diferencias entre las dos anteriores es que se puede crear infinitas familias en el proyecto.
4. Tipo: elementos que se agrupan dentro de la familia y se le asignan parámetros más específicos para incluir mucha más información al modelo.
5. Ejemplar: elemento que pertenece a una categoría, familia y tipo, es único y tienen sus propios parámetros.

**Figura 22** Jerarquía de elementos en Revit



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

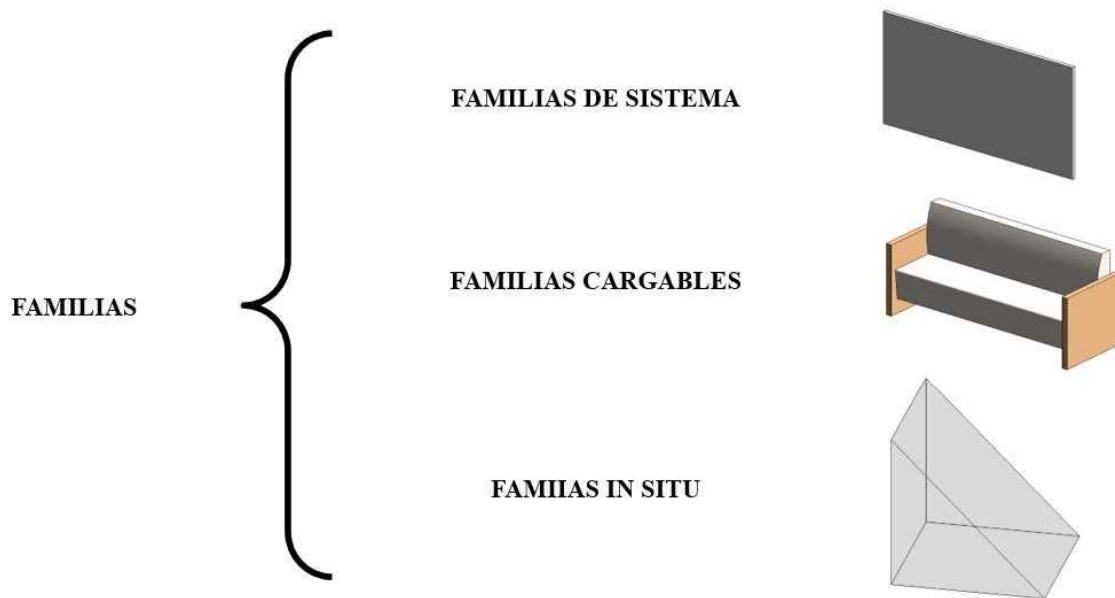
#### **4.5.2.2 Tipos de familias en Revit**

Existen 3 tipos de familias en Revit:

1. Familias de Sistema: familias predefinidas en Revit, no se carga desde archivos externos, y para crear uno nuevo se tiene que duplicar el que ya existe para poder trabajar con ello.
2. Familias Cargables: familias que son creados fuera del programa Revit y que son cargados al proyecto.

3. Familias In Situ: familias creadas por el modelador en el programa Revit para el proyecto que se está desarrollando.

**Figura 23** Tipos de familias paramétricas en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit.

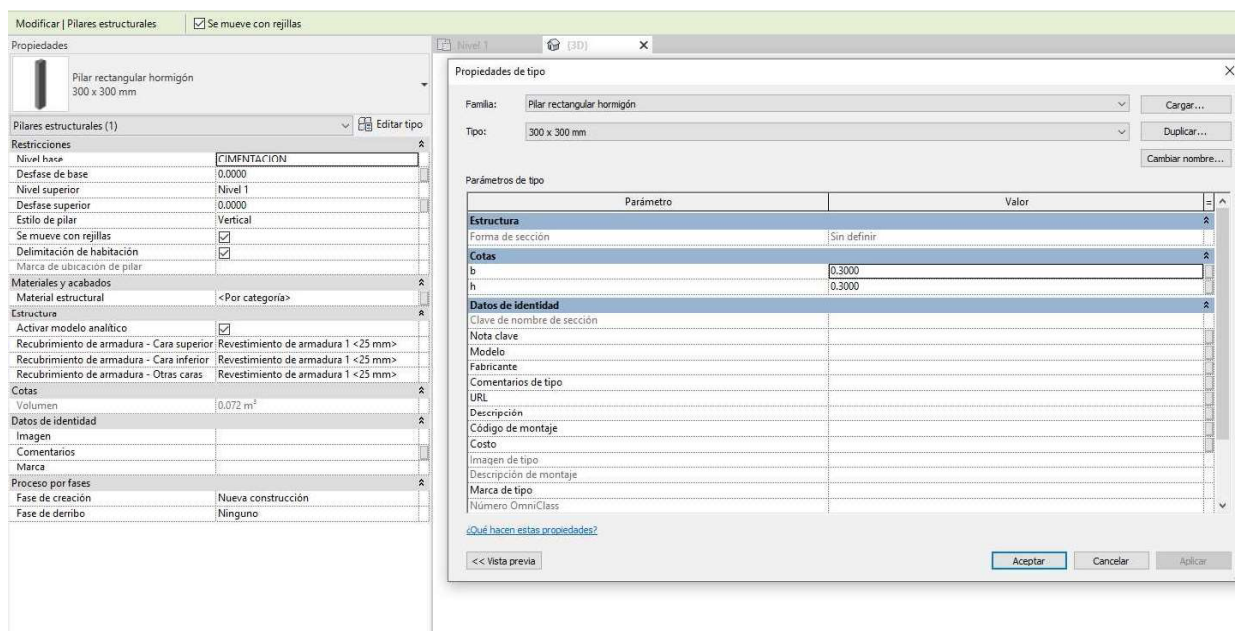
#### 4.5.3 Parámetros en Revit

Los parámetros son contenedores de las familias que permiten guardar información de los objetos que forman el modelo BIM.

Por ejemplo, si se modela una columna rectangular de concreto, este objeto tiene propiedades que se le pueden agregar, información que alimenta el modelo, información de estructura, cotas, datos de identidad, materiales, costos, volumen, etc.

Todos los objetos en Revit tienen parámetros, no solo los elementos del modelo sino también símbolos de anotación, vistas y planos.

**Figura 24** Parámetros que contiene información del elemento BIM en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Los parámetros en Revit se clasifican en 5: parámetros de sistema, parámetros de proyecto, parámetros compartidos, parámetros globales y parámetros de familia:

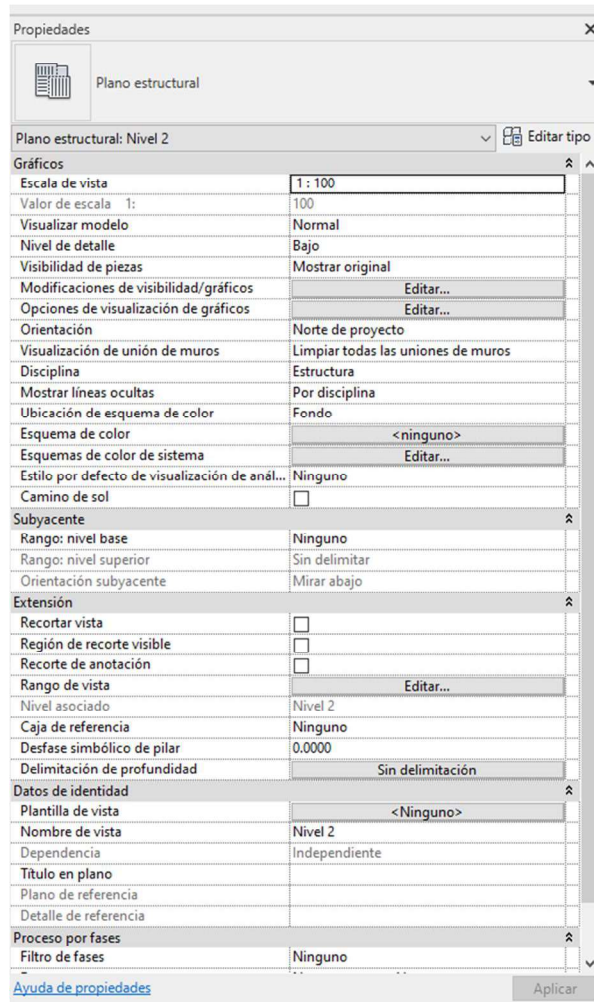
#### 4.5.3.1 Parámetros de sistema

Parámetro que ya vienen por defecto en los elementos dentro de Revit. Son propiedades que no se pueden modificar o eliminar, debido a que forman parte de la información básica de los elementos y que son fundamental para el funcionamiento en el programa. No pueden ser creados ni borrados, pueden aparecen en tablas de planificación y pueden ser etiquetados.

Por ejemplo, si vamos a la paleta de propiedades del Nivel 2 se puede encontrar los parámetros de sistema que hacen que funcionen dentro del programa: dentro de gráficos escala de vista, nivel de detalle, orientación, disciplina, etc. Estos parámetros no se pueden eliminar porque hace parte del funcionamiento de los elementos dentro de Revit.



**Figura 25** Parámetros de Sistema en Revit

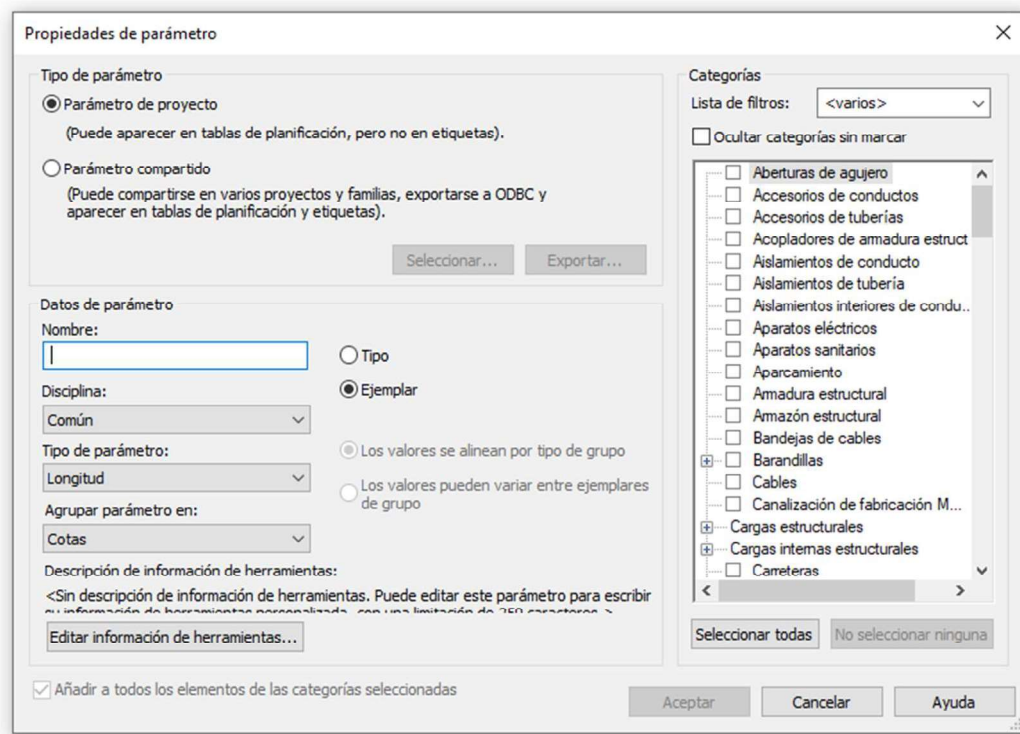


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.3.2 Parámetros de proyecto

Son parámetros que el usuario crea únicamente para el proyecto que se está trabajando y se pueden transferir, pero no compartir a otro modelo en Revit.

**Figura 26** Parámetros de proyecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

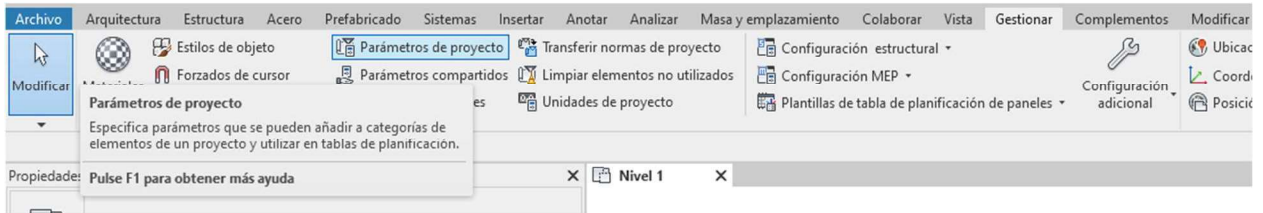
En la ventana de parámetro están las opciones para agregar un nombre, elegir la disciplina a la que pertenece, el tipo de parámetro y la agrupación del parámetro.

Al lado izquierdo de la ventana están las categorías para elegir en que categoría se utilizará el parámetro creado.

### **Ejemplo**

Nos dirigimos al panel de opciones y en la pestaña “Gestionar” seleccionamos “Parámetros de proyecto”.

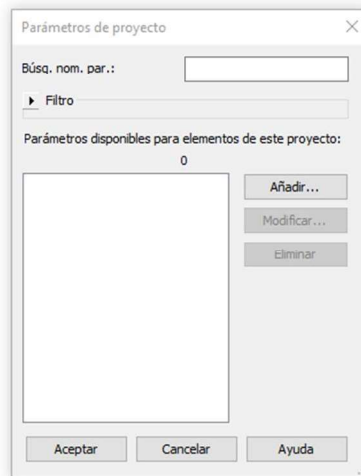
**Figura 27** Parámetros de proyecto en el panel de opción de Revit

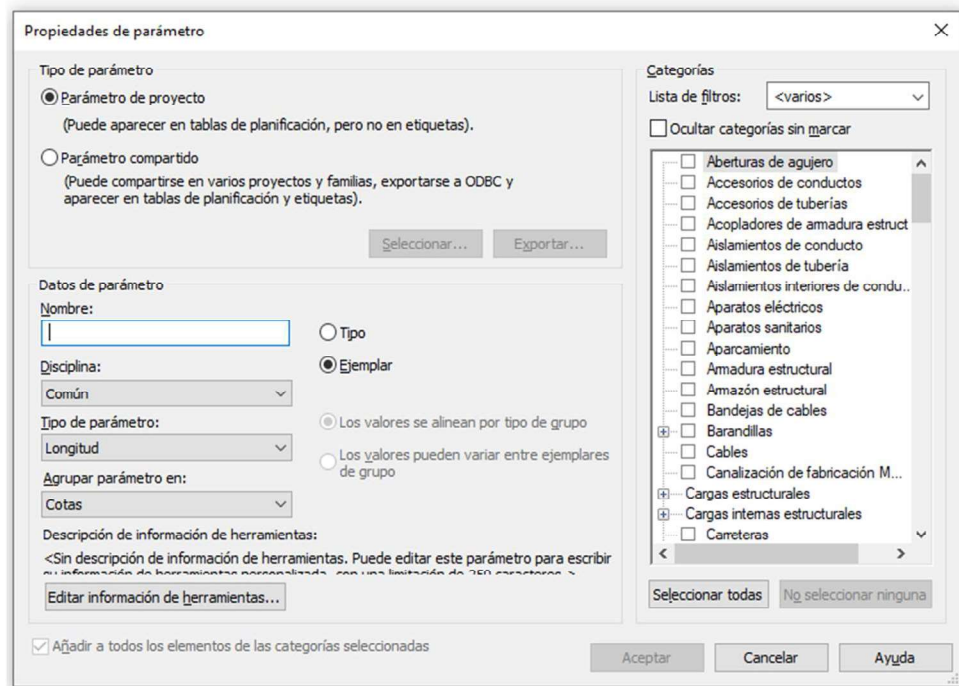


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente se elige la opción de “Añadir”. En la ventana se selecciona “Parámetro de proyecto” y se le coloca un nombre, la disciplina a la que pertenece, el tipo de parámetro y el grupo al que pertenece. Los parámetros de “Tipo” indica que se aplica a todos los elementos que pertenecen al mismo tipo, como por ejemplo pilares, suelos, muros y los de “Ejemplar” indica que aplica a un solo elemento en específico que se seleccionen en el modelo sin afectar el tipo al que pertenece (Figura 28).

**Figura 28** Propiedades de parámetros en Revit



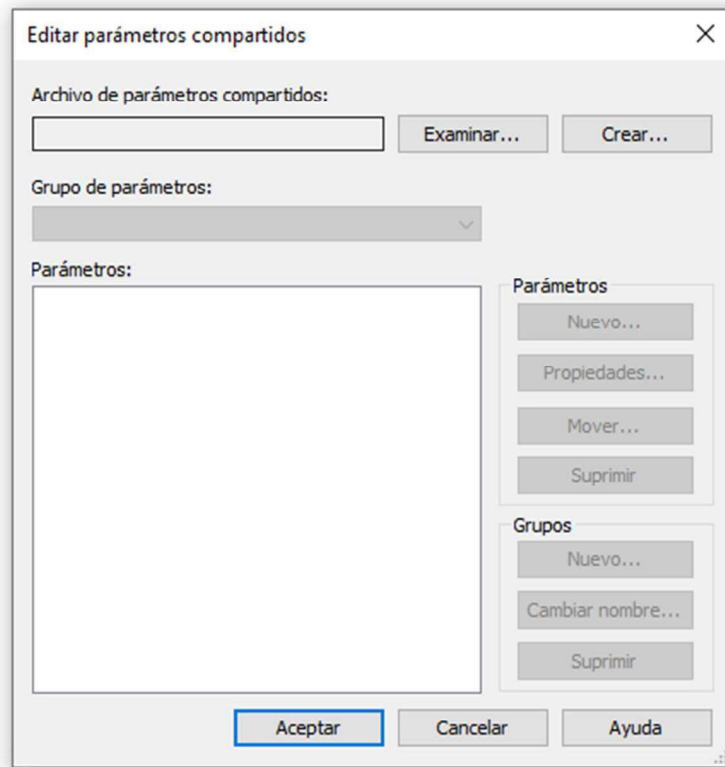


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.3.3 Parámetros compartidos

Parámetros independientes de la familia y del proyecto y son creados en Revit para ser compartidos a otros proyectos (Figura 29).

**Figura 29** Parámetros compartidos en Revit

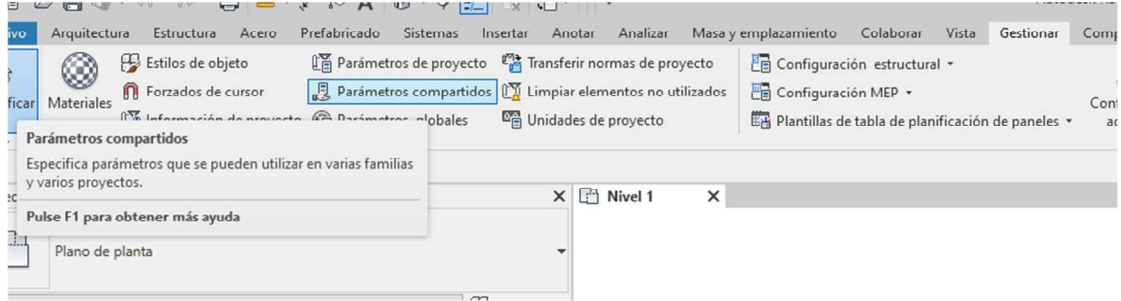


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

### **Ejemplo**

Nos dirigimos al panel de opciones y en la pestaña “Gestionar” seleccionamos la opción “Parámetros compartidos”

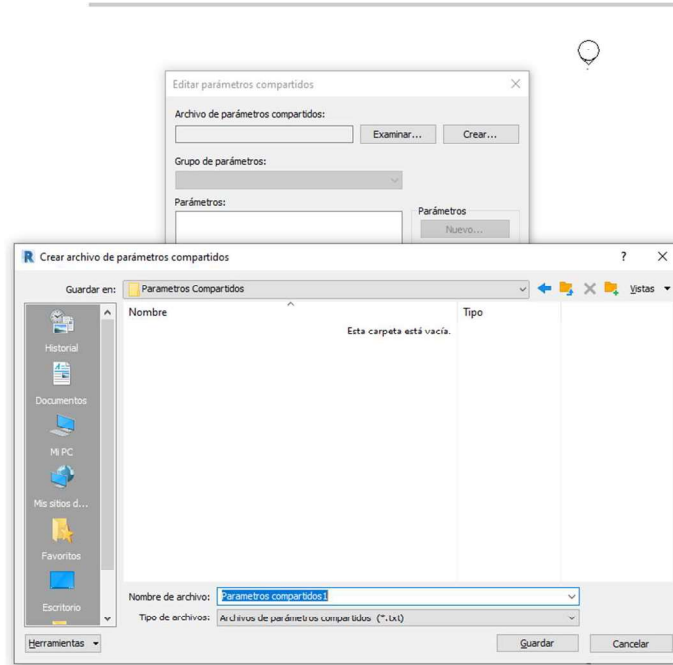
**Figura 30** Parámetros compartidos en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente se selecciona la opción de “Crear” y se elige la ubicación en donde guardar el parámetro con un nombre y luego se guarda.

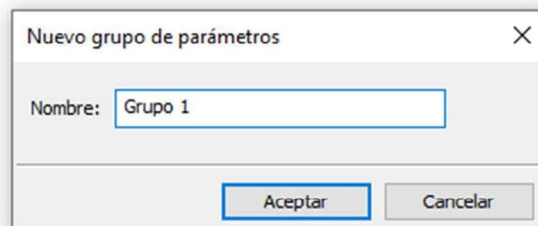
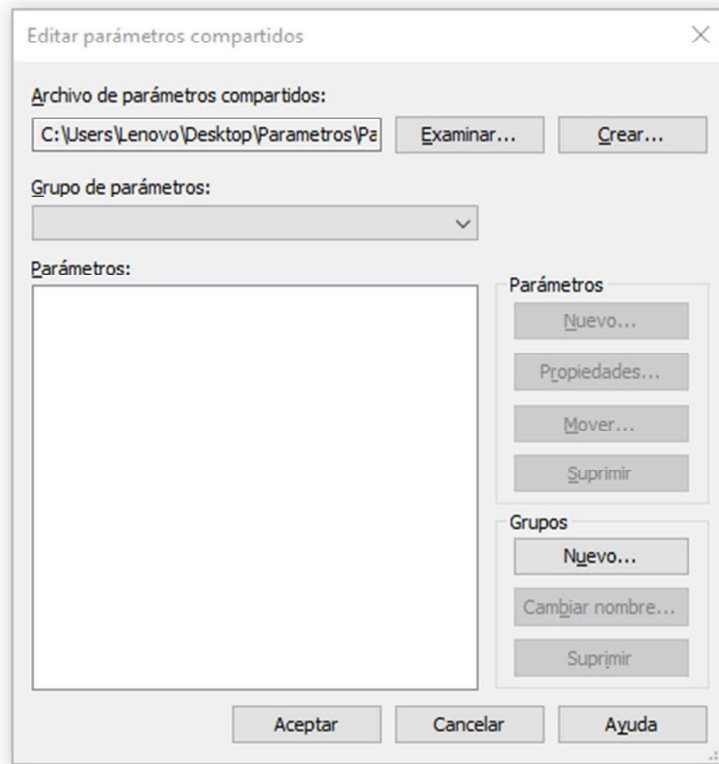
**Figura 31** Parámetros compartido en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la misma ventana emergente de “Editar parámetros compartidos” se selecciona la opción de “Grupos” y luego en “Nuevo” se le coloca un nombre y luego aceptar.

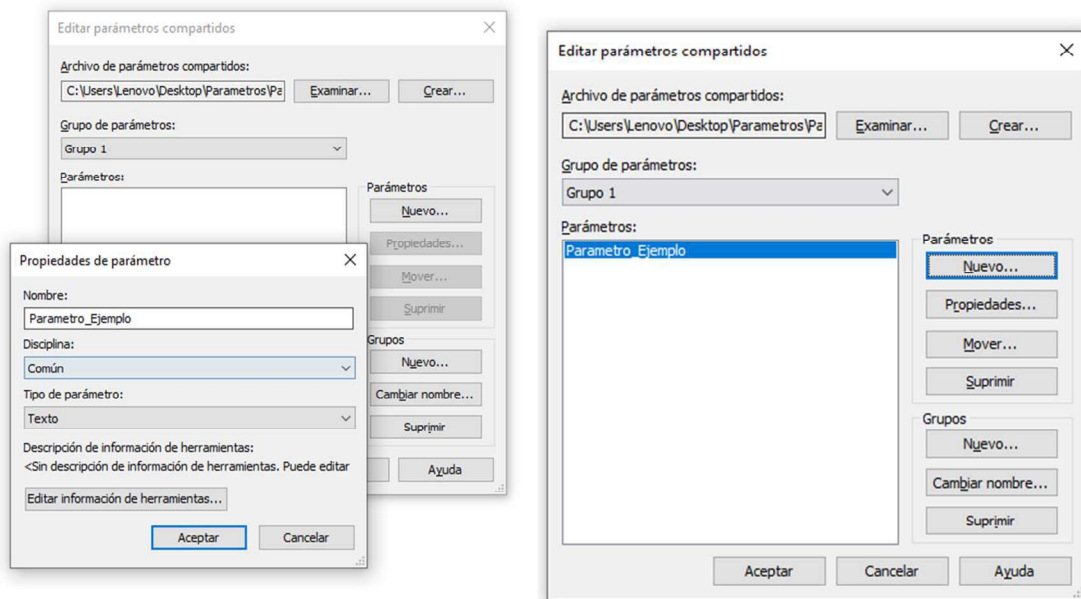
**Figura 32** Editar parámetros compartidos en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Después de haber creado el/los grupos se procede a crear los “Parámetros” siempre en la misma ventana emergente de “Editar parámetros compartidos”. Luego se ingresa el nombre, selecciona a que disciplina se trabajará y el tipo de parámetro.

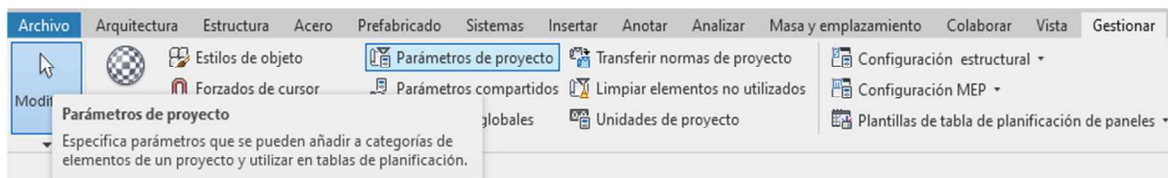
**Figura 33** Editar y cambiar propiedades de parámetros compartido en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para utilizar los parámetros compartidos, se busca el panel de opciones y en la pestaña “Gestionar” se selecciona “Parámetros de proyecto”.

**Figura 34** Parámetros compartidos en el panel de opciones dentro de Revit

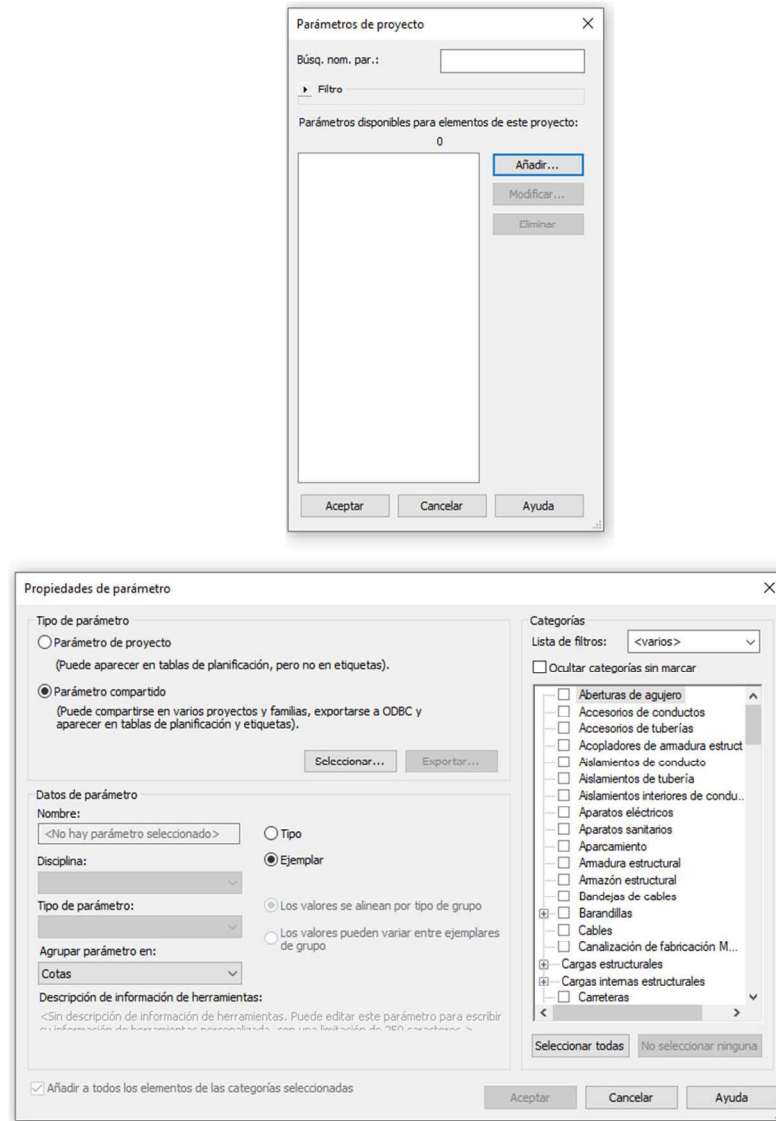


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Dentro de la ventana de parámetros de proyecto se selecciona “Añadir” y en las propiedades de parámetro se elige “Parámetro compartido”.



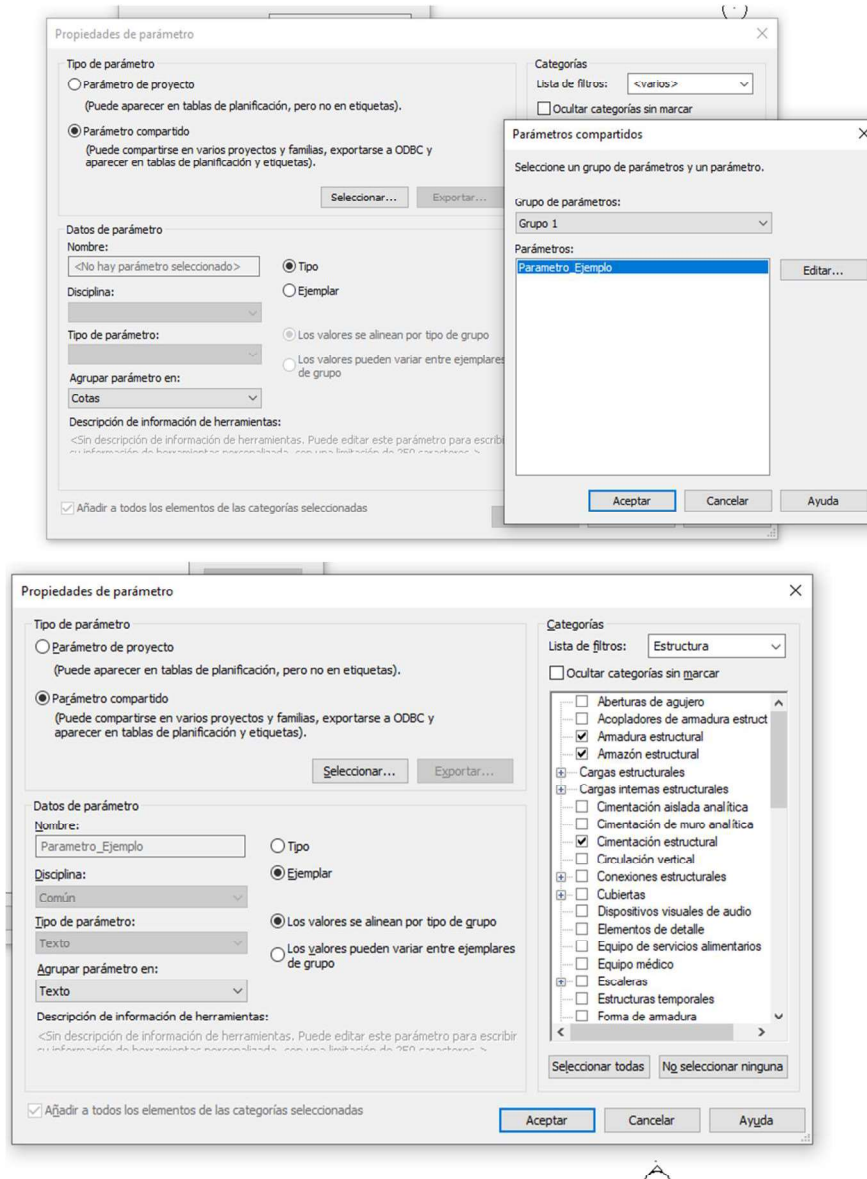
**Figura 35** Añadir parámetro dentro propiedades de parámetro de proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la opción “Seleccionar” se eligen los parámetros que se han creado previamente para utilizarlos en el proyecto. Dentro de las propiedades de parámetros se elige si es de Tipo o Ejemplar y en la opción “Categoría” se elige que categoría pertenece y se seleccionan todos los que se necesitan para el proyecto.

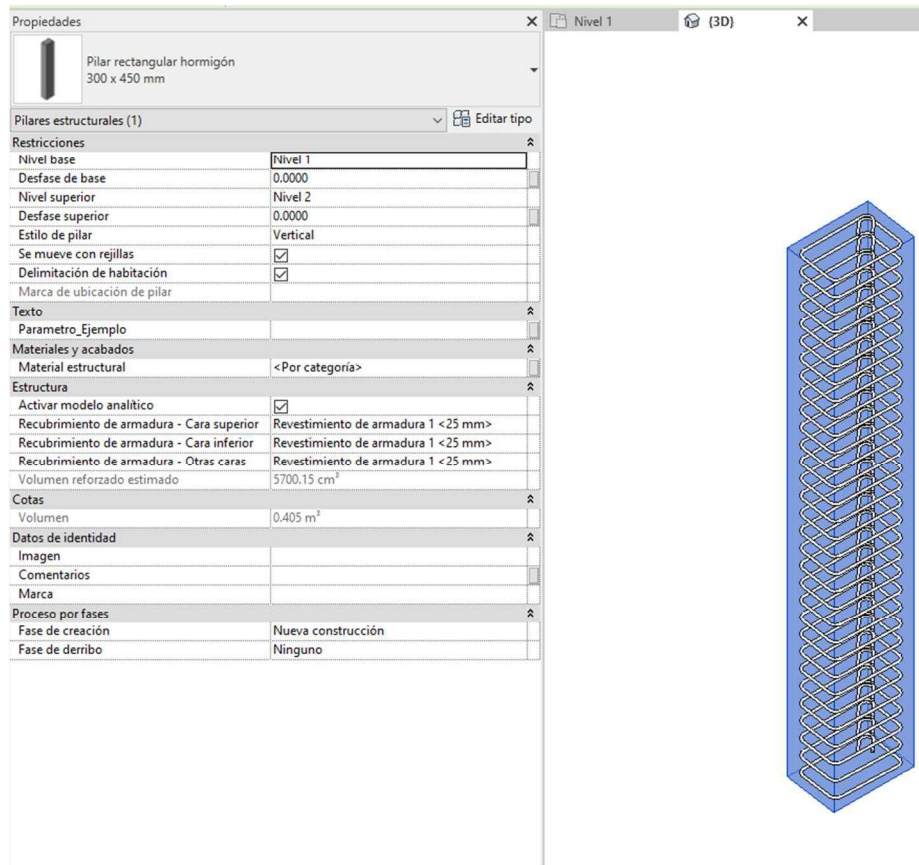
Figura 36 Creación de nuevo parámetro de proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Si se selecciona una columna con refuerzo se puede observar en el panel de propiedades el parámetro que se ha creado previamente.

**Figura 37** Panel de propiedades para ver el parámetro de proyecto creado

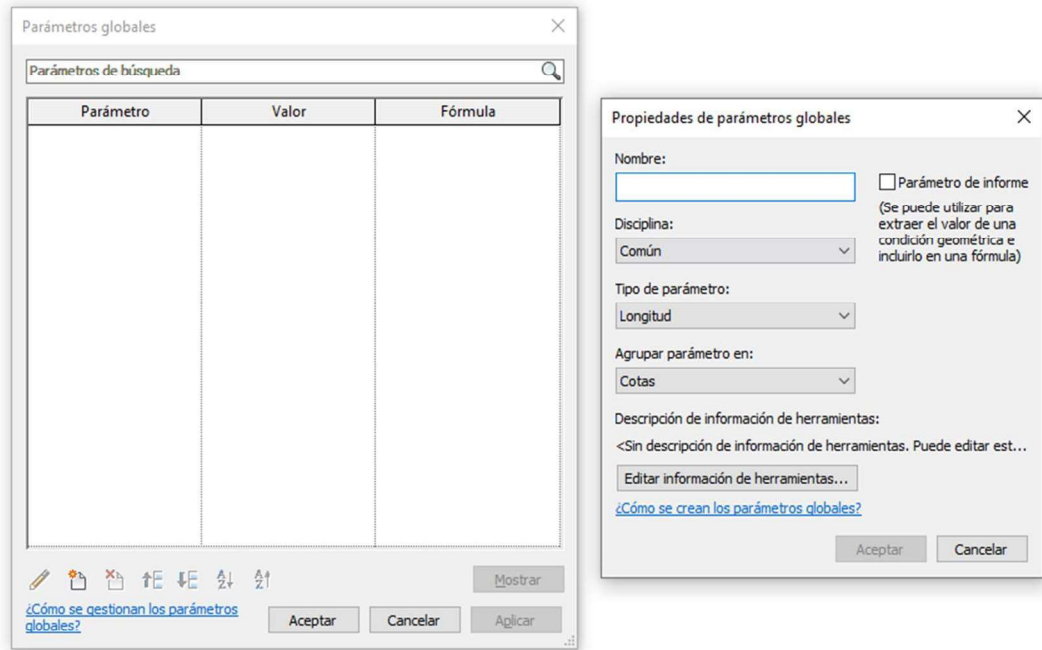


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.5.3.4 Parámetros globales

Se incluyeron a partir de la versión 2016, estos parámetros permiten crear fórmulas para realizar alguna operación en específica para un archivo del proyecto y tienen la característica de que no se asignan a una sola categoría.

**Figura 38** Parámetros globales en Revit



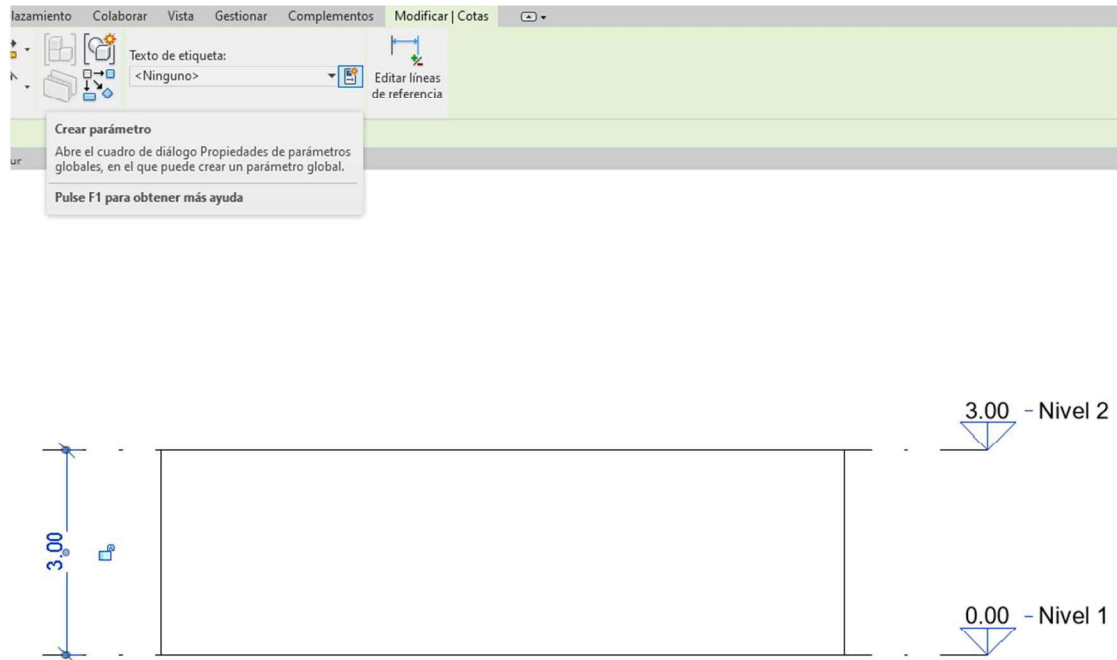
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

## Ejemplo

Vamos a crear un parámetro que modifique la altura de un muro con base a las cotas entre niveles.

- Acotamos la altura del muro
- Seleccionamos la cota y en la pestaña “Modificar” luego en la opción de “Crear parámetros”.

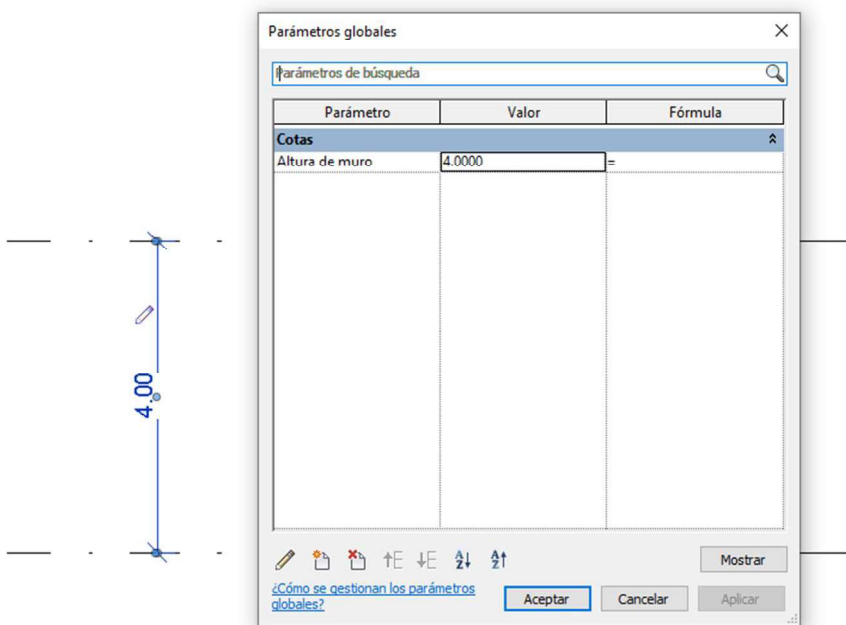
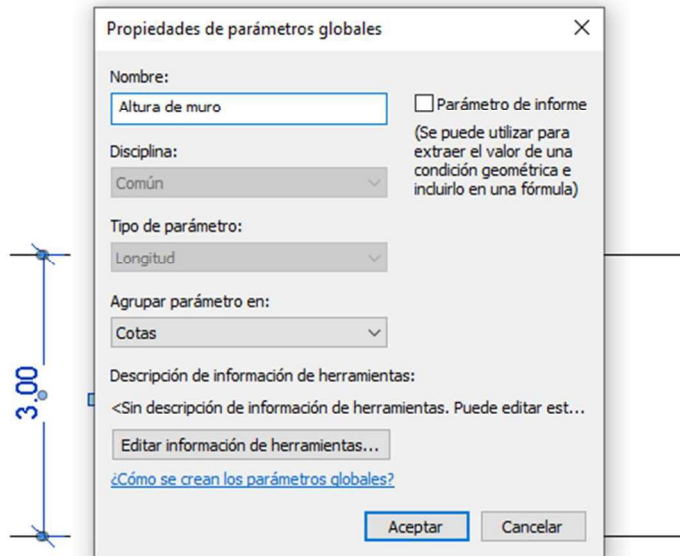
**Figura 39** Creación de un parámetro global en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

- En la ventana emergente se ingresa: el nombre, disciplina, tipo de parámetro y se agrupan parámetros. Una vez creado el parámetro, aparecerá un lápiz en la cota para poder ingresar el valor deseado.

Figura 40 Creando parámetro global




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.3.5 Parámetros de familia

Son parámetros creados a partir de una familia y ser añadido para controlar los atributos del elemento.

Estos parámetros permiten modificar las dimensiones del elemento y estos no se pueden utilizar en otros sistemas. Por ejemplo, para una columna que pertenece a la familiar de pilares estructurales se le puede ingresar información de materiales, volumen, datos de identidad, etc.

**Figura 41** Parámetro de familias en Revit

Propiedades	
	Hormigón-Rectangular-Pilar 300 x 450
Pilares estructurales (1)	Editar tipo
<b>Restricciones</b>	
Nivel base	Nivel 1
Desfase de base	0.0000
Nivel superior	Nivel 2
Desfase superior	0.0000
Estilo de pilar	Vertical
Se mueve con rejillas	<input checked="" type="checkbox"/>
Delimitación de habitación	<input checked="" type="checkbox"/>
Marca de ubicación de pilar	
<b>Materiales y acabados</b>	
Material estructural	Hormigón, Moldeado in situ, gris
<b>Estructura</b>	
Activar modelo analítico	<input checked="" type="checkbox"/>
Recubrimiento de armadura - Cara superior	Recubrimiento de armadura 1 <25 mm>
Recubrimiento de armadura - Cara inferior	Recubrimiento de armadura 1 <25 mm>
Recubrimiento de armadura - Otras caras	Recubrimiento de armadura 1 <25 mm>
<b>Cotas</b>	
Volumen	0.405 m <sup>3</sup>
<b>Datos de identidad</b>	
Imagen	
Comentarios	
Marca	
<b>Proceso por fases</b>	
Fase de creación	Nueva construcción
Fase de derribo	Ninguno

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

A continuación, se resumen las características de los parámetros en Revit, los que son importante conocer para gestionar la información en el programa:

1. Parámetro de sistema

- Se encuentran en los archivos de proyecto y de familia.
- Revit lo crea por defecto.
- SI se pueden etiquetar.
- La información que se agregó al parámetro SI puede verse en las tablas de planificación.

2. Parámetro de proyecto

- Se encuentran en los archivos del proyecto.
- El usuario lo crea.
- NO se pueden etiquetar.
- La información que se agregó al parámetro SI puede verse en las tablas de planificación.

3. Parámetro compartido

- Se encuentran en los archivos compartidos, de proyecto y de familia.
- El usuario lo crea.
- SI se pueden etiquetar.
- La información que se agregó al parámetro SI puede verse en las tablas de planificación.

4. Parámetro global.

- Se encuentran en los archivos de proyecto.
- El usuario lo crea.
- NO se pueden etiquetar.



- La información que se agregó al parámetro NO puede verse en las tablas de planificación.

#### 5. Parámetro de familia

- Se encuentran en los archivos de familia.
- El usuario lo crea.
- NO se pueden etiquetar.
- La información que se agregó al parámetro NO puede verse en las tablas de planificación.

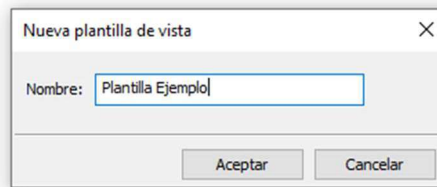
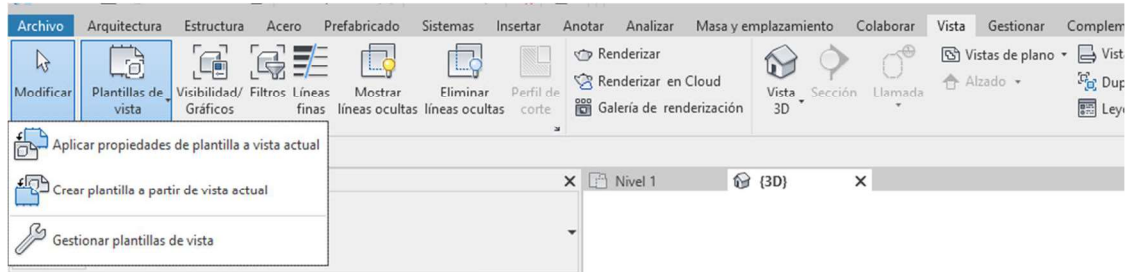
#### 4.5.3.6 Propiedades de los parámetros

1. **Nombre:** nombre del parámetro según lo establecido en el BEP, pueden editarse en los parámetros de proyecto y de familia.
2. **Disciplina:** información de la disciplina a la que pertenece con diferentes parámetros.
3. **Parámetro de tipo:** el valor definido para este parámetro afectará a todos los elementos que pertenecen a la misma familia.
4. **Parámetro de ejemplar:** el valor definido para este parámetro afectará únicamente al elemento que se trabaja.
5. **Parámetro de informe:** es el valor que puede extraerse a partir de una dimensión de la familia y el usuario no puede modificar ni crear, solamente se utiliza para extraer información del modelo y presentarlo en una tabla.

#### 4.5.4 Plantillas de vistas

Las plantillas de vistas en Revit permiten configurar las propiedades gráficas y ajustes de visibilidad del proyecto para facilitar el trabajo y ahorrar tiempo, es decir, son propiedades que se le aplica a una vista para utilizarlo a otra vista. Para crear plantillas de vista, en el panel de opciones se selecciona la opción “Vista” y luego en “Plantilla de vista”. Se ingresa el nombre de la vista para configurar las propiedades gráficas y de visibilidad.

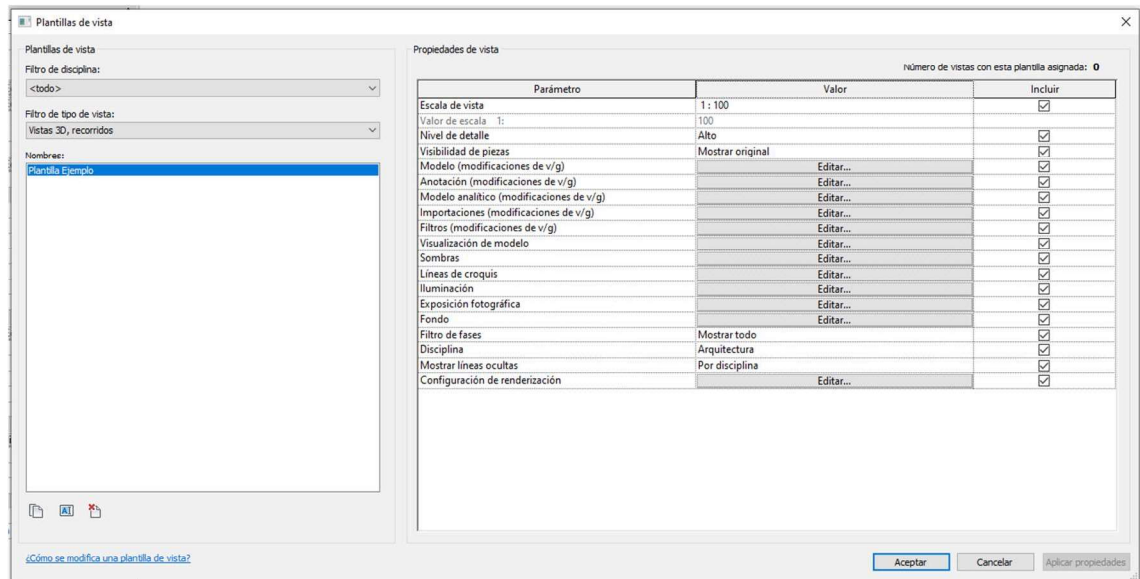
**Figura 42** Plantilla de vista en panel de opciones dentro de Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En propiedades de vista se puede configurar la escala, el nivel de detalle, visibilidad de piezas, modelo, filtros, disciplina entre otros.

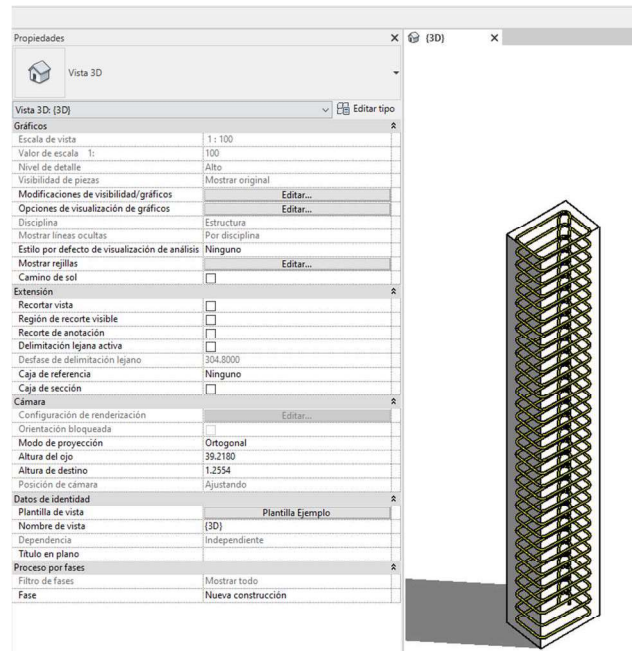
**Figura 43** Plantilla de vista en propiedades de vista dentro de Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para utilizar la plantilla de vista, se ubica el panel de propiedades en la vista en la que se trabaja, por ejemplo, en una vista 3D y en “Datos de identidad” se elige la plantilla que se ha creado previamente.

**Figura 44** Propiedades de vista 3D de una columna

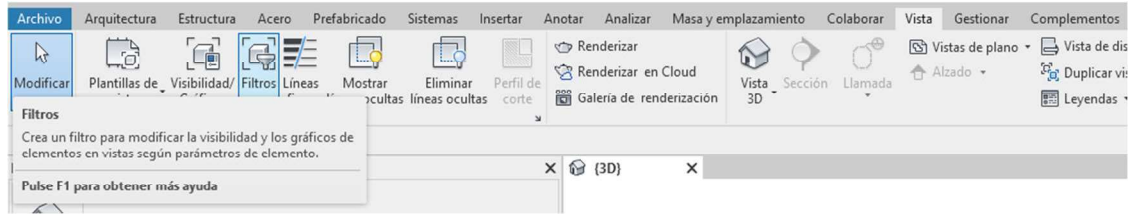


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.5 Filtros

Los filtros permiten modificar la apariencia de los elementos que cumplan con las condiciones especificadas. Los filtros son útiles al momento de modificar la visualización del modelo. Para crear filtros, se puede dirigir al panel de opciones y en la pestaña “Vista” se selecciona “Filtros”.

**Figura 45** Filtros en el panel de opciones dentro de Revit

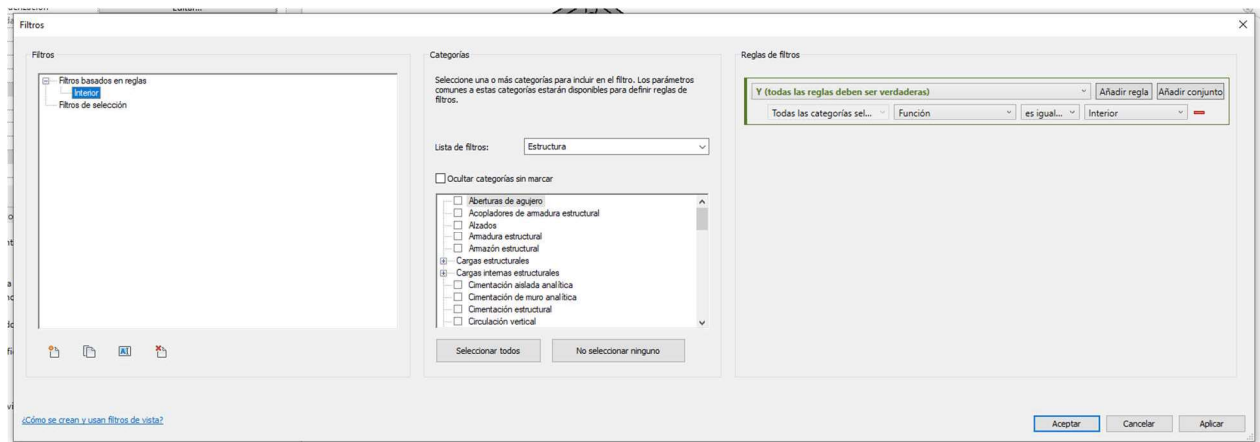


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana de Filtros se pueden encontrar tres campos:

- Filtros: se pueden crear, duplicar, cambiar nombre y suprimir filtros
- Categorías: categoría a la cual se puede utilizar el filtro
- Reglas de filtros: reglas o condiciones para poder utilizar los filtros.

**Figura 46** Ventana de filtro



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

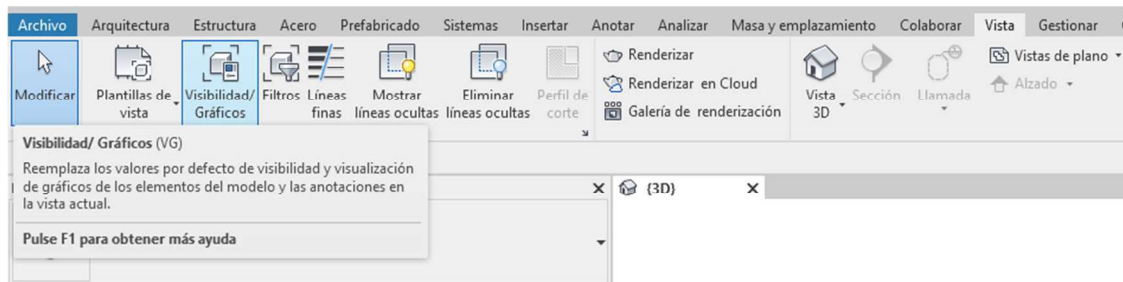
## Ejemplo

Vamos a crear un filtro para modificar el color del refuerzo 3/8” (10M), para ello se realizan los siguientes pasos:

- Filtro: en nuevo, se ingresa el nombre del filtro: Hierro No. 3
- Categoría: se elige Estructura y en la lista seleccionamos “Armadura estructural”
- Reglas de filtro: se elige como condición Y (todas las reglas deben ser verdaderas), luego se selecciona “Nombre de tipo” después “es igual” y por último se busca el refuerzo deseado, 10M.

Para utilizar el filtro, se debe dirigir al panel de opciones y en la pestaña de “Vista” seleccionamos “Visibilidad de gráfico”.

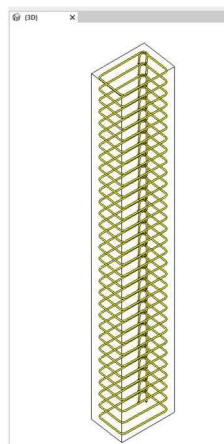
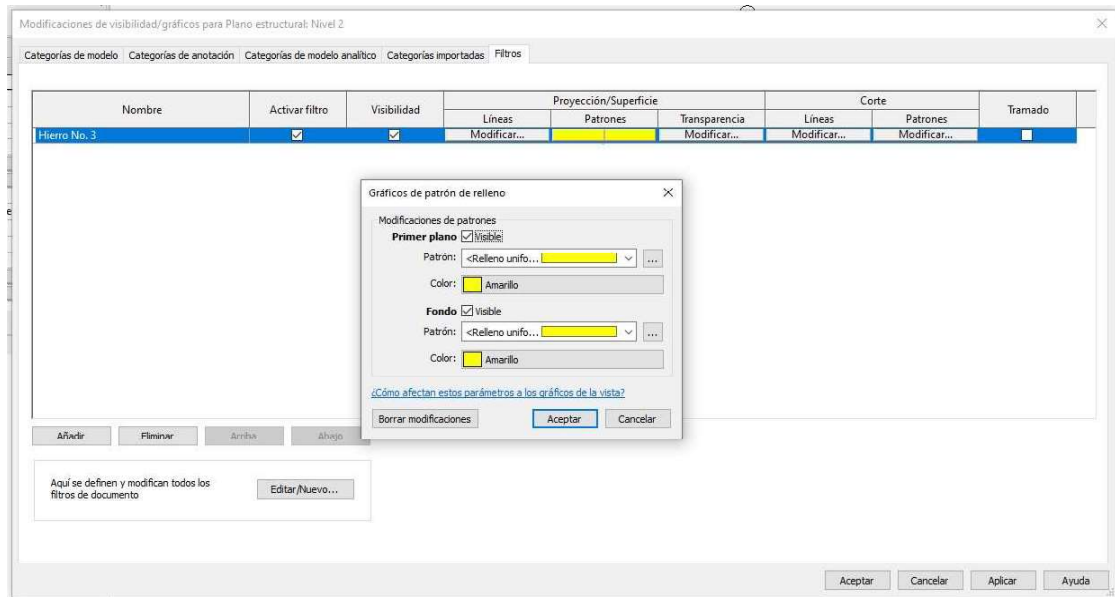
**Figura 47** Visibilidad de gráficos para utilizar Filtros



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana de Visibilidad de gráfico, se selecciona la opción “Filtros” y se agrega lo que se ha creado previamente. En la opción “Proyección/Superficie” se elige el patrón y el color.

**Figura 48** Aplicación de filtros a una columna dentro de Revit

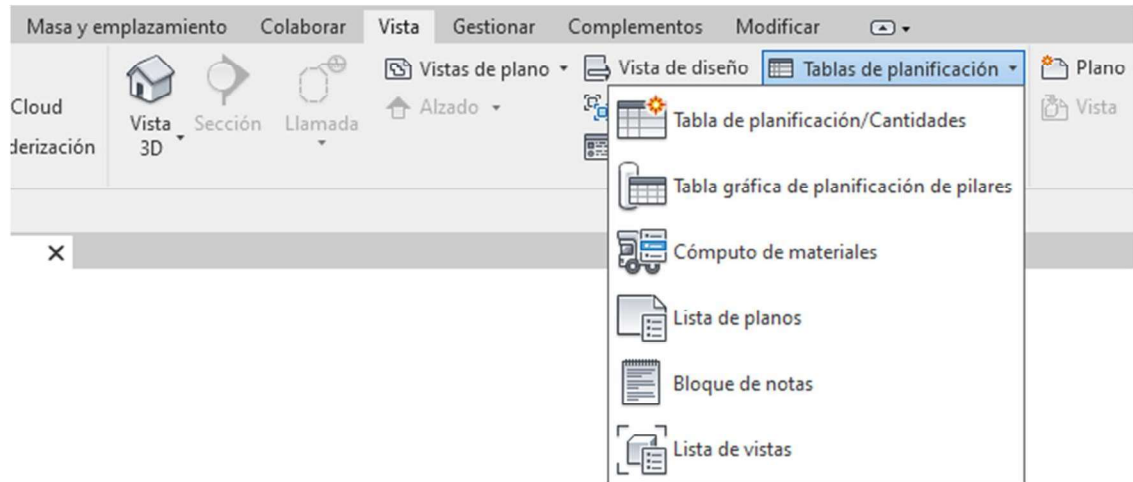


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.6 Cuantificación de materiales

Para la cuantificación de materiales en Revit, se dirige al panel de opciones y en la pestaña “Vista” se selecciona la opción “Tabla de planificación”.

**Figura 49** Pestaña para seleccionar Tabla de planificación en panel de opciones en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Las tablas de planificación permiten extraer información de los elementos del modelo, así como obtener una lista de planos y de vistas:

- Tablas de planificación/Cantidades: cuantificación de materiales por elementos
- Tabla gráfica de planificación de pilares: permite generar una gráfica con la información de columnas del modelo.
- Computo de materiales: cuantificación por materiales de los elementos.
- Lista de planos: permite generar tablas con el listado de planos del proyecto.
- Bloques de notas: los bloques de notas permiten extraer información de anotaciones aplicadas a los elementos del modelo.
- Lista de vistas: permiten extraer información de las vistas que hay en el modelo.

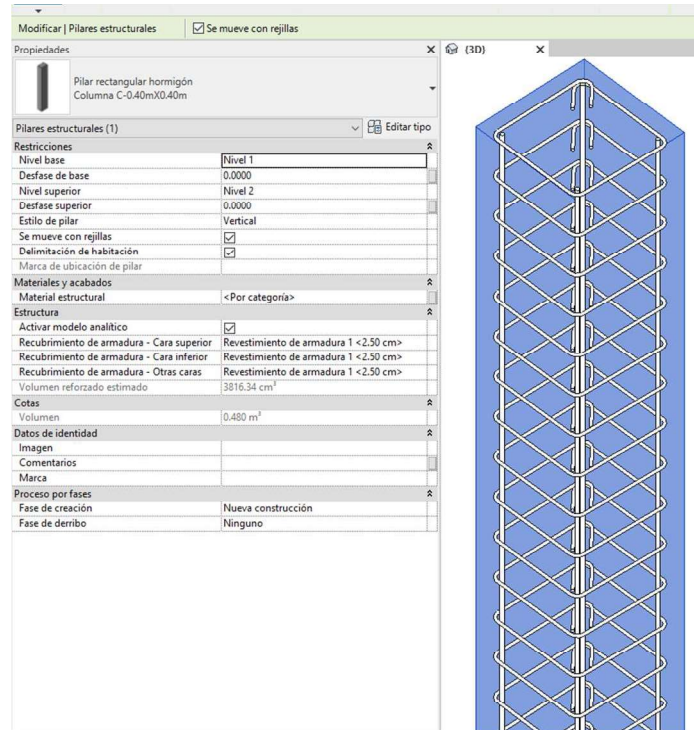
### **Ejemplo**

Para este ejemplo, haremos uso de la opción de " Tablas de planificación/cantidades" para extraer la información de una columna.

#### 4.5.6.1 Asignación de materiales

Para asignarle un material a las columnas estructurales, se da clic sobre el elemento y en el panel de propiedades, en la opción “Materiales y acabados” y se selecciona “Material Estructural”.

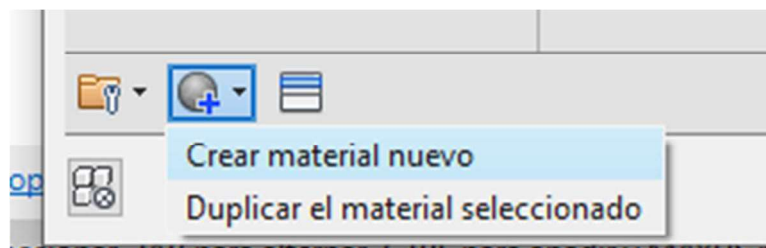
**Figura 50** Asignación de materiales a columna



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En el explorador de materiales, en la opción de “Crear material nuevo” en la parte inferior, se crea un nuevo material y se le cambia el nombre.

**Figura 51** Crear material nuevo en Materiales y Acabados para la columna



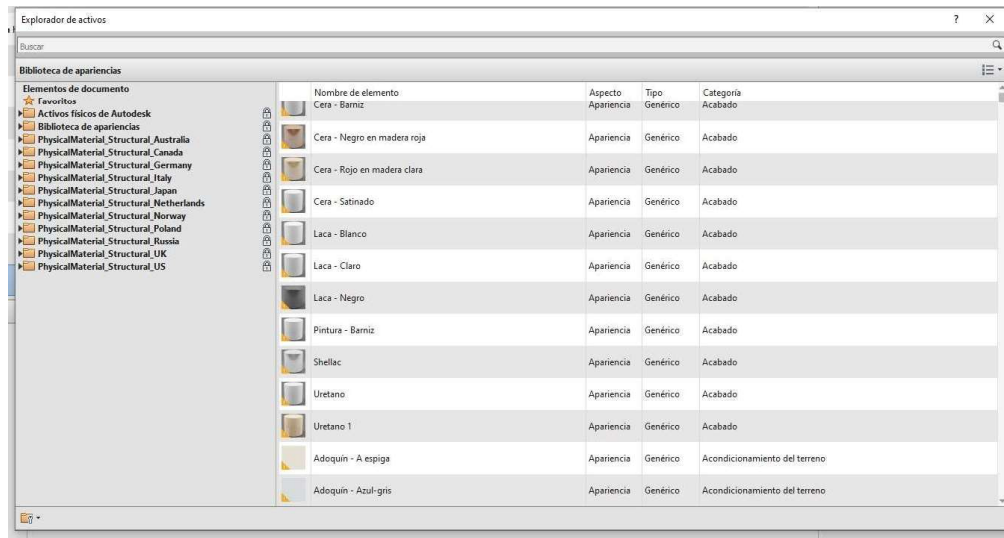
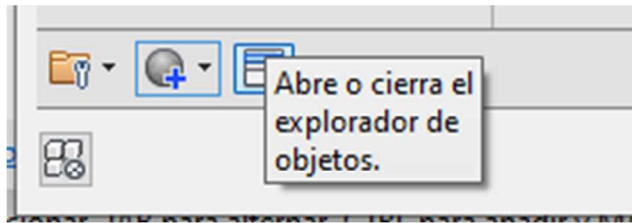




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la parte inferior de la ventana se selecciona “Explorador de activos”, luego se le asigna materiales al elemento. En la biblioteca de apariencia se selecciona la que se utilizará en el proyecto, cabe mencionar que estas son APARIENCIAS y no afectan en la cuantificación de materiales.

**Figura 52** Asignación de apariencia a materiales para la columna



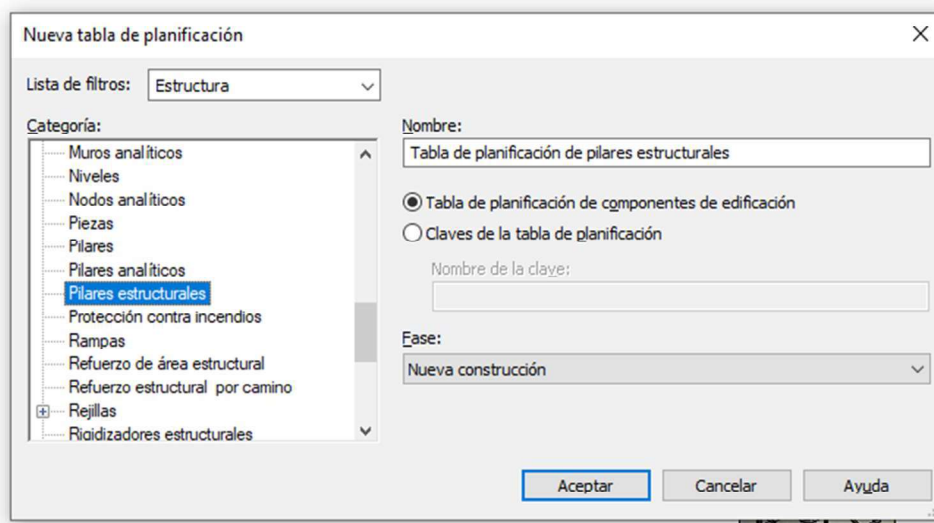
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

## 4.5.6.2 Cuantificación

### 4.5.6.2.1 Volumen de elementos

En el panel de opciones, se ubica la pestaña de “Vista” y se selecciona “Tabla de planificación/cantidades.” Dentro de la ventana de planificación se elige la disciplina “Estructura” en la lista de filtros y en la categoría “Pilares estructurales”. En las fases se selecciona la fase en la que se encuentra el proyecto, para este caso se elige “Nueva construcción”.

**Figura 53** Nueva tabla de planificación para columna de ejemplo

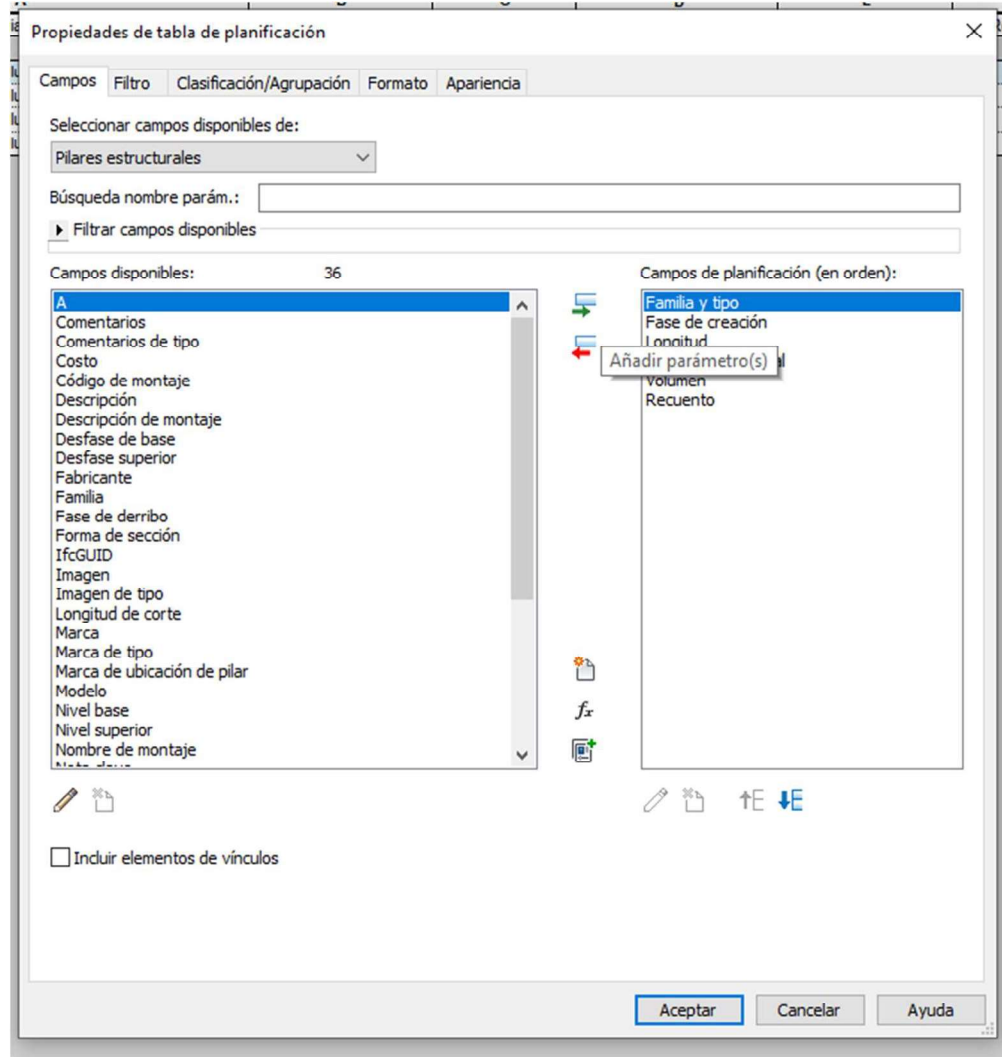


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En las propiedades de tabla de planificaciones se tienen varias pestañas que permiten manipular la información del elemento.

- Campos: en esta parte se encuentran los “Campos disponibles”, donde se extraen la información. Se selecciona el campo que se utilizará y se traslada a la ventana “Campos de planificación (en orden)” con la opción de “Añadir parámetro”.

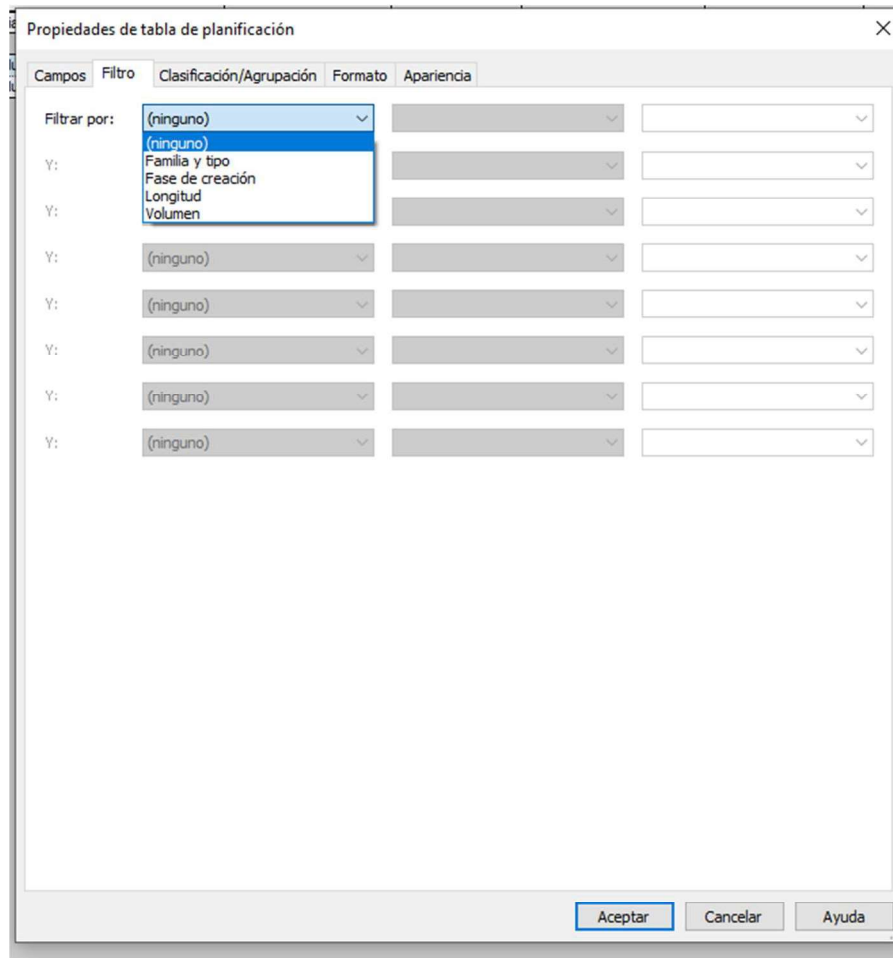
**Figura 54** Asignación de campos a tabla de cuantificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

- Filtros: en este campo se filtrar la información por parámetro

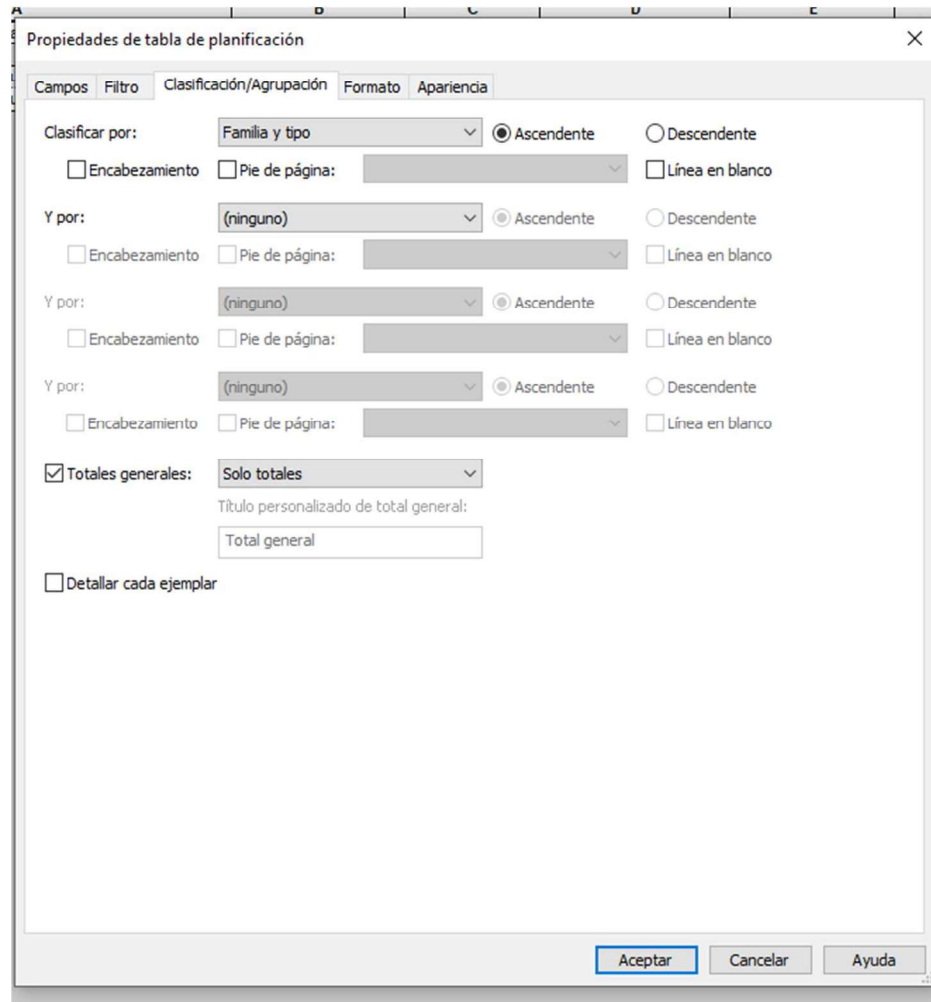
**Figura 55** Filtrar información en tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

- Clasificación/Agrupación: en esta pestaña se Clasifica por parámetro y se agrupa de manera ascendente o descendente, también se calcula “Totales generales” y “Detallar cada ejemplar”, esto permitirá obtener el total de elementos que pertenecen a un mismo tipo.

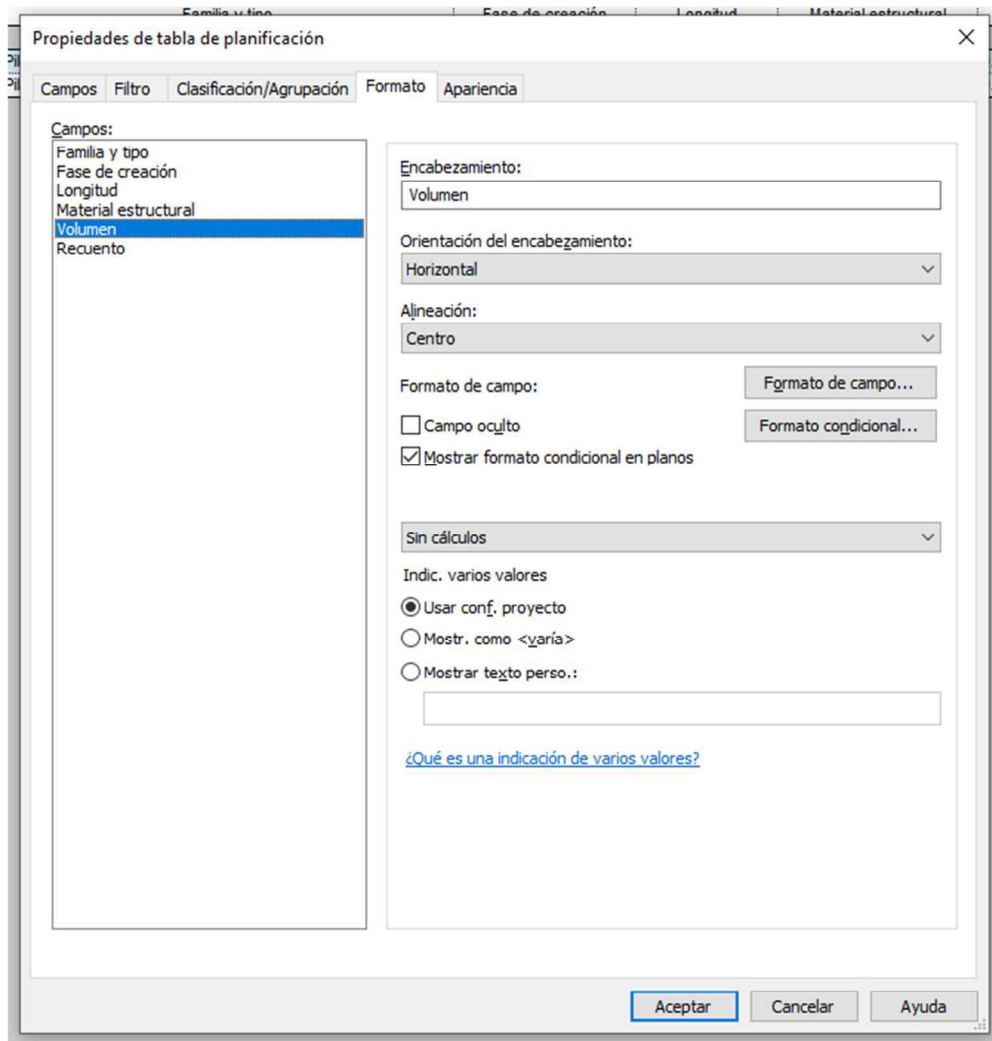
**Figura 56** Clasificación de parámetros en tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

- Formato: en este campo se configura el formato de presentación de la información, la orientación del encabezamiento, alineación, formato condicional y formato de campo.

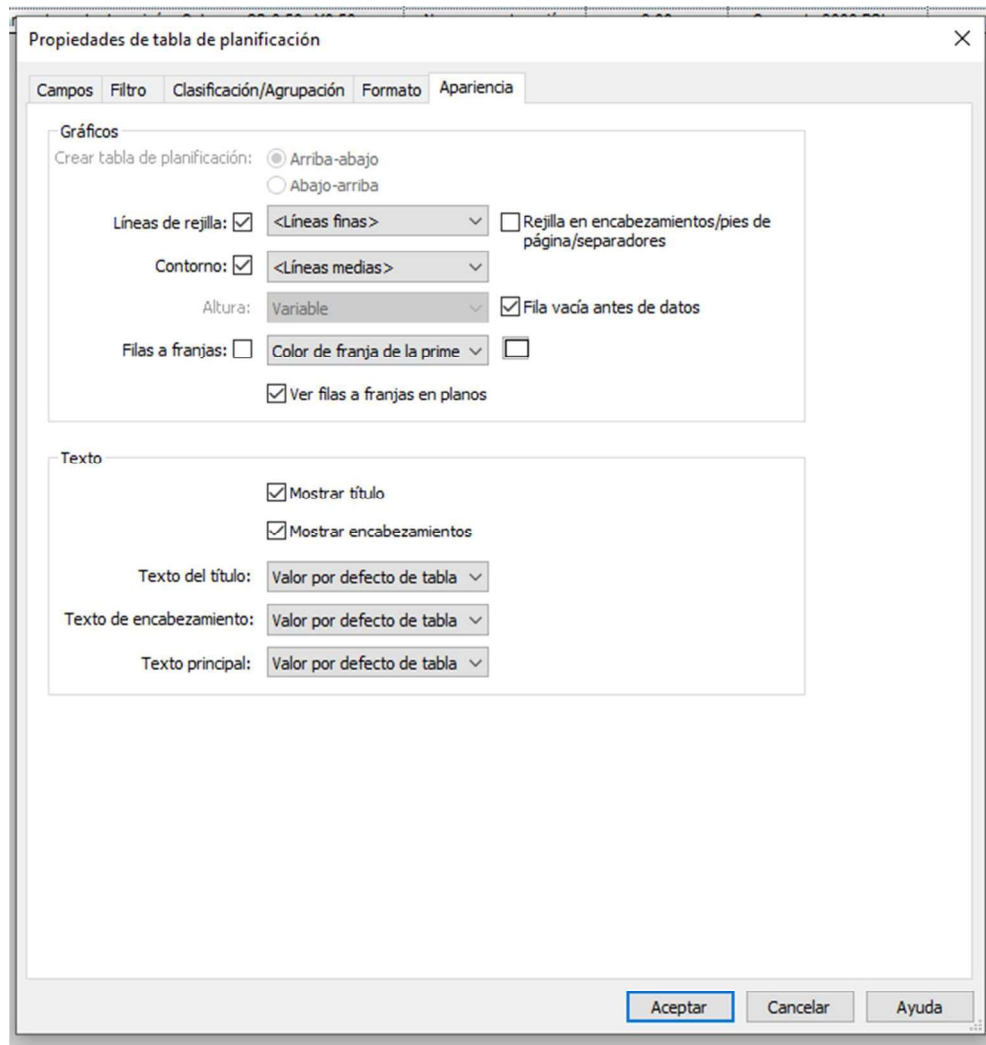
**Figura 57** Formato de tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

- Apariencia: campo en donde se configura la apariencia de la tabla, tipo de texto, líneas y filas. Se finaliza la configuración y luego en “Aceptar”.

**Figura 58** Apariencia en propiedades de tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la tabla de planificación de pilares estructurales se pueden observar los parámetros que se ingresaron a las columnas. En este ejemplo, la tabla es únicamente para el material de la columna sin refuerzo, y para cuantificar el acero se realiza otra tabla de planificación.

**Figura 59** Tabla de planificación para columna de ejemplo

<Tabla de planificación de pilares estructurales>					
A	B	C	D	E	F
Familia y tipo	Fase de creación	Longitud	Material estructural	Volumen	Recuento
Pilar rectangular hormigón: Columna C1-0.40mX0.40m	Nueva construcción	3.00	Concreto 3000 PSI	0.48 m <sup>3</sup>	2
Pilar rectangular hormigón: Columna C2-0.50mX0.50m	Nueva construcción	3.00	Concreto 3000 PSI	0.75 m <sup>3</sup>	2
					4

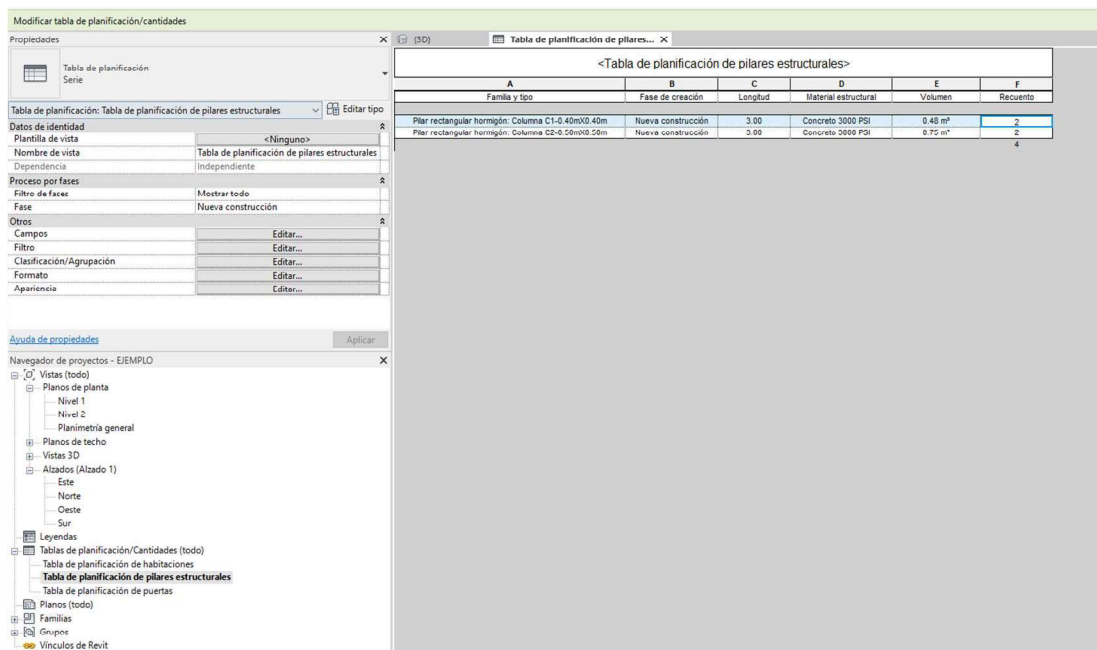
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Como se observa, por defecto Revit solo calcula “Longitud”, “Área” y “Volumen” de los elementos, pero no la cantidad de materiales utilizados.

#### 4.5.6.2.2 Cálculo de materiales para concreto

Nuevamente se dirige a la tabla de planificación para que en el panel de propiedades y en “Otros” se seleccione “Campos” y por último en “Editar.”

**Figura 60** Editar tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit



El cálculo de materiales para el concreto se hace con base a las proporciones, según diseño de mezclas, para este ejemplo se utilizará una proporción de 1:2:2 para una resistencia de 3000 PSI.

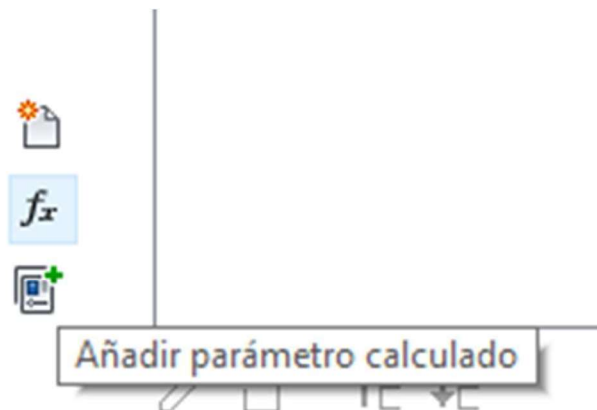
**Tabla 24** Factores para calcular materiales de concreto

Para 1 m3 de concreto	
Factores	Formula
Sacos de cemento: 9.80 M3 de arena: 0.55 M3 de grava: 0.55 Litros de agua: 227	Sacos de cemento = Volumen*Factor M3 de arena = Volumen*Factor M3 de grava = Volumen*Factor Lts de agua = Volumen*Factor

Fuente: (García, pág. 35)

En las propiedades de tabla de planificación se elige la opción de “Añadir parámetro calculado” para proceder a crear las fórmulas.

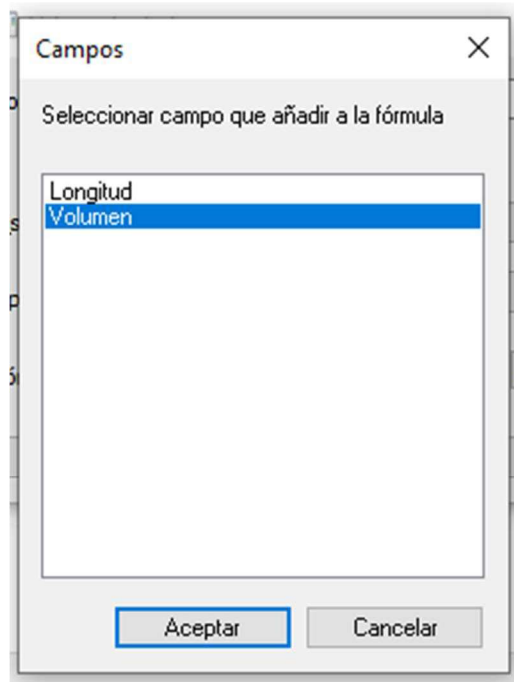
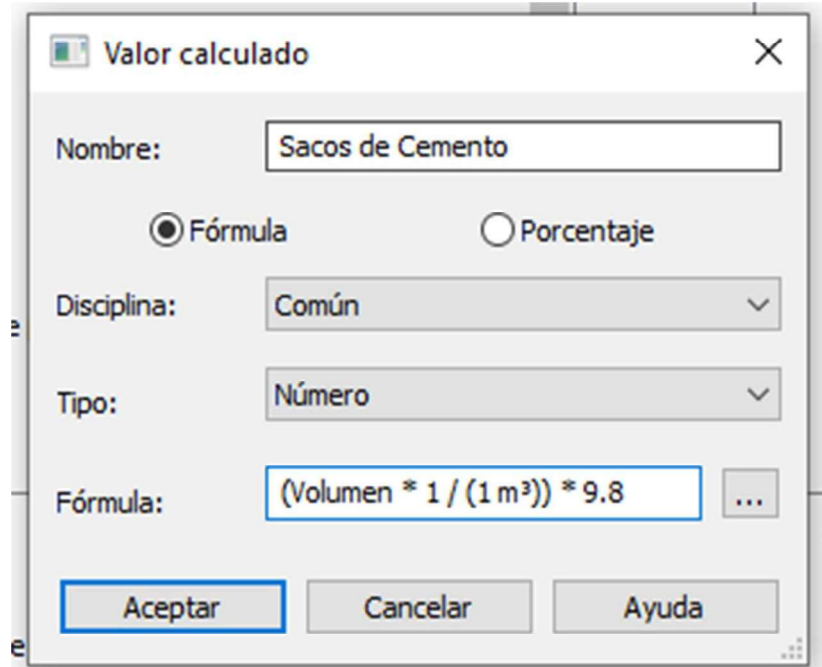
**Figura 61** Añadir parámetro calculado en tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana de Valor calculado se ingresa un Nombre, se selecciona Fórmula, la disciplina en la cual se trabaja y el tipo Número, debido a que el resultado es un valor numérico y lo más importante, la Fórmula selecciona el campo Volumen y lo multiplicamos por el factor.

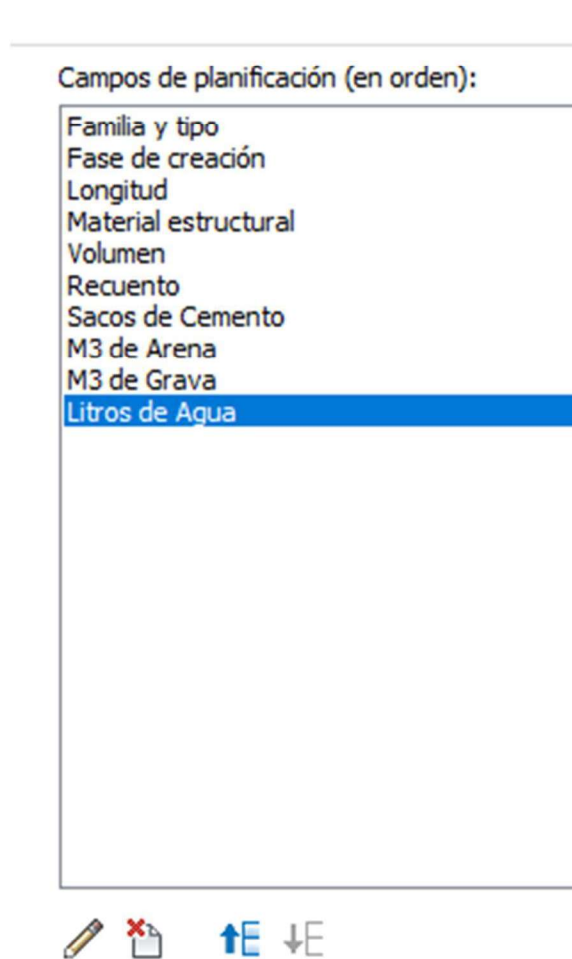
**Figura 62** Valor calculado para calcular las bolsas de cemento

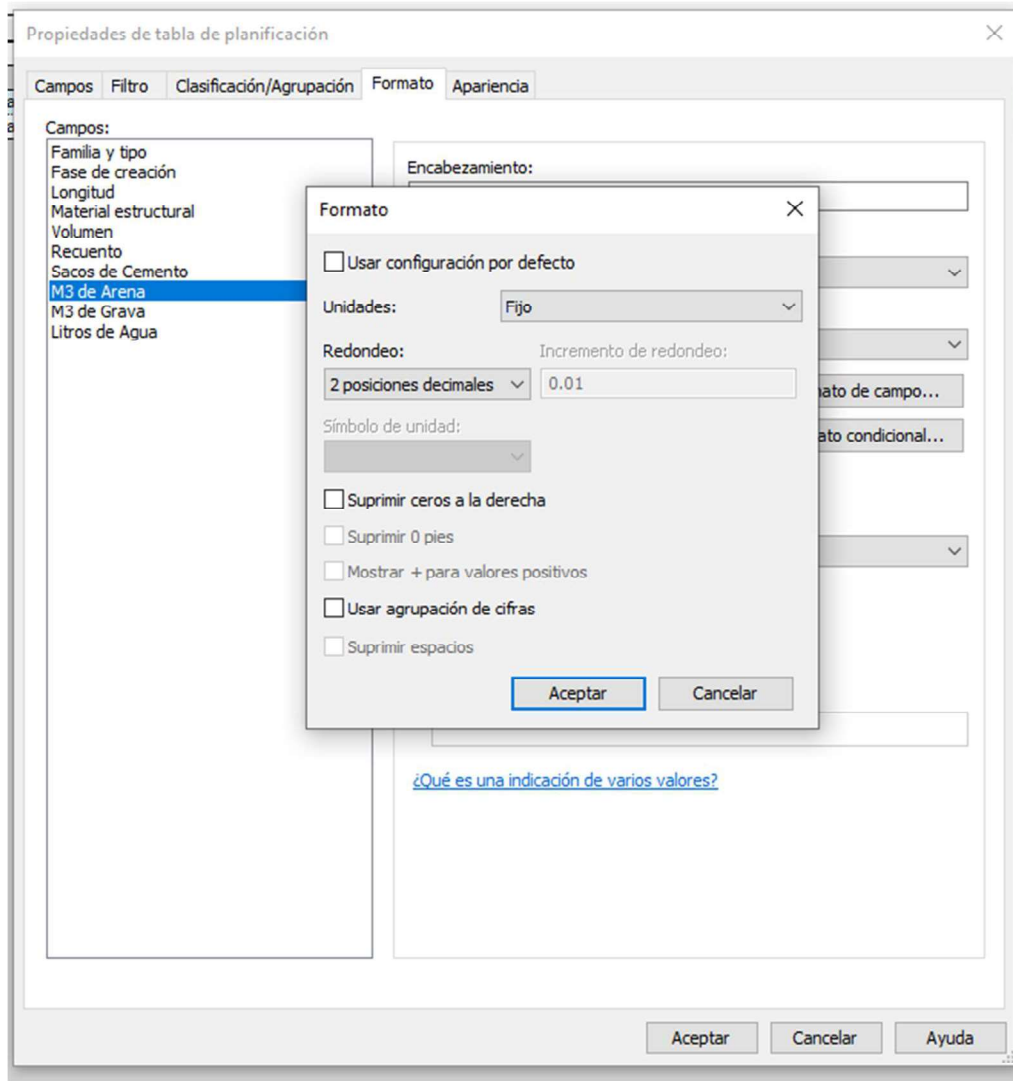


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se crean los demás campos y sus respectivas fórmulas para obtener los otros materiales. En la pestaña de formato también se puede configurar la cantidad de decimales que se desean utilizar.

**Figura 63** Creando parámetros calculados





Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Después de crear los parámetros y configurar las unidades de medida y el recuento, se tiene la cantidad de cemento, arena y grava para las columnas del ejemplo. Se tienen cuatro columnas de dos tipos C1\_0.40mx0.40m y C2\_0.50mx0.50m, ambas de 3.00 m de longitud con sus respectivos volúmenes y recuento.

**Figura 64** Tabla de cantidades de concreto para columnas

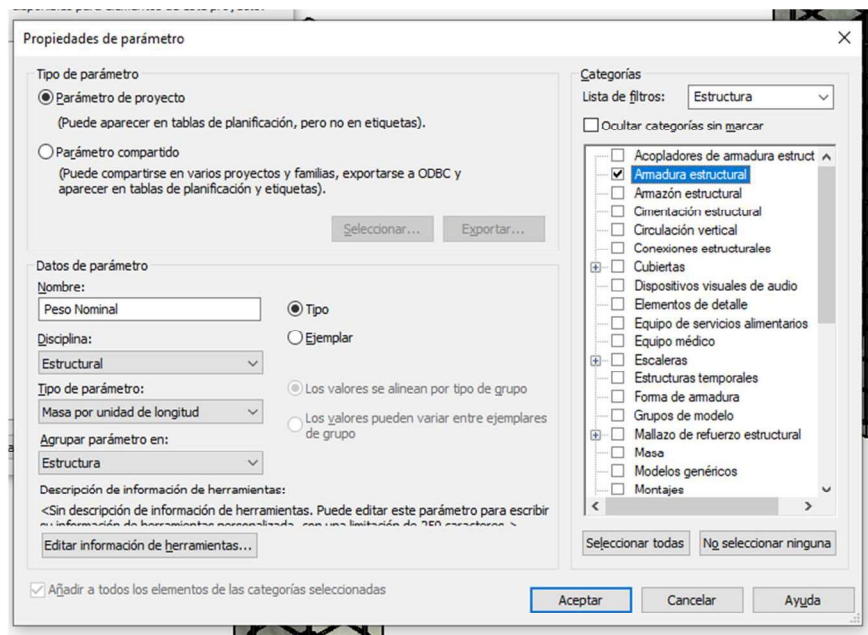
<Tabla de planificación de pilares estructurales>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Familia y tipo	Fase de creación	Longitud	Material estructural	Volumen	Recuento	Sacos de Cemento	M3 de Arena	M3 de Grava	Litros de Agua
Pilar rectangular hormigón: Columna C1-0.40mX0.40m	Nueva construcción	3.00	Concreto 3000 PSI	0.48 m³	2	9.41	0.53	9.41	217.92
Pilar rectangular hormigón: Columna C2-0.50mX0.50m	Nueva construcción	3.00	Concreto 3000 PSI	0.75 m³	2	14.70	0.83	14.70	340.50
					4	24.11	1.35	24.11	558.42

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.6.2.3 Cálculo del refuerzo de acero

Para crear un parámetro se debe calcular el peso en Quintales del refuerzo de acero, para eso se conduce al panel de opciones y en “Gestionar” se selecciona “Parámetros de proyectos”, se le agrega un nombre, se elige la disciplina “Estructural” y en tipo de parámetro “Masa por unidad de longitud”, y agrupar parámetro en “Estructura” y en categorías se elige “Armadura estructural.”

**Figura 65** Creando parámetros de proyecto para obtener el peso nominal del acero



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Una vez creado el parámetro se debe asignar el peso nominal a cada armadura estructural que se utiliza en el proyecto.

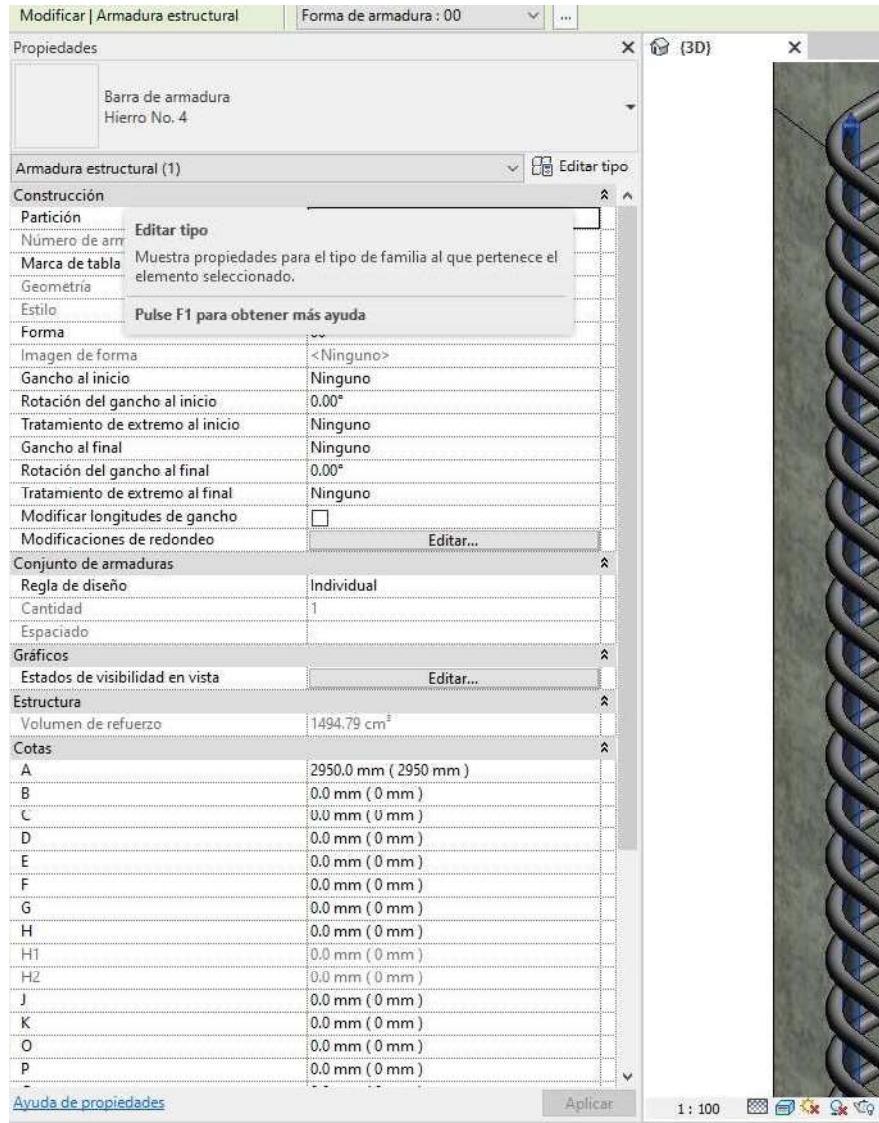
**Tabla 25** Peso nominal del acero de refuerzo corrugado grado 40

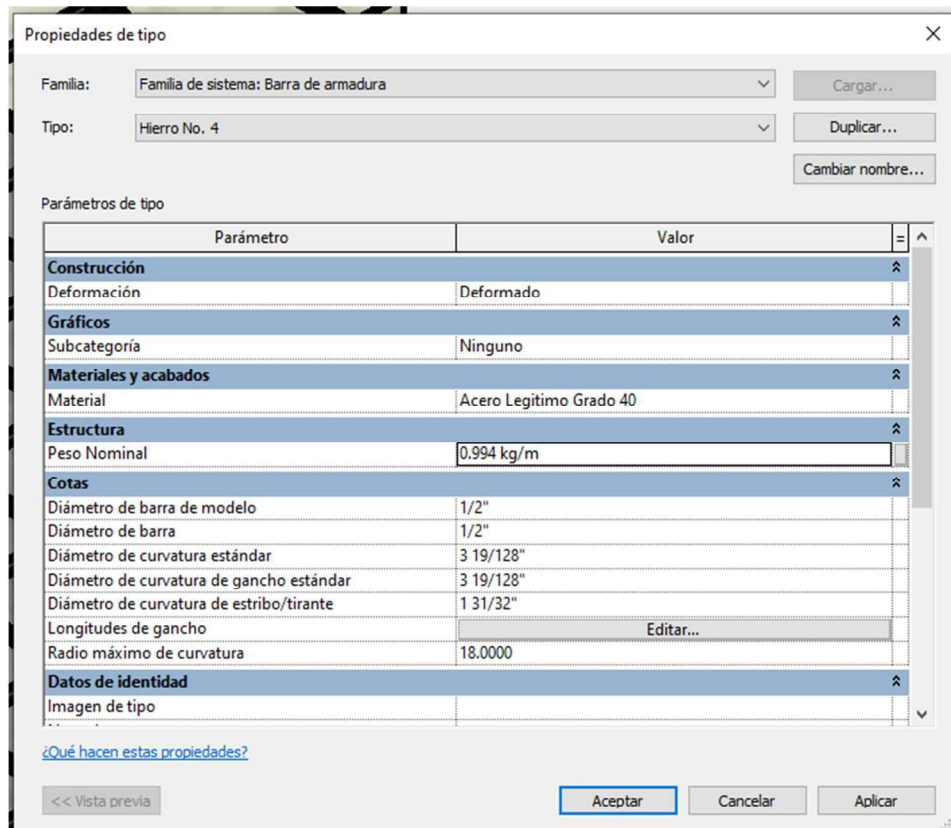
No Barra	Masa Nominal
No	kg/m
3	0.560
4	0.994
5	1.552
6	2.235
7	3.042
8	3.973
9	5.06
10	6.404

Fuente: (COGUANOR NTG 36011, 2013)

Además, se selecciona la armadura y en “Editar tipo” se ingresa el valor de la masa nominal en el parámetro “Peso nominal” que se ha creado previamente. Se repite el procedimiento para cada tipo de refuerzo.

**Figura 66** Ingresando la masa nominal del acero en parámetro



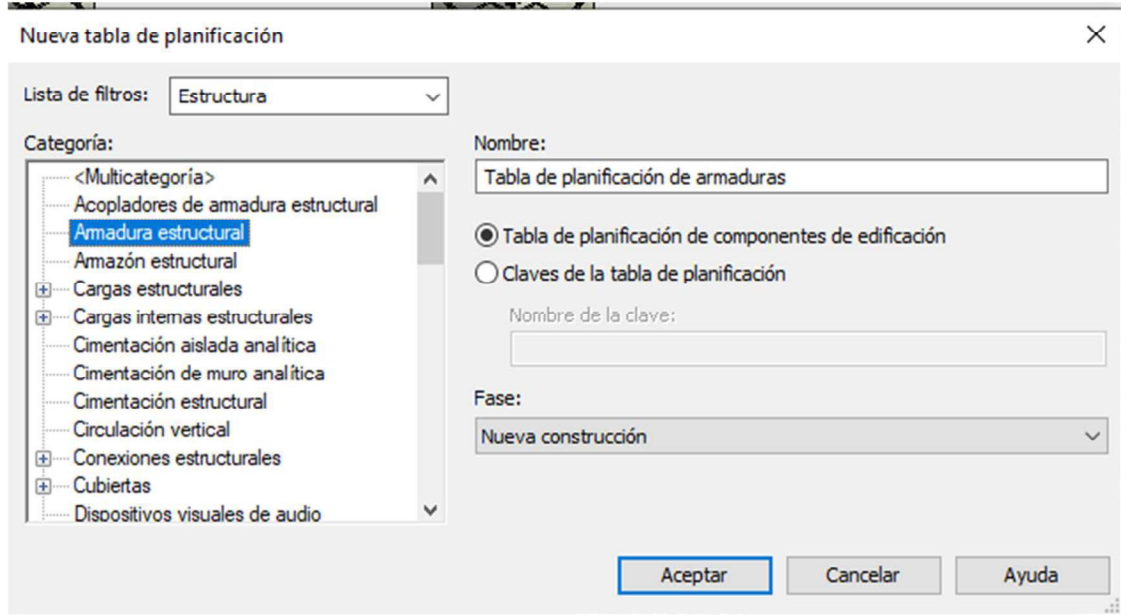


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Nuevamente se dirige al panel de opciones y en la pestaña de “Vista” se selecciona “Tabla de planificación/Cantidades”. El refuerzo de acero pertenece a la categoría de “Armadura estructural”.



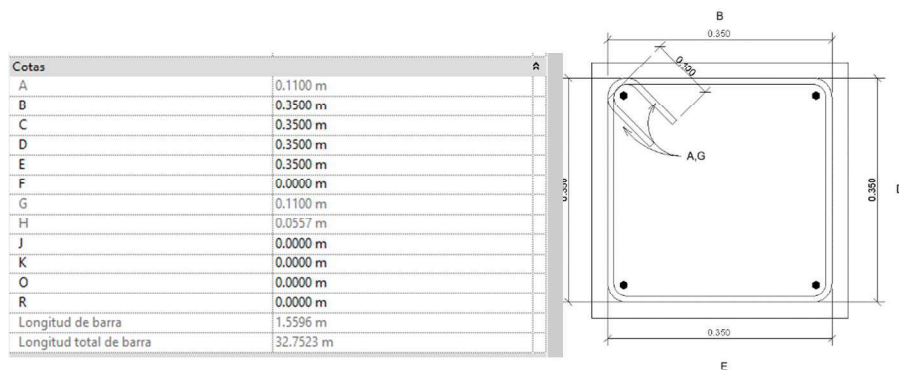
**Figura 67** Tabla de planificación de armadura estructural en Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Previamente se debe mencionar que Revit le asigna cotas al refuerzo de acero para conocer las longitudes de cada tramo. A, G son la longitud de gancho, B, C, D, E la longitud del lado de la barra, “Longitud de barra” es la longitud total del estribo y la “Longitud total de barra” es la longitud total de la barra por la cantidad de estribos.

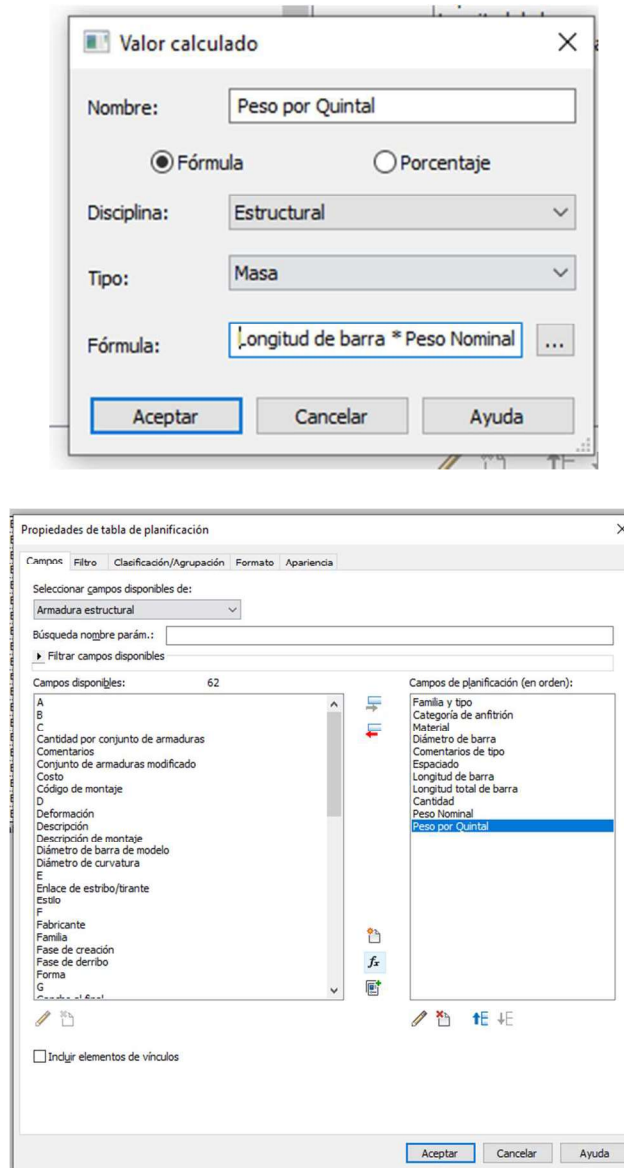
**Figura 68** Longitud de las formas de acero en Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En las propiedades de tabla de planificación se agregan los parámetros deseados a extraer en la información, también se crea un nuevo parámetro por medio de la fórmula: Longitud de barra \* Peso Nominal \* Cantidad \* 0.022, otra fórmula también puede servir: Longitud total de barra\*Peso Nominal\*0.022, queda a criterio del diseñador que fórmulas utilizar.

**Figura 69** Creando valor calculado de quintales de acero



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Como se visualiza se ha creado la tabla de planificación de armaduras para el ejemplo, queda a criterio del diseñador qué parámetros utilizar para extraer la información del proyecto.

**Figura 70** Tabla de planificación de armaduras

**<Tabla de planificación de armaduras>**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Familia y tipo	Categoría de anfitrión	Material	Díámetro de barra	Comentarios de tipo	Espaciado	Longitud de barra	Longitud total de barra	Cantidad	Peso Nominal	Peso por Quintal
Barra de armadura - Hierro No. 3										
Barra de armadura - Hierro No. 3	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	3/8"	Estrisos	15.00 cm	1.96 m	32.75 m	21	6.560 lgin	0.183
Barra de armadura - Hierro No. 3	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	3/8"	Estrisos	15.00 cm	1.96 m	41.15 m	21	6.560 lgin	0.230
Barra de armadura - Hierro No. 3	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	3/8"	Estrisos	15.00 cm	1.96 m	32.75 m	21	6.560 lgin	0.183
Barra de armadura - Hierro No. 3	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	3/8"	Estrisos	15.00 cm	1.96 m	41.15 m	21	6.560 lgin	0.230
<b>0.826</b>										
Barra de armadura - Hierro No. 4										
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
Barra de armadura - Hierro No. 4	Pilar estructural	Acero Legítimo Grado 40	1/2"	Longitudinal		2.95 m	2.95 m	1	6.994 lgin	0.029
<b>1.297</b>										
<b>Total general</b>										

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.7 Sistema de clasificación UniFormat en Revit

Como se mencionó en capítulos anteriores, Revit 2022 ya tiene incorporado dos sistemas de clasificación, UniFormat y Omniclass, con algunas consideraciones:

**Tabla 26** Sistema de clasificación UniFormart en Revit

<b>UniFormat</b>	<b>OmniClass</b>
Se asigna por tipo	Se asigna por familia
Incluye todos los grupos (A-G)	Incluye solo la tabla 23
Tres niveles de código	Únicamente a familias cargables
Se asigna/nombra en “Assembly Code”	Se tiene que editar la familia

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

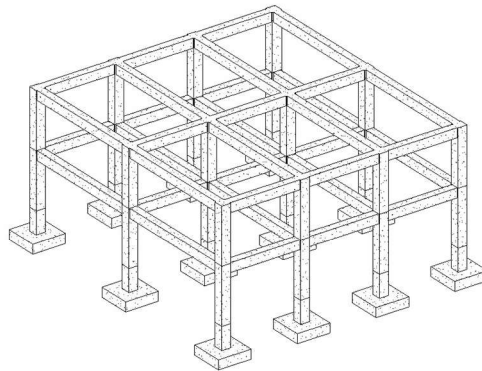
Otras consideraciones pueden ser:

- Se pueden editar los archivos UniFormat y Omniclass en Revit para agregar códigos faltantes, pero no se recomienda.
- Los archivos de texto tienen un formato específico y editarlo puede causar errores
- La elección de que sistema utilizar depende del tipo de proyecto, la información que se maneja, el uso BIM, el contratista y en general los miembros del equipo.

#### **Ejemplo**

Vamos a realizar un ejemplo para la cuantificación de un proyecto con el formato de clasificación UniFormat, debido a que es un poco más fácil de trabajar en Revit.

**Figura 71** Subestructura y superestructura como ejemplo para utilizar el Sistema UniFormat

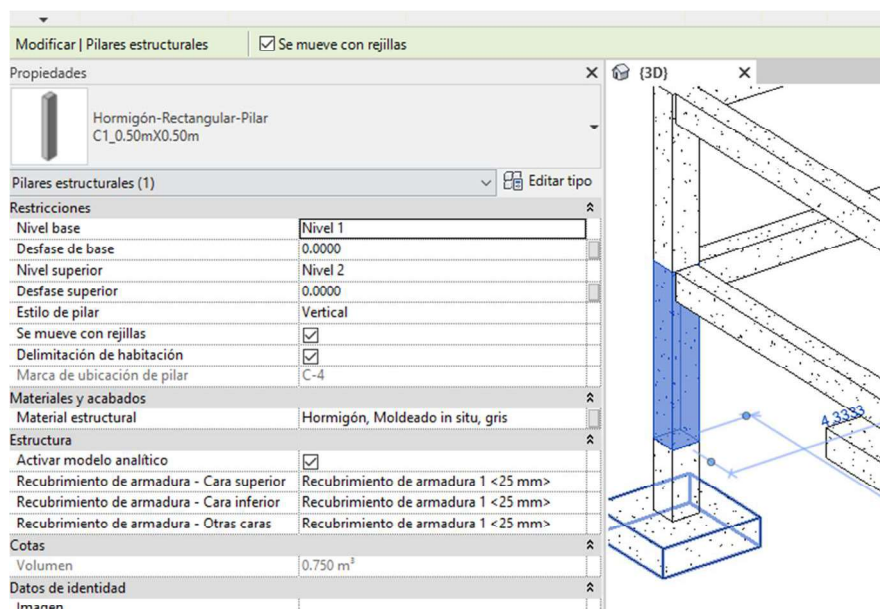


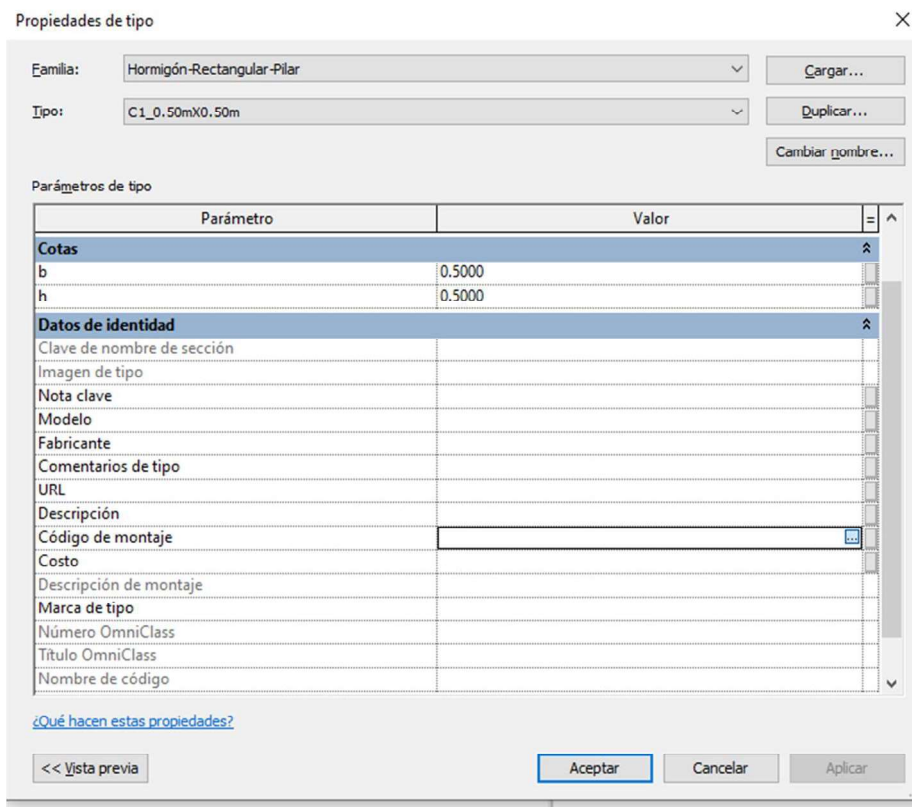
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.7.1 Asignación del Sistema UniFormat

Se selecciona el elemento de tipo y en el panel de propiedades se elige “Editar tipo”. En los parámetros de tipo se selecciona “Código de montaje” para poder asignarle el sistema.

**Figura 72** Asignación de código de clasificación en elemento

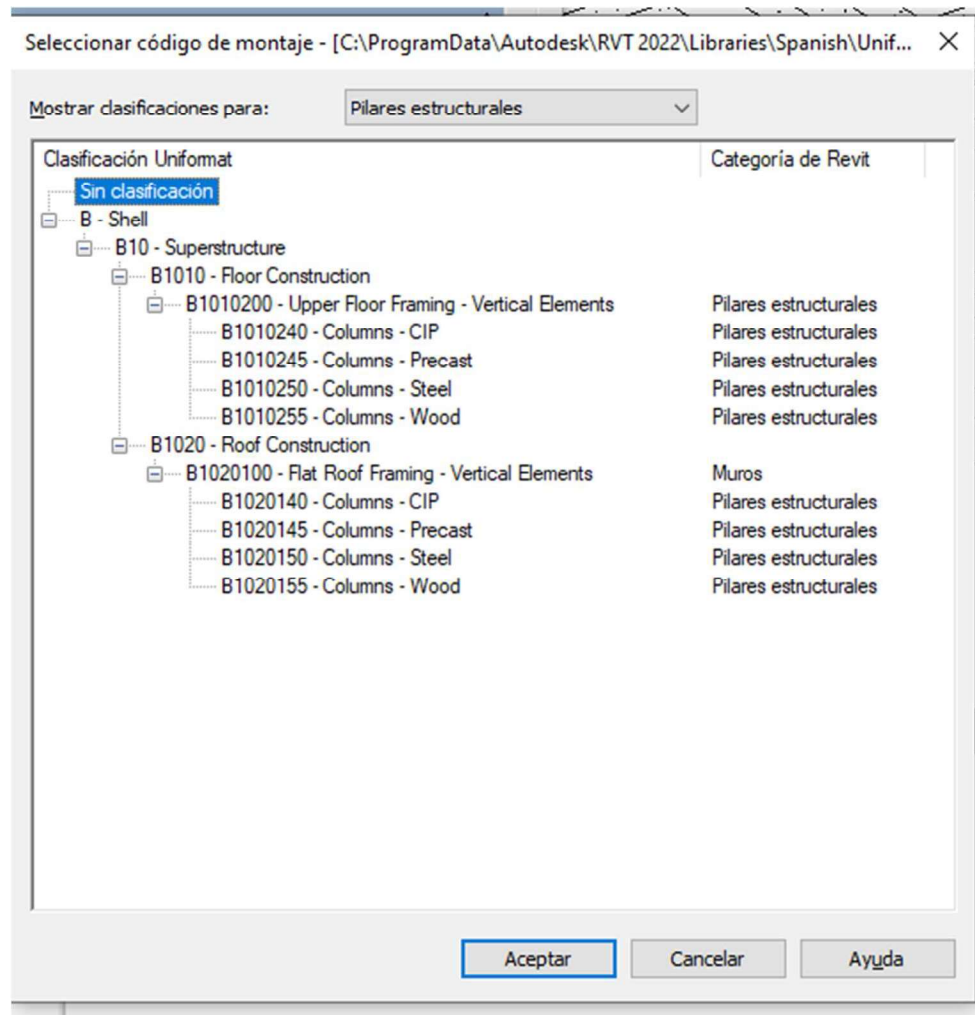




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se selecciona la categoría a la que pertenece el elemento en el sistema. En Revit ya se tiene cargada toda la información del sistema UniFormat, con lo cual hace fácil la asignación a cada elemento del modelo.

**Figura 73** Código UniFormat en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

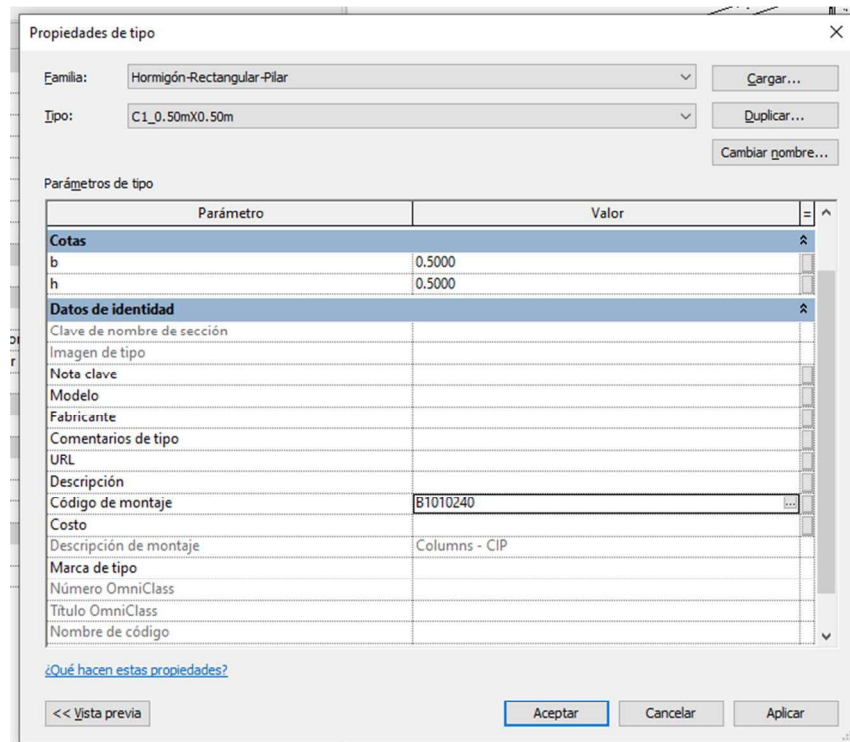
Asignación de la clasificación al elemento tipo, en este caso es de columna estructural y se elige lo siguiente:

- Clasificación para “Pilares Estructurales”
- B-Shell
- B10 – Superstructure
- B1010 - Floor Construction
- B1010200 -Upper Floor Framing – Vertical Elements

- B1010240 - Columns - CIP

Aceptamos y finalizamos. Luego de asignar el sistema, se puede observar en las propiedades de tipo el código y la descripción. Se realiza el mismo procedimiento para las vigas y zapatas, luego se genera la tabla de planificación.

**Figura 74** Código UniFormat asignado a elemento

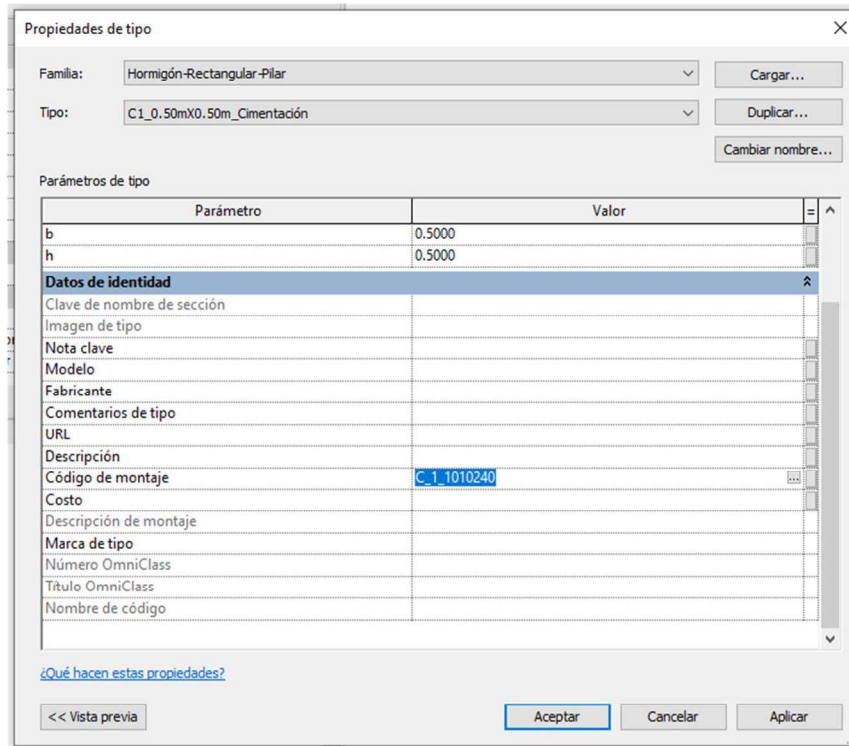


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

El sistema UniFormat, en Revit, permite ingresar un código de montaje distinto al que tiene cargado por defecto, pero sin ninguna descripción. Esta opción no se recomienda.



**Figura 75** Alternativa de código de clasificación en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

El sistema de clasificación permite tener un código de identificación de los elementos en la tabla de planificación bajo los estándares de la Norma ISO 19650, esto hace que cualquier persona con conocimiento del BIM en cualquier parte del mundo entienda que elementos se trabajan.

**Figura 76** Código de montaje en tabla de planificación

<b>&lt;Tablas de planificación de Cimentación Estructural&gt;</b>				
A	B	C	D	E
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
A1010110	Strip Footings	M_Zapata-Rectangular: Z-1_1.80mx1.80mx0.50m	Cimentación	12
<b>Total general: 12</b>				<b>12</b>

<b>&lt;Tabla de planificación de Pilares Estructurales&gt;</b>				
A	B	C	D	E
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Cimentación	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Cimentación	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 1	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 1	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 2	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 2	2
Total general: 36				36

<b>&lt;Tabla de planificación de Vigas Estructurales&gt;</b>				
A	B	C	D	E
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
B1010310	Beams - CIP	Hormigón-Viga rectangular: V-1_0.40mX0.50m	Nivel 1	17
B1010310	Beams - CIP	Hormigón-Viga rectangular: V-1_0.40mX0.50m	Nivel 2	17
Total general: 34				34

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.8 Exportación de tablas de planificación

La información del proyecto almacenado en un modelo BIM, es uno de los aspectos más importantes cuando se trabaja en un entorno colaborativo. El equipo de trabajo puede extraer la información del modelo para ser utilizados en otras etapas y/o usos del proyecto.

Uno de los usos BIM que se le puede dar al modelo es para la creación del presupuesto del proyecto y para esto, es necesario exportar la información a herramientas específicas para esta tarea.

Formas de exportar tablas de planificación:

- a. Desde la opción por defecto que trae Revit
- b. Utilizando Plugin (Complemento)

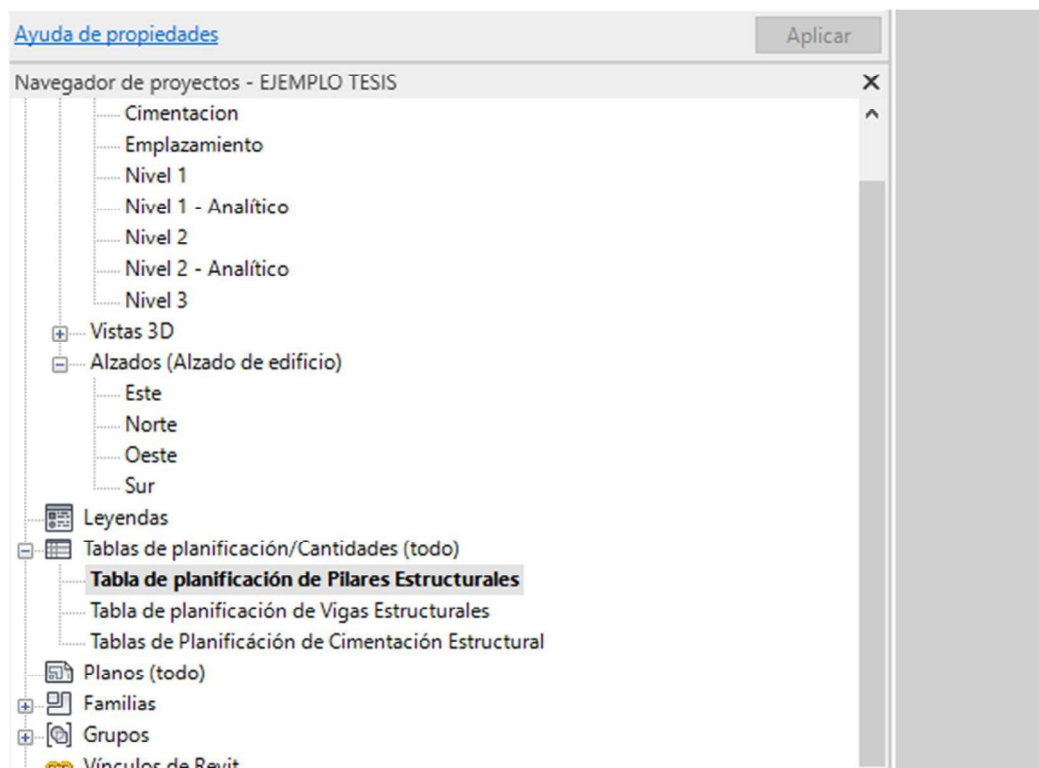
Se utilizará la opción a, para que no sea necesario instalar complementos adicionales al programa de Revit y utilizar la información extraída en Excel.

#### 4.5.8.1 Guardar/Exportar Tabla de planificación en Revit

Para guardar una tabla de planificación en Revit, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Se selecciona desde el “Navegador de proyectos”, la tabla de planificación que se quiere guardar.

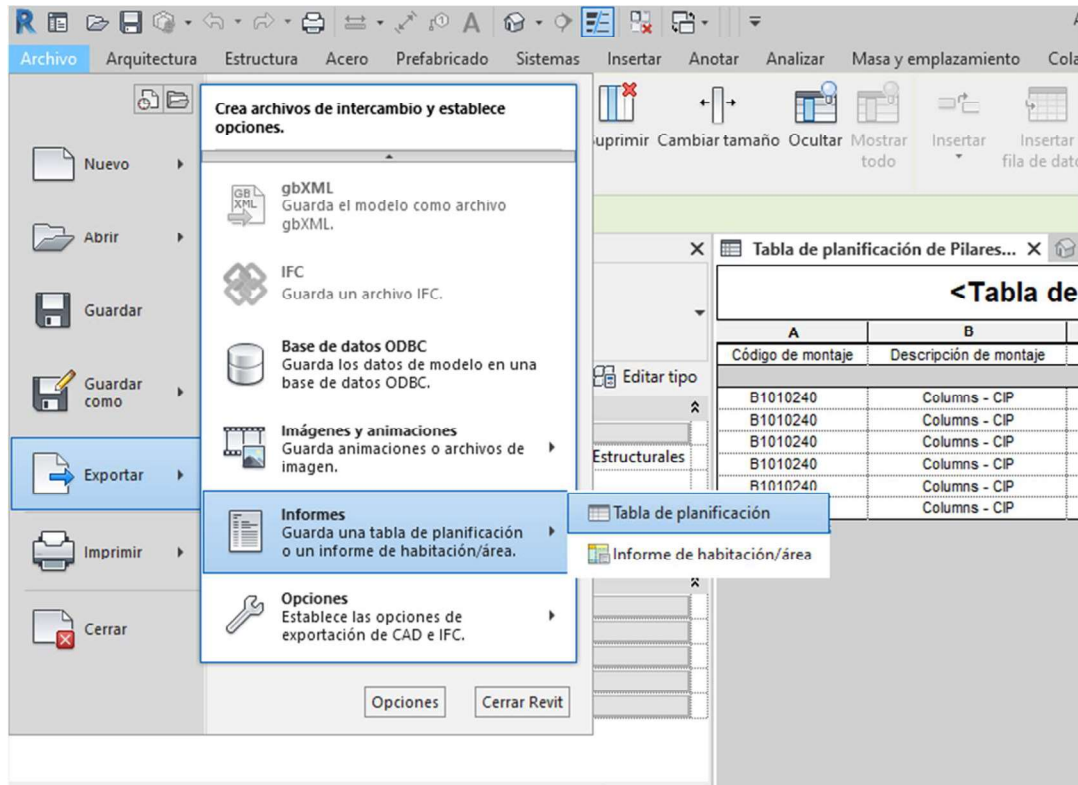
**Figura 77** Navegador de proyectos para guardar tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

2. Seguidamente se dirige al panel de opciones y en la pestaña “Archivo” se ubica la opción “Exportar” y en “Informes” se selecciona “Tabla de planificación”.

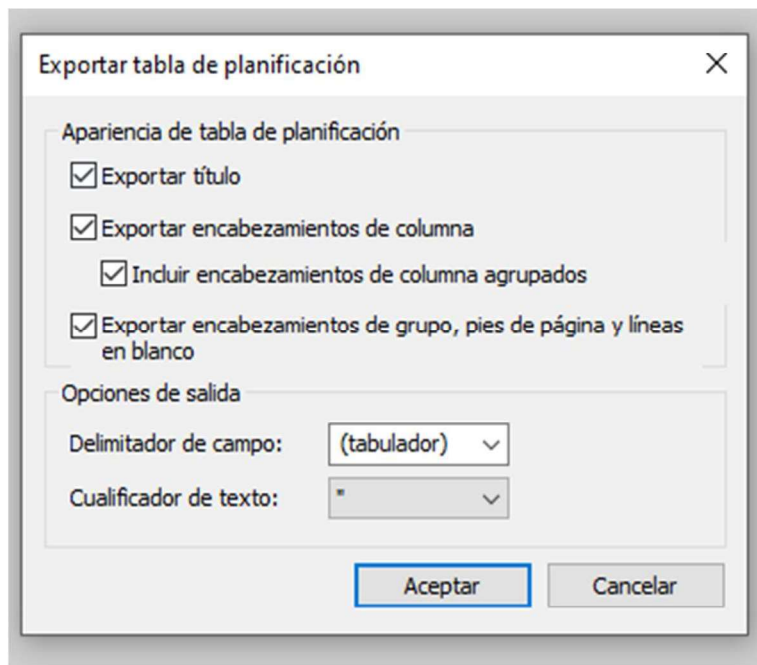
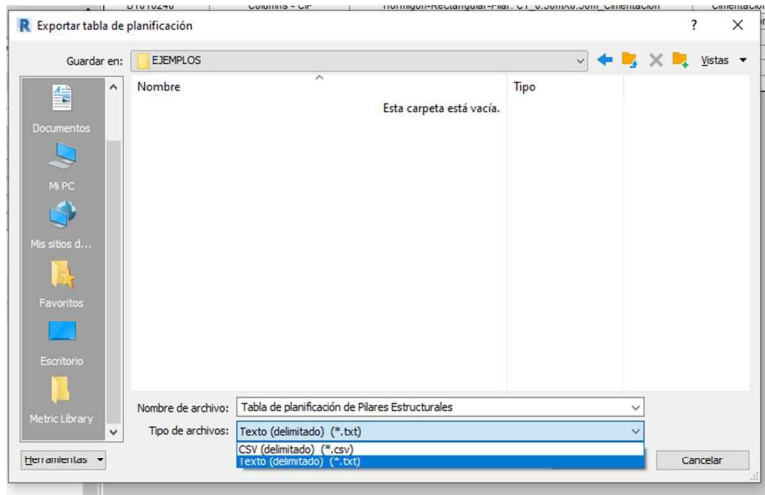
**Figura 78** Opciones para exportar tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

3. Se elige la carpeta y el tipo de archivo "Texto(delimitado) (\*.txt)", seguidamente la apariencia de la tabla de planificación y se procede a guardar el archivo.

**Figura 79** Guardar tabla de planificación

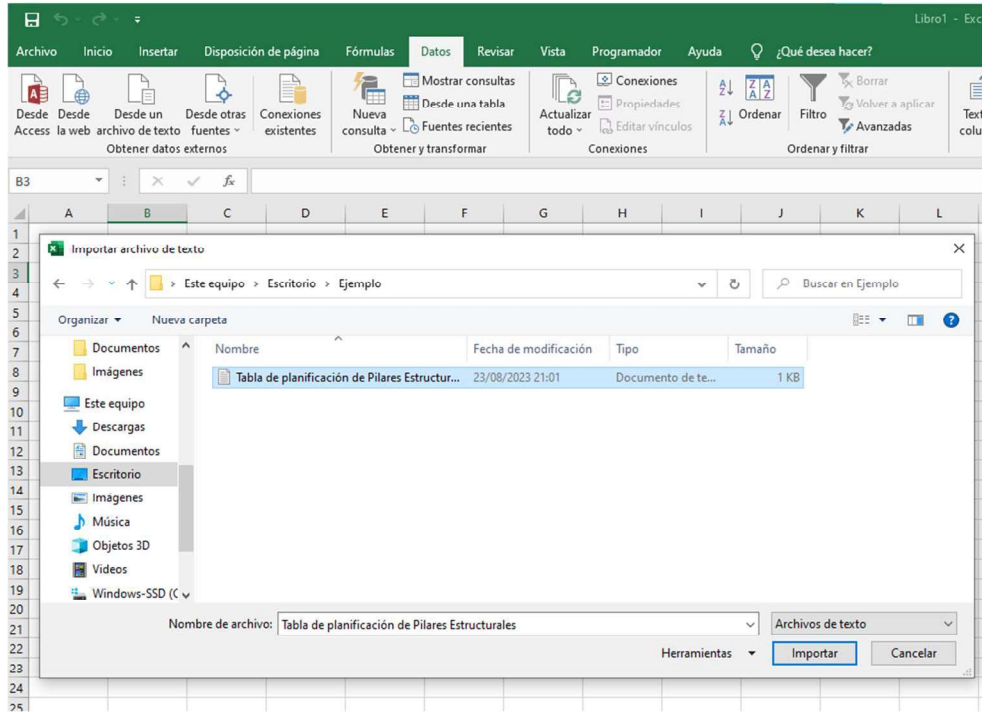


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.5.8.2 Importar tabla de planificación a Excel

Se abre Excel, en la pestaña de “Datos” y se elige “Desde un archivo de texto”. Seguidamente se elige el archivo y luego en “Importar”.

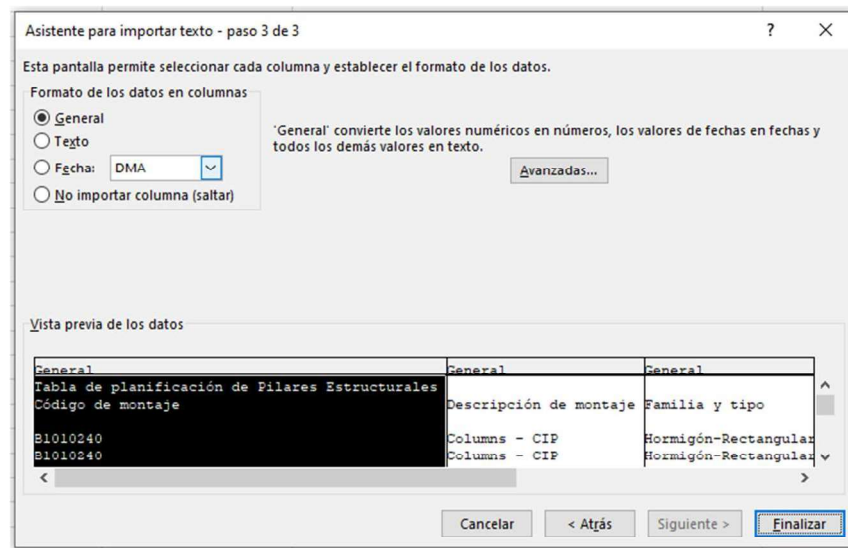
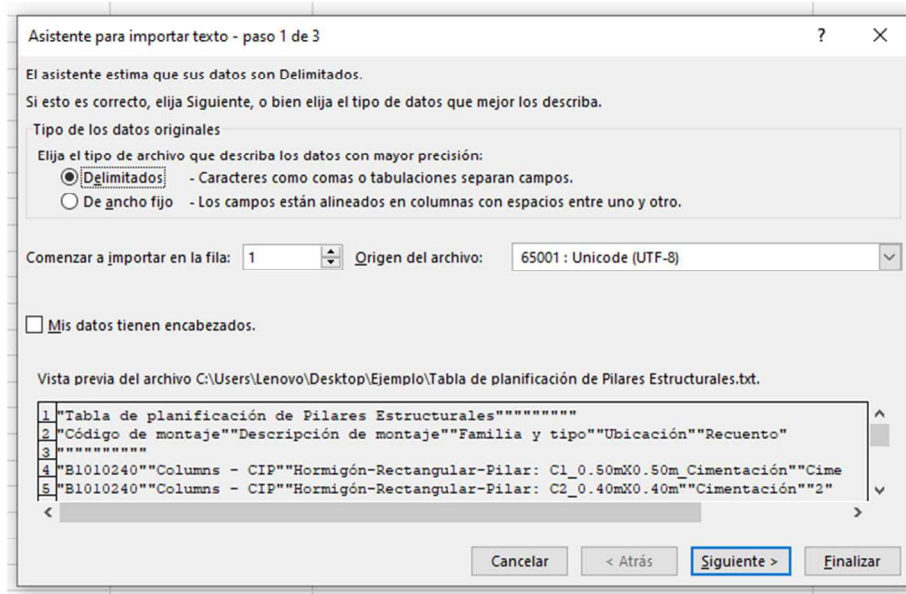
**Figura 80** Abriendo tabla de planificación en Microsoft Excel



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

En el asistente para importar texto se configuran los datos a criterio, seguidamente se configura y luego en “Finalizar”.

**Figura 81** Configuración de texto para exportar tabla de planificación a Excel



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

Como se observa, se ha importado la tabla de pilares estructurales a Excel, aquí se procede a configurar el formato a criterio.

**Figura 82** Tabla exportada a Excel

Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Cimentación	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Cimentación	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 1	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 1	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 2	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 2	2
Total general: 36				36

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

Por defecto, Revit solo permite importar una a una cada tabla, por lo cual, si se tiene mucha información es recomendable utilizar un complemento para trabajar de manera rápida.

**Figura 83** Múltiples tablas de planificación exportadas a Excel

Tabla de planificación de Pilares Estructurales				
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Cimentación	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Cimentación	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 1	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 1	2
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C1_0.50mX0.50m_Cimentación	Nivel 2	10
B1010240	Columns - CIP	Hormigón-Rectangular-Pilar: C2_0.40mX0.40m	Nivel 2	2
Total general: 36				36
Tabla de planificación de Vigas Estructurales				
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
B1010310	Beams - CIP	Hormigón-Viga rectangular: V-1_0.40mX0.50m	Nivel 1	17
B1010310	Beams - CIP	Hormigón-Viga rectangular: V-1_0.40mX0.50m	Nivel 2	17
Total general: 34				34
Tablas de Planificación de Cimentación Estructural				
Código de montaje	Descripción de montaje	Familia y tipo	Ubicación	Recuento
A1010110	Strip Footings	M_Zapata-Rectangular: Z-1_1.80mx1.80mx0.50m	Cimentación	12
Total general: 12				12

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel



# **PLAN DE EJECUCIÓN BIM**

**PROYECTO: “GESTIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE  
CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERIA MÓDULO G DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE CUNOC UBICADO EN EL MUNICIPIO DE  
QUETZALTENANGO DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO,  
GUATEMALA”**

## 4.6 PLAN DE EJECUCIÓN BIM CASO DE ESTUDIO

### 4.6.1 Introducción

El Plan de Ejecución BIM -BEP es un documento que tiene como finalidad establecer las estrategias para la gestión y cuantificación de materiales de construcción del proyecto. En este documento se describe la metodología de trabajo, los aspectos técnicos, las responsabilidades, los Roles BIM entre otros, para lograr alcanzar el objetivo propuesto.

### 4.6.2 Información del proyecto

Se presenta la información general del proyecto para que el equipo de trabajo conozca todo lo que se necesita para alcanzar los objetivos propuestos.

**Tabla 27** Datos generales del proyecto

<b>Nombre del proyecto</b>	Edificio de Ingeniería, Módulo G del Centro Universitario de Occidente CUNOC
<b>Nombre de la entidad</b>	Centro Universitario de Occidente CUNOC
<b>Tipo</b>	Edificio para la educación universitaria
<b>Ubicación</b>	Calle Rodolfo Robles 29-99 Zona1 Quetzaltenango, Quetzaltenango, Guatemala
<b>Coordenadas UTM</b>	657515.97 m E 1641772.45 m N
<b>Descripción del proyecto</b>	Edificio utilizado para las actividades de enseñanza de la División de Ciencias de la Ingeniería y de Arquitectura. El edificio está construido y cuenta con tres niveles, el sistema constructivo utilizado es de marcos rígidos de concreto armado. En el primer nivel están ubicados laboratorio de suelos, laboratorio de calidad de agua, baños y salón mayor (auditórium). En el segundo nivel se encuentra el departamento de matemáticas, baños, laboratorio de electricidad, laboratorio industrial y aulas. En el tercer nivel están las aulas, baños, el salón de dibujos y coordinación de arquitectura.
<b>Fase del proyecto</b>	Construido-Finalizado
<b>Código del proyecto</b>	01*

Fuente: Elaboración propia

(\*) Código con fines didácticas

**Figura 84** Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth

### **4.6.3 Objetivos**

#### **4.6.3.1 Objetivo general**

El objetivo BIM es gestionar la información del proyecto y generar la cuantificación de materiales de construcción.

#### **4.6.3.2 Objetivo específico**

- Generar un modelo BIM estructural del edificio que facilite la captura y recopilación de la información más relevante del proyecto.
- Gestionar la información del modelo BIM estructural.
- Cuantificar los materiales de construcción del proyecto.

### **4.6.4 Estrategias de entrega de información**

Se describen las estrategias y metodología a cumplir para alcanzar los objetivos solicitados. Las estrategias propuestas deben de ser utilizadas por todo el equipo de trabajo y garantizar el cumplimiento de la entrega de la información.

#### 4.6.4.1 Objetivos y Usos BIM para la producción de la información

Se enumeran los objetivos y usos BIM para la producción de la información del proyecto.

**Tabla 28** Objetivos y usos BIM de la entidad y equipo

<b>Objetivos de la gestión de la información del modelo BIM</b>	<b>Usos BIM de la Entidad</b>	<b>Prioridad</b>
Mejorar la gestión de la información a través de un modelo BIM que recopile y capture datos de las condiciones actuales del edificio.	Captura de las condiciones existentes	1
Gestionar la información del modelo BIM para la etapa de cuantificación de materiales de construcción.	Modelos de diseño	1
Extraer cantidades de materiales de construcción a partir del modelo BIM	Estimación de costos	1

<b>Objetivos de la gestión de la información del modelo BIM</b>	<b>Usos BIM del Equipo</b>	<b>Prioridad</b>
El modelo BIM se utilizará para mostrar y previsualizar el proyecto mediante imágenes 3D y facilitar la comprensión del diseño del edificio.	Modelos de diseño	2
El modelo BIM se utilizará para la cuantificación de los materiales de construcción del edificio	Estimación de costos	1

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

1: Prioridad alta

2: Prioridad media

#### 4.6.4.2 Estructura organizativa y composición del equipo de trabajo

**Tabla 29** Estructura organizativa y de trabajo

<b>Organización</b>	<b>Nombres</b>	<b>Rol</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Teléfono</b>
Arquitecto	Nombre 1	Coordinador del proyecto	Correo 1	Teléfono 1
Ingeniero	Nombre 2	Supervisor BIM	Correo 2	Teléfono 2

<b>Equipo de trabajo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Rol</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Teléfono</b>
Arquitecto	Nombre 1	Coordinador BIM	Correo 1	Teléfono 1
Ingeniero estructural	Nombre 2	Modelador BIM estructuras	Correo 2	Teléfono 2
Ingeniero estructural	Nombre 3	Ingeniero estructural	Correo 3	Teléfono 3

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

Los datos en las tablas son con fines académicos.

#### 4.6.4.3 Roles y responsabilidades del equipo de trabajo

**Tabla 30** Roles y responsabilidades del equipo de trabajo

<b>Roles</b>	<b>Responsabilidades</b>
Coordinador BIM	<p>Coordinar la elaboración del modelo de la información.</p> <p>Confirmar los entregables realizados por el modelador BIM estructural.</p> <p>Preparar la información para la entrega.</p> <p>Revisar y validar la integración del modelo BIM estructural con las otras disciplinas si es necesario.</p> <p>Mantener comunicación en el equipo de trabajo.</p>
Supervisor BIM	<p>Confirmar el desarrollo de la información desarrollada bajo la metodología BIM.</p> <p>Realizar la supervisión de los contenedores de la información.</p> <p>Revisar que el modelo se realice bajo los requerimientos de la información.</p>

Modelador BIM estructural	Realizar el modelado estructural del proyecto. Mantener actualizada la información necesaria para la ejecución del proyecto BIM. Garantizar la calidad de los entregables, conservando la coordinación con las otras especialidades

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.6.4.4 Recursos informáticos necesarios

**Tabla 31** Recursos informáticos necesarios y formatos

<b>Nombre de Software</b>	<b>Tipo de archivos a desarrollar</b>	<b>Formato de archivos</b>	<b>Versión de Software</b>
AutoCAD	Modelos 2D	DWG	2020
Revit	Modelos 3D	RVT	2022
Revit	Documentación/Planos	RVT	2022
Revit	Cuantificación	RVT	2022
Excel	Presupuesto	XLSX	2020
Revit	Revisión del diseño	RVT	2022

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.6.4.5 Estrategia de federación

Debido a que se trabajará únicamente con la parte estructural, el modelo federado tendrá únicamente esa disciplina y no se adicionarán otros modelos al proyecto.

#### 4.6.4.6 Estrategias de entrega del modelo de información

En este apartado se describe las estrategias de entrega del modelo de información, el equipo de trabajo y los plazos de entrega.

**Tabla 32** Estrategias de entrega del modelo de información

Entregable	Descripción	Equipo de trabajo	Contenedor de información	Método de entrega	Plazos	Fecha
Modelo BIM	-Modelado 3D de estructura -Planimetría estructural: planta, cortes, elevaciones y vista 3D -Gestión de la información	Modelado estructural	Formato. rvt	Correo electrónico/CDE	25-30 días	DD/M M/AA
Cuantificación de materiales	-Plantilla general de cuantificación de materiales	Cuantificación y presupuesto	Formato .pdf Formato .xls	Correo electrónico/CDE	10-15 días	DD/M M/AA

Fuente: Elaboración propia, Revit

Los plazos y fechas de entrega son con fines didácticos

#### 4.6.5 Nivel de Desarrollo (LOD)

En esta parte se describe los niveles de desarrollo de los elementos del modelo BIM del proyecto.

**Tabla 33** Nivel de Desarrollo LOD

Disciplina	Elementos del Modelo	LOD	DESCRIPCION
Estructural	Cimentación (Zapatas)	300	Geometría y dimensiones exacta
	Cimentación (Vigas/Soleras de amarre)	300	Geometría y dimensiones exacta
	Columnas	300	Geometría y dimensiones exacta
	Vigas	300	Geometría y dimensiones exacta
	Escaleras	200	Geometría y dimensiones aproximadas sin detalles de conexiones.
	Losa	300	Geometría y dimensiones exacta
	Losa (Nervio)	300	Geometría y dimensiones exacta
	Acero de refuerzo	300	Geometría y dimensiones exacta

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

Nota: Consultar los documentos en anexo del BEP para tener información detallada de los niveles de desarrollo LOD.

#### 4.6.6 Estándar y normatividad

##### 4.6.6.1 Parámetros para extracción de cantidades de materiales del modelo BIM

Para la extracción de cantidades de materiales del modelo BIM del proyecto serán necesarios establecer los siguientes parámetros de tipo “Parámetros de proyecto”.

**Tabla 34** Parámetros para extracción de cantidades de materiales del modelo BIM

<b>Nombre Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
Ubicación	Indica el nivel en el que se encuentra los elementos dentro del modelo BIM	Texto
Tipo de refuerzo	Indica el tipo de refuerzo de acero en elementos	Texto
Peso Nominal Acero/m	Parámetro para la extracción de cantidades de acero de refuerzo	Masa por unidad de longitud

<b>Tipo de parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Tipo</b>	<b>Agrupar</b>
Proyecto	Peso nominal acero/m	Estructura	Masa por unidad de longitud	Estructura
Proyecto	Tipo de refuerzo	Común	Texto	Datos de identidad
Proyecto	Ubicación	Común	Texto	Datos de identidad

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

##### 4.6.6.2 Identificación de contenedores de información

Para el nombramiento de los contenedores de la información se tomará como referencia lo indicado en la norma ISO 19650.



**Tabla 35** Identificación de contenedores de información individuales

Proyecto	Ciclo de vida	Organización	Volumen	Nivel	Tipo de documento	Disciplina	Correlativo	Descripción	Estado	Revisión
Edificio de Ingeniería Módulo G	Operación	CUNOC	No se aplica ningún nivel/ubicación	Múltiples niveles/ubicación	Modelo 3D	Estructura I	Misma versión	Modelo Estructural 3D	Comparado	2 revisiones
<i>EIMG</i>	<i>OP</i>	<i>CUNOC</i>	<i>XX</i>	<i>ZZ</i>	<i>MOD</i>	<i>EST</i>	<i>01</i>	<i>ModeloEstructural3D</i>	<i>S</i>	<i>V02</i>

Proyecto	Ciclo de vida	Organización	Volumen	Nivel	Tipo de documento	Disciplina	Correlativo	Descripción	Estado	Revisión
Edificio de Ingeniería Módulo G	Operación	CUNOC	Único	Único	Hoja de cuantificación	Estructura I	Misma versión	Listado de materiales de construcción	Comparado	2 revisiones
<i>EIMG</i>	<i>OP</i>	<i>CUNOC</i>	<i>XX</i>	<i>ZZ</i>	<i>TC</i>	<i>EST</i>	<i>01</i>	<i>Cuantificación Materiales</i>	<i>S</i>	<i>V02</i>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

**Tabla 36** Código para el tipo de documento

Disciplina	Código Disciplina	Tipo de documento	Código Tipo de documento
Estructura	EST	Modelo 3D BIM	MOD
Estructura	EST	Hoja de cuantificación de materiales	TC

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

**Tabla 37** Resumen del nombramiento de contenedores de información

Nombre	Descripción del contenido
EIMG-OP-CUNOC-XX-ZZ-MOD-EST-01-ModeloEstructural3D-S-V02.rvt	Modelo Estructural en Revit
EIMG-OP-CUNOC-XX-ZZ-TC-EST-01-CuantificacionMateriales-S-V02. xsl	Cuantificación de Materiales

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.6.6.3 Estructura de carpeta de trabajo

**Tabla 38** Estructura de carpeta de trabajo

<b>Carpeta</b>	<b>Sub carpeta</b>	<b>Sub carpeta</b>
01 PROYECTO MÓDULO G	01 WIP	01 MODELO ESTRUCTURAL 02 ARCHIVOS IMPORTADOS 03 ARCHIVOS CAD
	02 COMPARTIDO	01 MODELO ESTRUCTURAL 02 CUANTIFICACION 03 PLANOS ESTRUCTURALES
	03 PUBLICADO	01 MODELO ESTRUCTURAL 02 CUANTIFICACION
	04 ARCHIVADO	01 MODELO ESTRUCTURAL 02 CUANTIFICACION

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6.4 Normatividad

**Tabla 39** Normatividad utilizada para el proyecto

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
ISO 19650	Organización Internacional de Normalización. Norma para la gestión de la información de un activo construido utilizando la metodología BIM
Guía Agebim	Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 parte 1 y 2. Asociación guatemalteca de Estándares BIM. Agebim
Project Execution Planning Guide, Versión 3	Documento base para la elaboración de un plan de ejecución BIM -BEP. Universidad Estatal de Pensilvania.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.6.6.5 Requisitos generales del modelado BIM

**Tabla 40** Requisitos generales del modelo BIM

<b>Datum del proyecto en el modelo</b>	(0,0,0) En punto base y punto de reconocimiento
<b>Sistema de unidades</b>	Sistema métrico
<b>Sistema de clasificación</b>	UniFormat

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6.6 Nombramiento de familias en Revit

**Tabla 41** Nombramiento de familias en Revit

<b>Familia</b>	<b>Nombramiento</b>
Sistema	Grupo-Tipo-Descripción
Cargable	Disciplina/Subdisciplina-Tipo-Descripción-Software
In Situ	Grupo-Tipo-Descripción

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### 4.6.6.7 Sistema de clasificación

Se utilizará el sistema de clasificación de UniFormat en Revit para generar la cuantificación de materiales:

**Tabla 42** Sistema de clasificación utilizada para el proyecto

<b>Código/Nivel</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
A	Substructure	Subestructura
A101010	Strip Footings	Zapatas in situ
A1020210	Grade Beams CIP	Vigas de amarre in situ
B	Shell	Supestructura
B1010240	Columns CIP	Columnas estructurales in situ
B1010310	Beams CIP	Vigas estructurales in situ
B1010418	CIP Slabs Waffle	Losa nervada
C	Interiors	Escaleras interiores
C2010110	Stairs CIP	Escalera monolítica in situ
C3020110	Concrete Toppings	Capa de concreto

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

## **4.6.7 Métodos y procedimientos para la producción de la información**

### **4.6.7.1 Trabajo colaborativo**

Para la gestión la información de los contenedores de información de la especialidad de estructuras, se usará un entorno común de datos CDE que sea de fácil acceso, trazabilidad, recuperación y exportación de datos, conservación y seguridad.

Se utilizará la plataforma de Google Drive para el Entorno Común de Datos CDE con el nombramiento de carpetas definidas en este documento.

Los contenedores de información deberán estar nombrados con base a la convención de nombres, y la revisión se desarrollará en el mismo CDE.

### **4.6.7.2 Reuniones de coordinación**

Las reuniones se realizarán los días lunes a las 14.00 horas a través de la plataforma de Microsoft Teams, para lo cual se debe enviar una invitación adjuntando una agenda de reunión. El objetivo de la reunión es para realizar una revisión visual del proyecto.

### **4.6.7.3 Auditoría general**

Para la auditoria general se usarán las herramientas en los reportes de los archivos de Excel y Revit 2022 y se revisara la siguiente información:

1. Nombre de contenedor de información
2. Ejes y Niveles
3. Información General del Proyecto
4. Parámetros
5. Modelo BIM estructura
6. Revisar que los planos se hayan extraído directamente del modelo
7. Revisar que los elementos tengan el material asignado correctamente
8. Revisar que no exista duplicidad de los elementos
9. Revisar que los nombres de las tablas de planificación
10. Revisar que la cuantificación este correctamente realizada, fórmulas, parámetros, etc.

#### 4.6.7.4 Control de calidad del modelo de información

Para el proyecto, el modelado BIM estructural será el responsable de realizar el control de calidad de la información y se deberá de realizar la evaluación de lo siguiente:

1. Inspección visual
2. Estandarización (Nombres de elementos)
3. Usos de parámetros
4. LOD

#### 4.6.7.5 Requisitos de seguridad de información

- La información del proyecto debe ser compartida a través del CDE
- Todos los miembros deben de tener acceso al CDE
- No está permitido compartir información con personas que no están en el equipo

#### 4.6.7.6 Exclusiones en modelos

La siguiente información no será considerada en el modelo BIM:

**Tabla 43** Exclusiones en el modelo del proyecto

<b>Especialidad</b>	<b>Modelado BIM</b>
Arquitectura	Detalles constructivos, modelo, planos
Mobiliario	Detalles de mobiliarios, modelo
Drenaje y Saneamiento	Detalles constructivos, tuberías, accesorios, planos
Agua fría y caliente	Detalles constructivos, tuberías, accesorios, planos
Instalaciones eléctricas	Detalles constructivos, conductos, cables, accesorios, planos
Estructura	Muros, cenefas, techo metálico, detalles constructivos, planos

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

#### **4.6.8 Anexos**

En esta sección se proporcionan los anexos que serán necesarios para el desarrollo de la información del proyecto.

- Planos estructurales en formato CAD
- Nivel de Desarrollo LOD

## 4.7 CASO DE ESTUDIO MODELADO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA MÓDULO

### G

#### 4.7.1 Configuración inicial

Cuando se modela una edificación en Revit se puede hacer de dos formas:

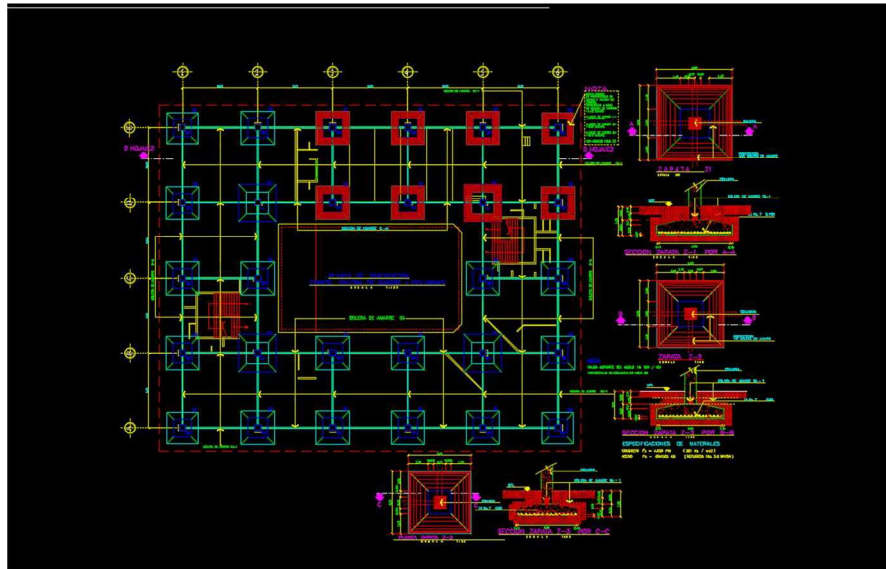
- Desde una plantilla en Revit sin utilizar un archivo CAD.
- Desde la importación de un archivo CAD hacia Revit.

Para el caso de estudio se cuenta con los planos creados en AutoCAD, con el que se realizará el modelado.

Se debe de trabajar únicamente con la planta de cimentación sin tener los detalles de zapatas, solera de amarre y columnas, debido a que estos se generaran por medio del modelo (Figura 87).

**Figura 85** Planta de cimentaciones con sus detalles del Edificio de Ingeniería Módulo

### G

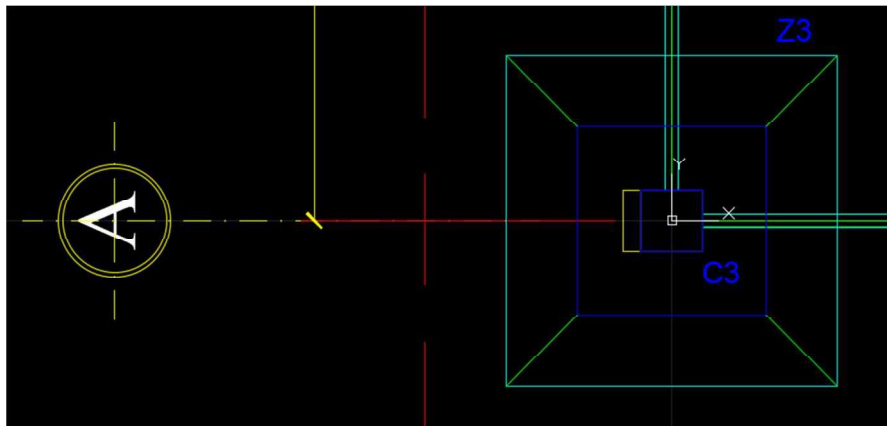


Fuente: CUNOC, USAC

Para ello se deben quitar los detalles y dejar únicamente la planta de cimentación para tener un archivo más limpio con el cual trabajar. También es necesario colocar la planta de cimentación en las coordenadas (0,0) en AutoCAD y tener un punto de referencia para trabajar con las demás plantas en Revit.

Se recomienda elegir un punto de intersección entre dos ejes para ubicar la planta en la coordenada (0, 0). Para este caso se eligió el punto de la intersección del eje A con el eje 1 y se colocó en la coordenada 0 en X y 0 en Y como se aprecia en la Figura 86.

**Figura 86** Ubicación de planta de cimentación en coordenadas (0,0) en un nuevo archivo de AutoCAD

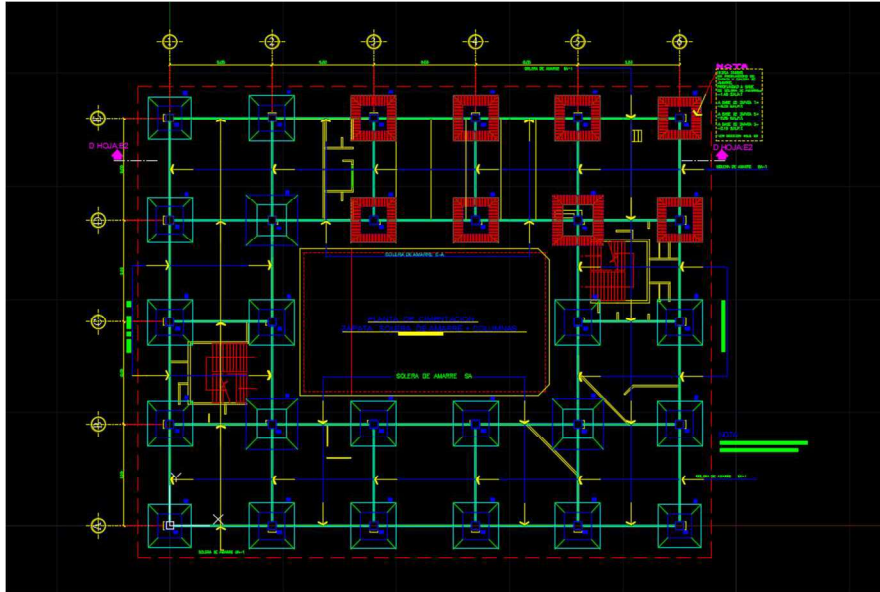


Fuente: CUNOC, USAC

Se tiene la planta en limpio para facilitar la importación hacia Revit. También se debe verificar que las unidades de trabajo en AutoCAD coincidan con Revit. Para el presente estudio se utilizará la unidad de medida en metros.



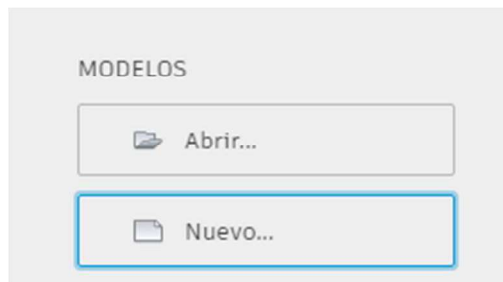
**Figura 87** Planta de cimentación sin detalles para importar a Revit



Fuente: CUNOC, USAC

Se inicia abriendo el programa de Revit y en el apartado de “Modelos” damos clic en la opción “Nuevo” (Figura 88).

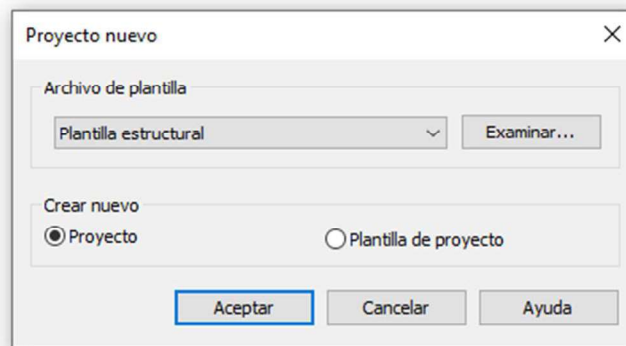
**Figura 88** Nuevo proyecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente se selecciona la “Plantilla estructural”. Todas las plantillas que trae por defecto el programa tienen la misma interfaz, lo que cambia es la información que tiene por defecto. También se puede trabajar con una plantilla personalizada si ya se tiene un formato de presentación de la información (Figura 89).

**Figura 89** Plantilla estructural en Revit

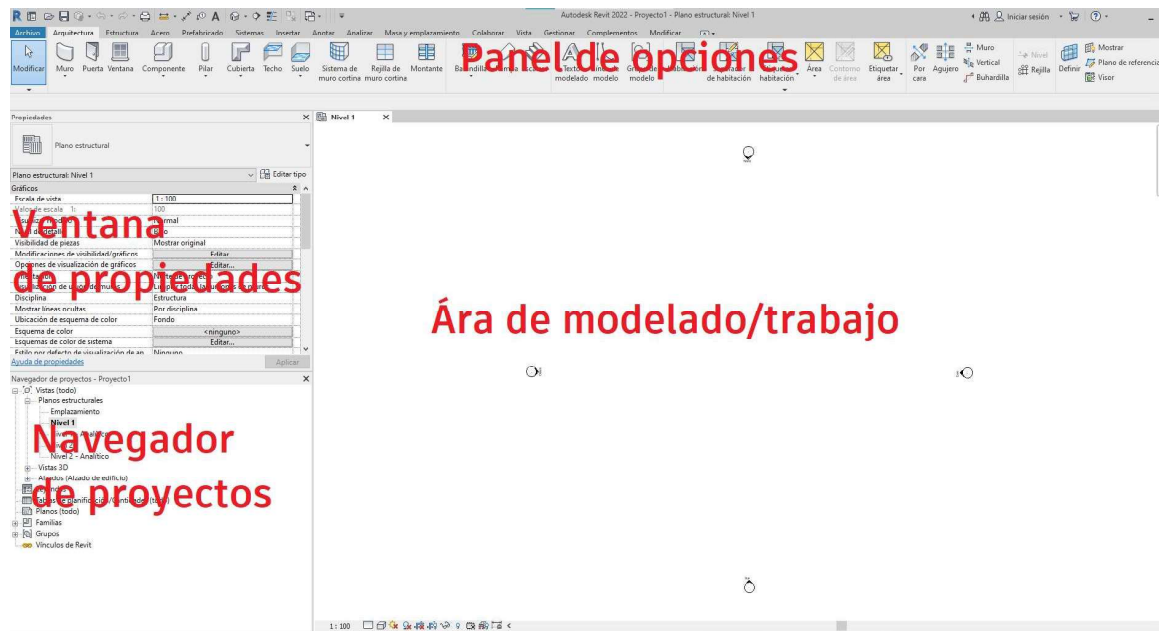


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Al seleccionar la plantilla estructural se observa la interfaz de Revit que contiene el panel de opciones, la ventana de propiedades, el navegador de proyectos y el área de trabajo o visor (Figura 90).

- Panel de opciones: contiene todas las herramientas para el modelado
- Ventana de propiedades: muestra las propiedades de los objetos
- Navegador de proyectos: permite navegar entre los elementos modelados
- Área de modelado/trabajo: área de trabajo para realizar el modelado

**Figura 90** Interfaz de Revit

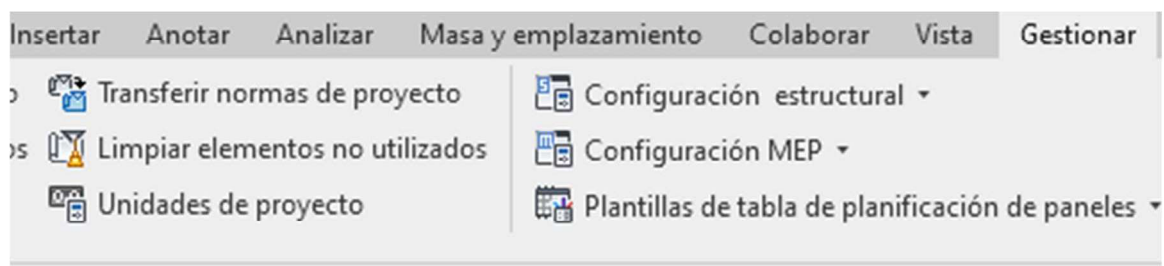


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.7.2 Configuración de Unidades del Proyecto

Se recomienda configurar las unidades del proyecto al inicio del modelado, para ello se ubica en el panel de opciones y en la pestaña “Gestionar” seleccionamos “Unidades de proyecto”. También se puede utilizar los atajos en el teclado presionando las teclas “UN” (Figura 91).

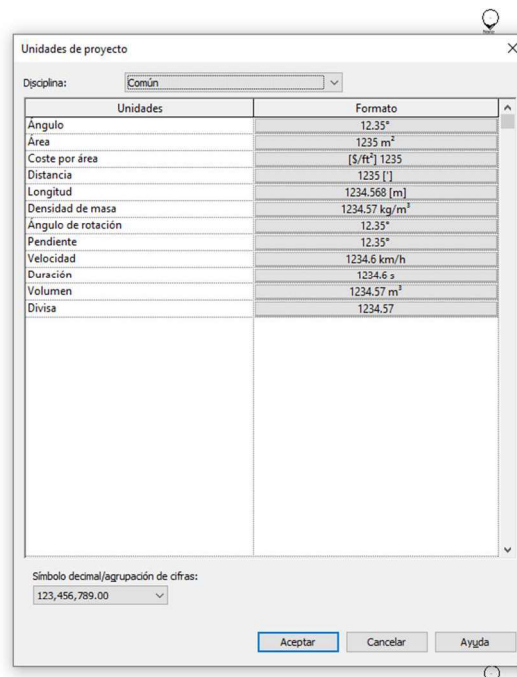
**Figura 91** Panel de opciones para configurar unidades de proyecto en Revit

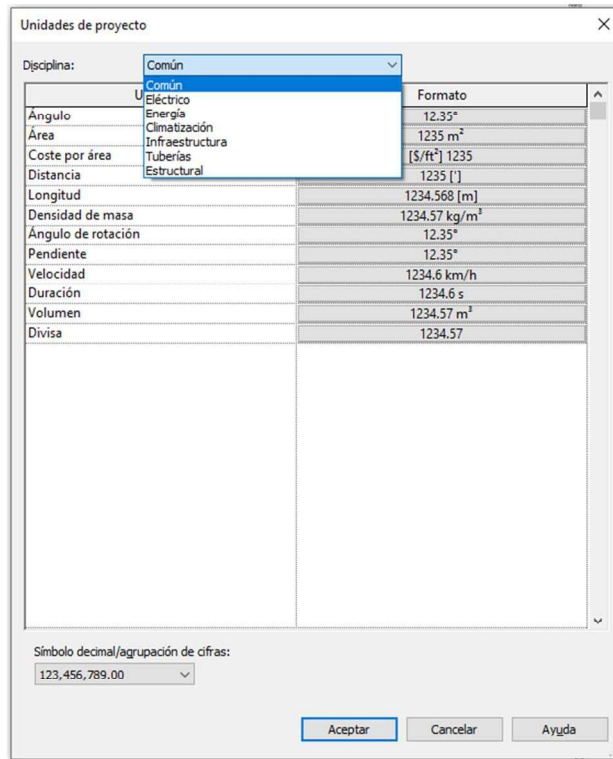


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En la ventana emergente se encuentran la pestaña de “Disciplina”, en que se selecciona la disciplina que se trabaja, en este caso se inicia con la disciplina “Común” que contiene información básica de las unidades del proyecto. También se puede configurar las unidades para la disciplina Estructural para trabajar con el refuerzo de acero más adelante (Figura 92).

**Figura 92** Ventana de unidades de proyecto





Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

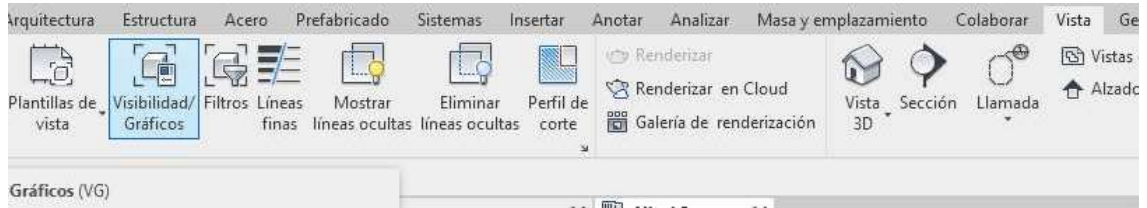
Cabe mencionar que las unidades se pueden modificar a conveniencia durante la creación del proyecto para facilitar el modelado de algunos elementos.

### 4.7.3 Configuración de las coordenadas o emplazamiento del proyecto

Cuando se está trabajando de forma colaborativa en Revit, se debe tener un punto de referencia en donde se crea, inserta o vincula un proyecto para establecer un origen, con lo cual los miembros del equipo puedan modificar o agregar información al modelo sin tener ningún conflicto de ubicación entre elementos y archivos.

Para esto debemos de ir a la pestaña “Vista” en el panel de opciones y luego en la pestaña “Visibilidad/Gráficos” (Figura 93).

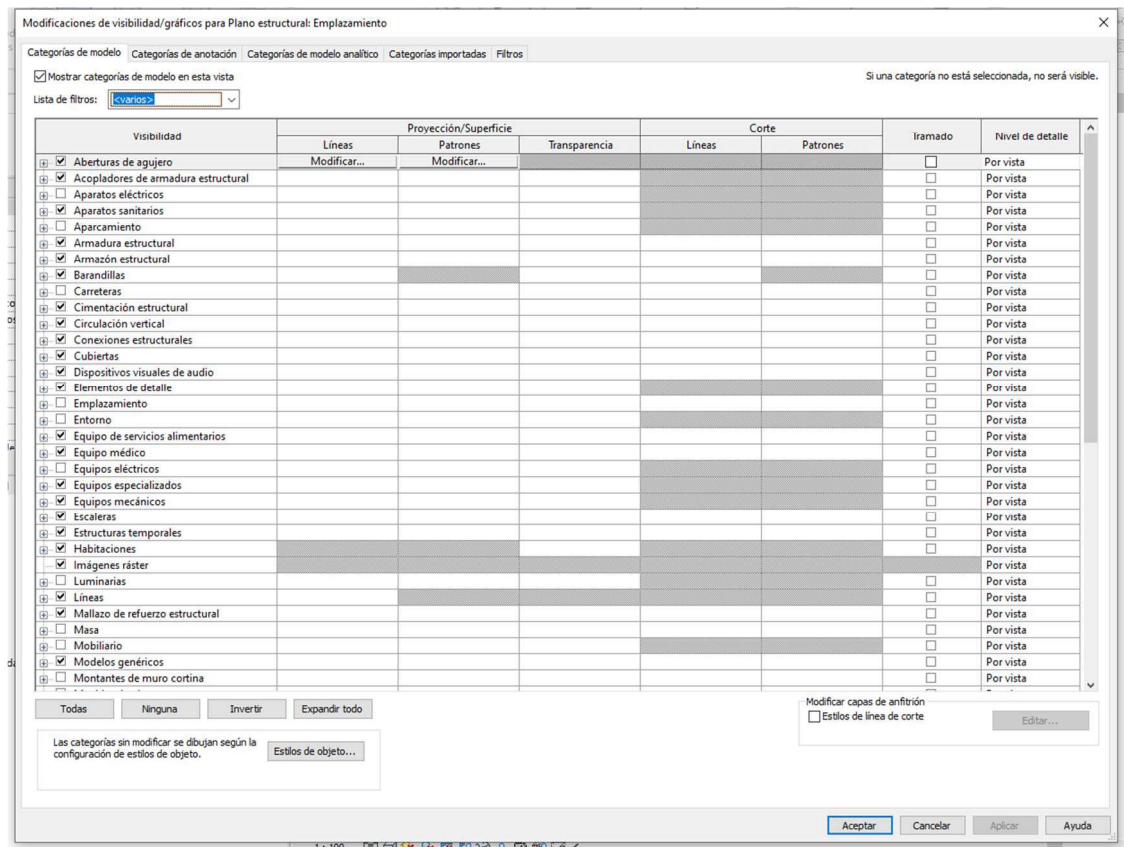
**Figura 93** Pestaña en panel de opciones para configurar coordenadas de proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente, se va a la pestaña “Categorías de modelo” y se selecciona la opción “Emplazamiento” (Figura 94).

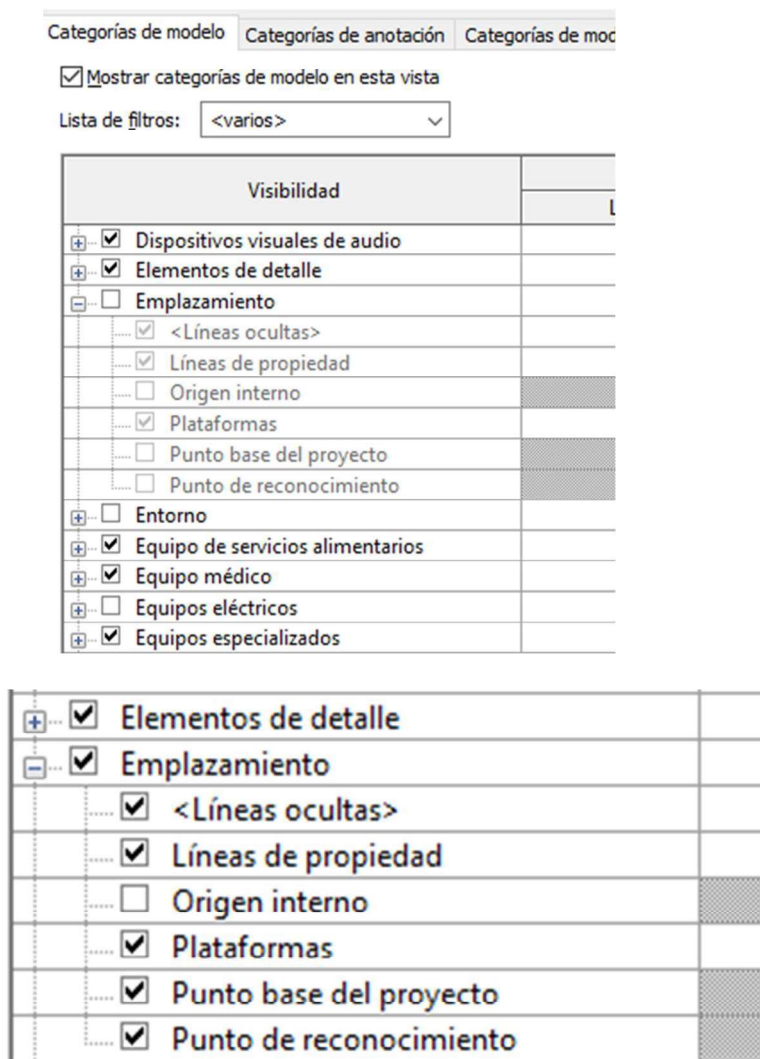
**Figura 94** Ventana de visibilidad de gráficos



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Dentro de “Emplazamiento” se encuentran las opciones de “Líneas ocultas”, “Líneas de propiedad”, “Origen interno”, “Plataformas”, “Punto base del proyecto” y “Punto de reconocimiento” que son diferentes formas de referenciar un proyecto para trabajar con múltiples archivos a partir de un punto en específico. Los puntos más importantes a considerar en cualquier proyecto son los “Puntos base del proyecto” y “Punto de reconocimiento” (Figura 95).

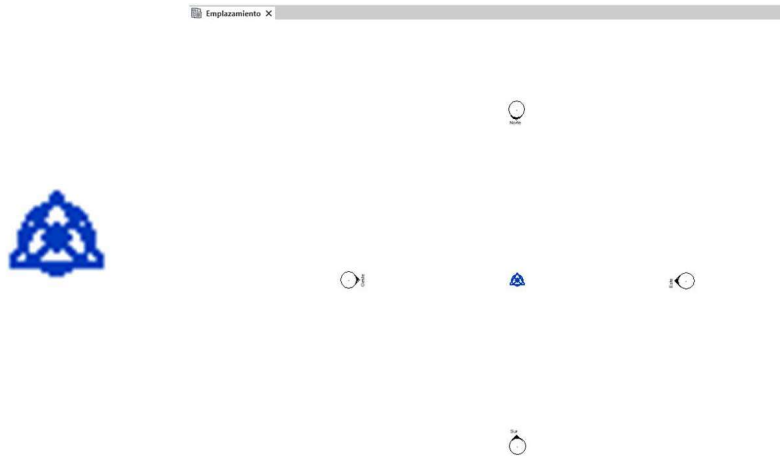
**Figura 95** Categorías de modelo y emplazamiento



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Una vez seleccionada esas opciones, en la ventana de trabajo aparecerán el “El punto base del proyecto” en forma de círculo y el “Punto de reconocimiento” en forma de triángulo colocado uno sobre el otro (Figura 96).

**Figura 96** Punto base y de reconocimiento del proyecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Punto base del proyecto: define el origen (0,0,0) del sistema de coordenadas del proyecto y sirve como referencia para las medidas en el modelo.

**Figura 97** Punto base del proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Punto de reconocimiento: es la representación de la ubicación de un objeto real cerca del modelo.

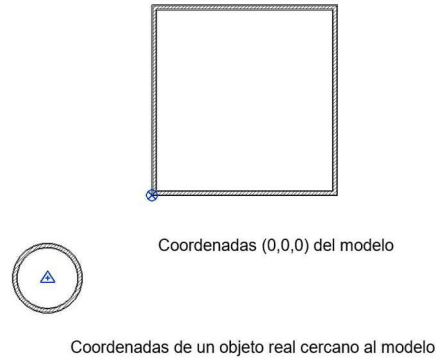


**Figura 98** Punto de reconocimiento del proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

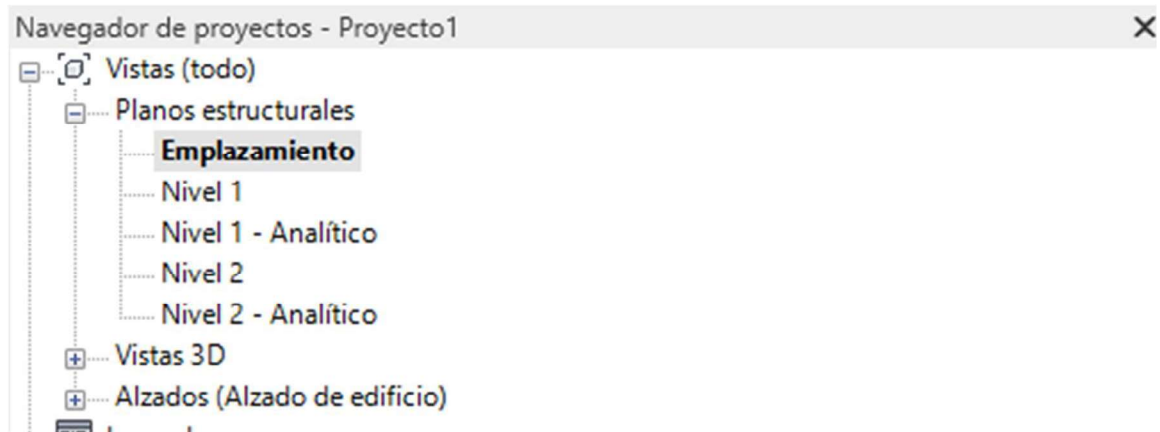
**Figura 99** Coordenadas de modelo y de un objeto real en un proyecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En el navegador de proyectos, ubica el nivel de “Emplazamiento” para importar el archivo CAD (Figura 100).

**Figura 100** Navegador de proyectos



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Los niveles se pueden agregar, modificar o eliminar durante todo el proyecto, así que al inicio se puede dejar con el mismo nombre para después cambiarlo. Los niveles analíticos almacenan la información del modelo y sirven para importar el proyecto a un programa de cálculo estructural.

#### 4.7.4 Modelado de elementos estructurales de concreto armado – Infraestructura

##### 4.7.4.1 Importación de archivo CAD a Revit

En el panel de opciones, se selecciona la pestaña “Insertar” y luego en “Importar CAD”. En Revit se puede trabajar con archivos Vinculados o Importados, la diferencia entre ambos, es que la primera se puede trabajar con el archivo, mientras ésta se va modificando y esos cambios se pueden ver en Revit, mientras que la segunda forma no se pueden visualizar los cambios realizados en el archivo importado. Para el presente estudio se decidió usar la opción de importar CAD porque los planos no presentarán ninguna modificación (Figura 101).

**Figura 101** Pestaña para importar archivos a Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente de importar CAD se ubica el archivo. Previo a insertar el archivo se deben de tener algunas consideraciones importantes (Figura 102).

Colores:

- Mantener: se mantienen los colores como están en el archivo

- Invertir: se invierten los colores del archivo
- Blanco y negro: los colores del archivo serán en blanco y negro

Capas/Niveles:

- Todo: se muestra toda la información del archivo
- Visible: se muestra todas las capas visibles que tiene el archivo
- Especificar: se selecciona las capas específicas que se mostrarán en el programa.

Unidades de importación:

- Auto detectar: el programa detecta las unidades con las cuales se trabajó el archivo.
- Factor personalizado: especificar un factor para convertir la unidad a otra.

Posición: significa en qué punto se va insertar el archivo.

- Automático de origen a origen interno: colocará el archivo con su origen al origen de Revit. Por eso es la importancia de colocar el archivo de AutoCAD en las coordenadas (0,0,0).
- Automático centro a centro: centra el archivo importado desde el punto central
- Manual origen: se puede colocar de forma manual el archivo a su origen.
- Manual centro: se puede colocar de forma manual el archivo a su centro.

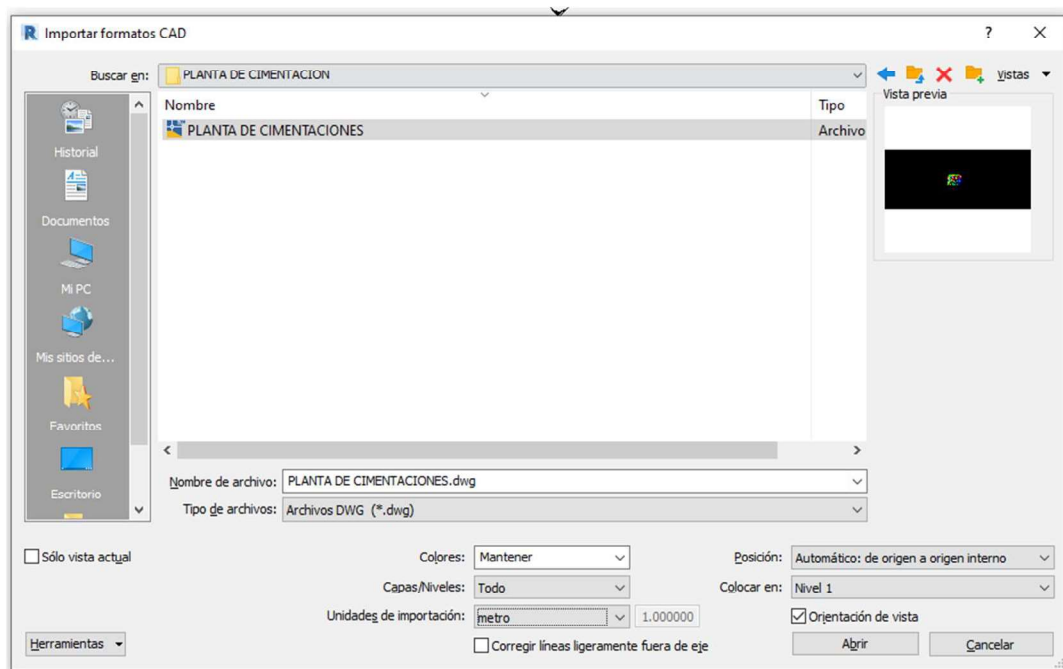
Colocar en: coloca el archivo al nivel seleccionado.

- Corregir líneas ligeramente fuera de su eje: Revit corrige automáticamente líneas que se encuentran desfasadas o que están fuera de eje.

Orientación de vista: oriente el archivo hacia una vista automática.

Las dos opciones más importantes a tener en cuenta son las Unidades de medida y la posición. Para el presente estudio se seleccionaron las opciones Colores “Mantener”, Niveles “Todo”, Unidades “Metros”, Posición “Automática”, Colocar en “Nivel 1”.

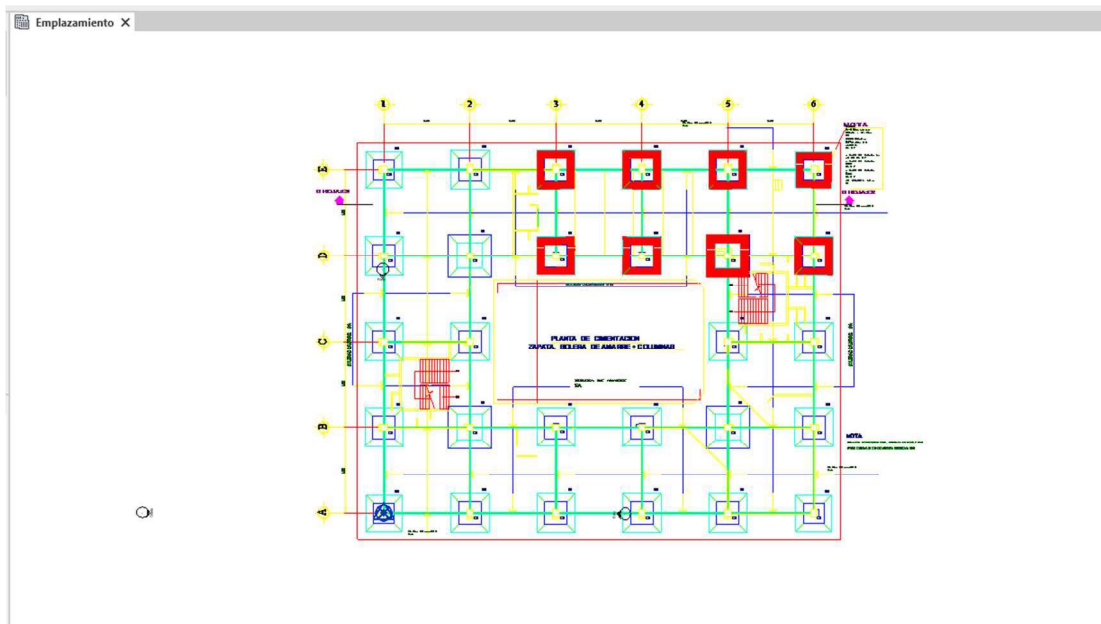
**Figura 102** Ventana de opciones para importar archivos CAD a Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Una vez importado el archivo CAD en el nivel de Emplazamiento, se muestra la planta del edificio para posteriormente definir los ejes a trabajar.

**Figura 103** Planta de cimentación importado a Revit

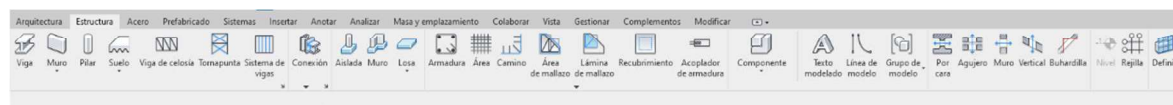


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.7.4.2 Creación de ejes

En el panel de opciones, se selecciona la pestaña “Estructura” y luego en el icono de “Rejilla” (Figura 104).

**Figura 104** Pestaña para creación de ejes en panel de opciones



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Posteriormente en la siguiente pestaña se pueden colocar las rejillas de varias formas, “Línea”, “Arco inicio fin”, “Arco por centros y puntos finales”, “Seleccionar líneas” y

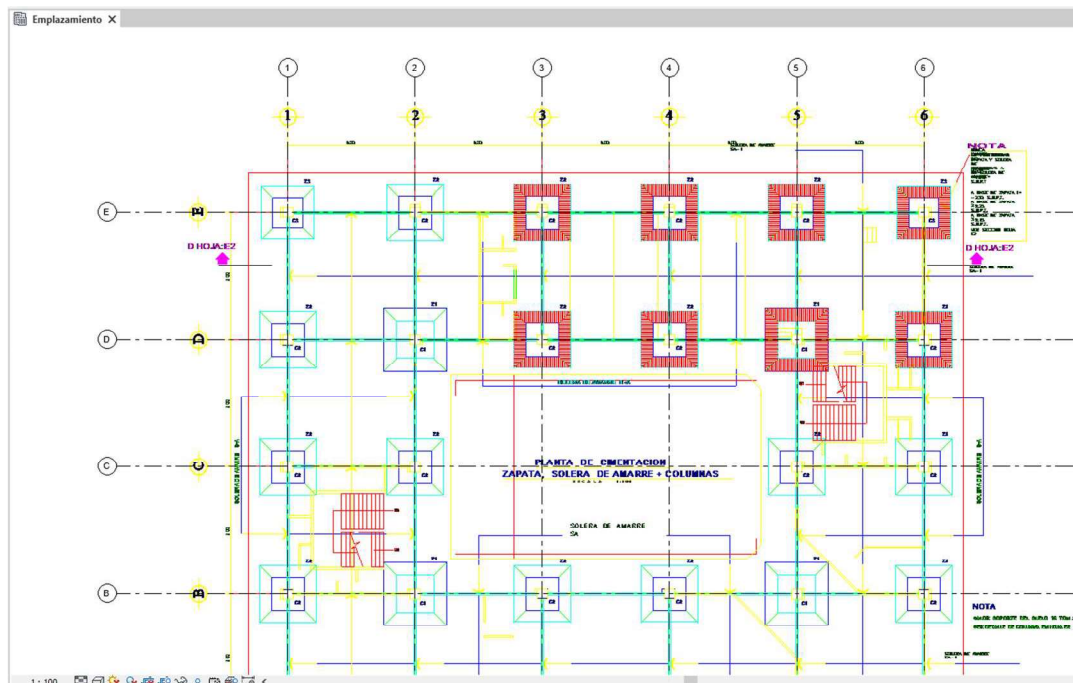
“Multisegmento”. La forma más rápida de dibujar las rejillas es por medio de la opción de “Seleccionar líneas” a partir de una línea base (Figura 105).

**Figura 105** Opciones para dibujar ejes en modificar rejillas



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 106** Archivo CAD importado a Revit

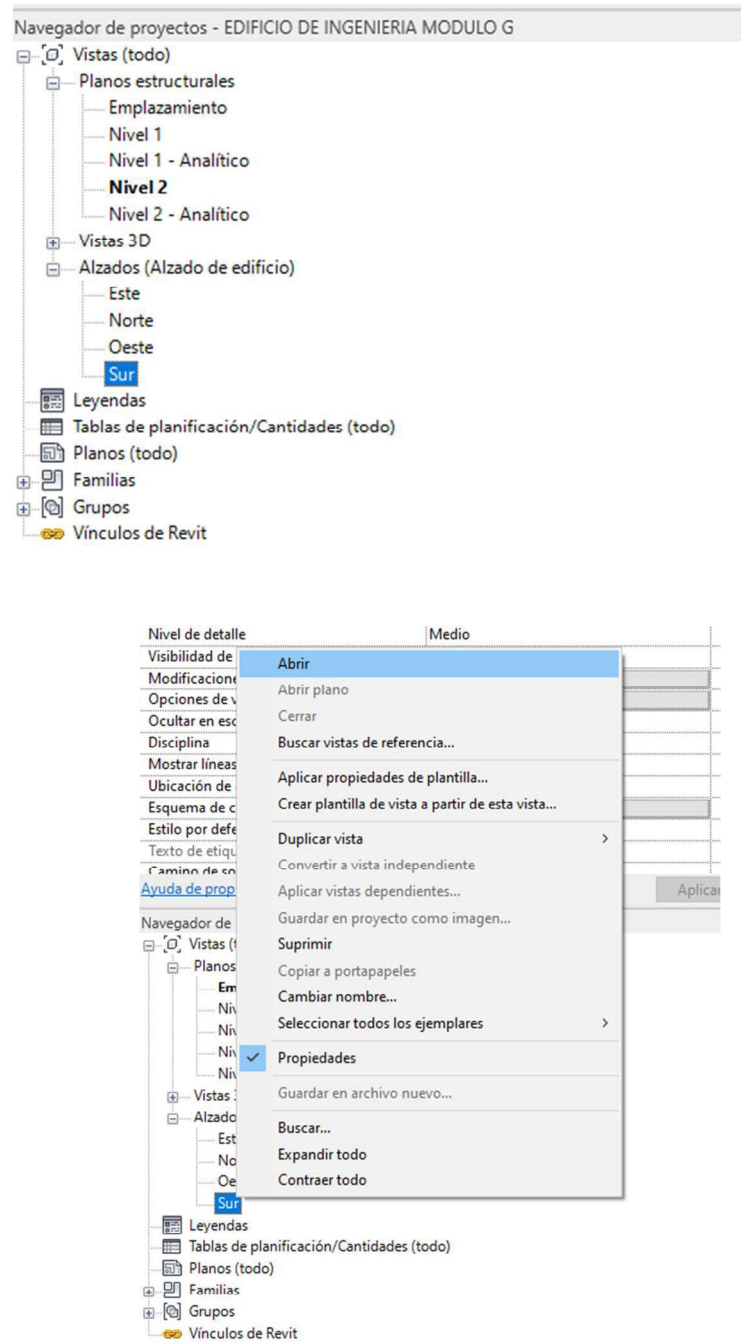


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.4.3 Creación de niveles

En el navegador de proyectos, se selecciona la opción de “Alzados (Alzados de edificio)”. Se puede dirigir a cualquiera de los alzados para la creación de los niveles, para este caso damos clic derecho sobre el alzado “Sur” y luego en “Abrir” (Figura 107).

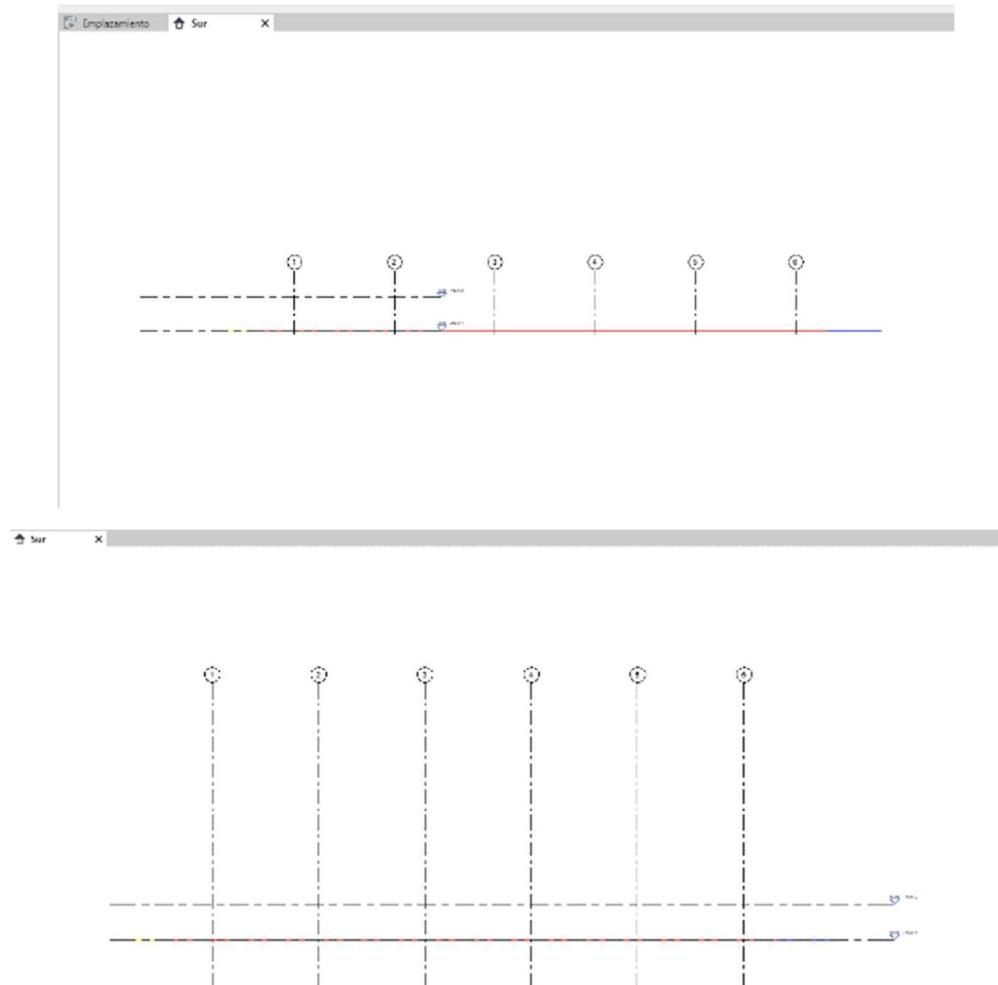
Figura 107 Alzados para dibujar niveles en el proyecto



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Una vez dentro del alzado Sur, se procede a organizar de mejor manera los niveles y rejillas. Se elige y arrastra hasta colocarlo en una posición adecuada para trabajar.

**Figura 108** Ejes dibujados en el proyecto

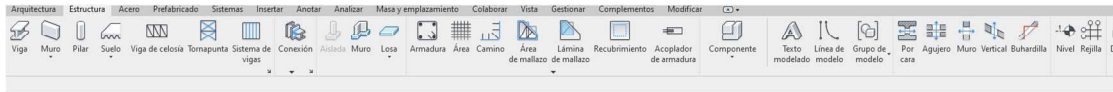


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para la creación de niveles, se conduce al panel de opciones, en la pestaña “Estructura” y luego se selecciona la opción de “Nivel” (Figura 109).



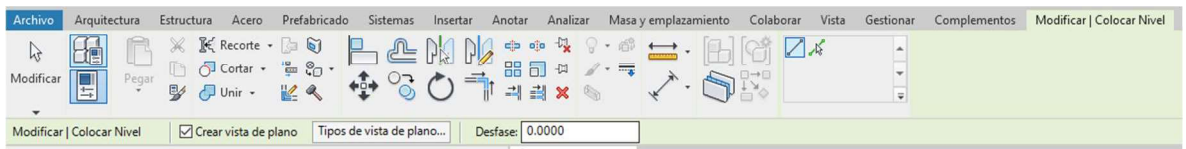
**Figura 109** Pestaña de opción para dibujar niveles



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

De la misma forma como se dibujan las rejillas, se tienen dos opciones, “Línea” y “Seleccionar Líneas”.

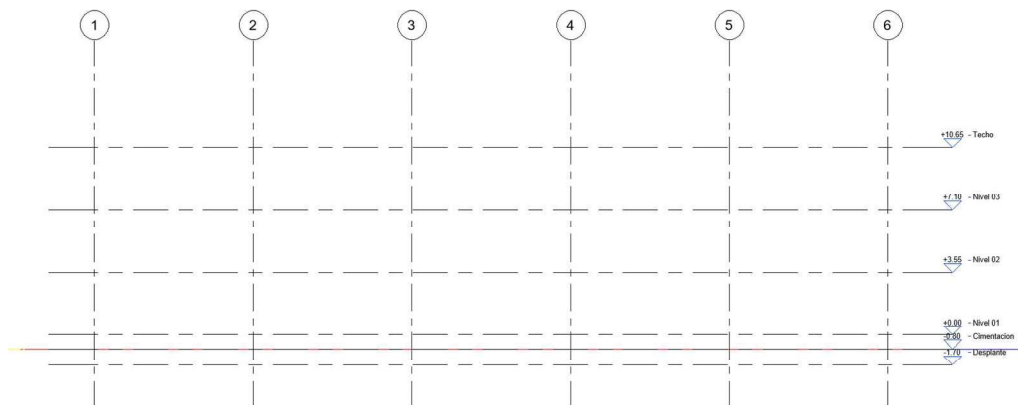
**Figura 110** Pestaña de opciones para dibujar niveles



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Seguidamente se procede a dibujar los niveles del edificio con la información proporcionada en los planos de AutoCAD. El edificio de ingeniería cuenta con 3 niveles de una altura a ejes de 3.55 m, el nivel de cimentación es de -0.80 y el nivel de desplante es variado, pero se tomará de -1.70m (Figura 111).

**Figura 111** Niveles creados para el proyecto

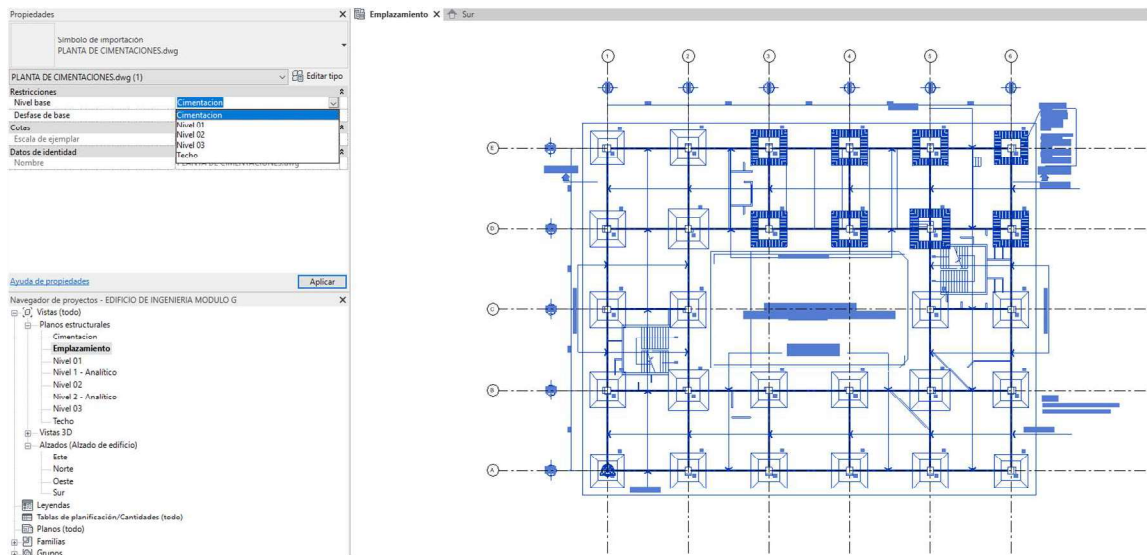


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.7.4.4 Modelado de cimentación

Se han creado nuevos niveles, así que se debe mover el archivo importado CAD al nivel de cimentación para trabajar de manera más ordenada. Después se dirige a la planta de “Emplazamiento” y se selecciona el archivo importado, luego en la ventana de propiedades se ubica la opción de “Nivel base” y selecciona el de “Cimentación” que se ha creado anteriormente (Figura 112).

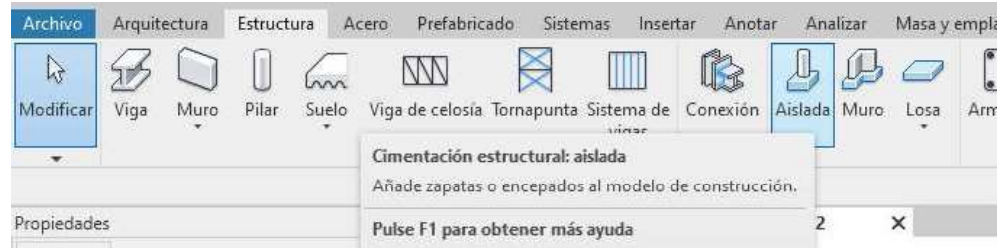
**Figura 112** Archivo CAD de planta de cimentación importado a Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Una vez ubicados en el nivel de “Cimentación”, se dirige al panel de opciones y en la pestaña de “Estructura” se selecciona la opción de “Aislada” para proceder a crear las zapatas aisladas (Figura 113).

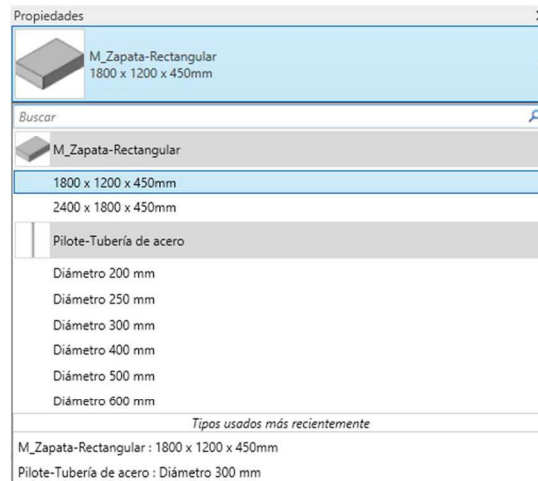
**Figura 113** Pestaña de opciones para el modelado de cimentación



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Por defecto, Revit tiene cargado una serie de zapatas de varios materiales y secciones para ser utilizados en los proyectos.

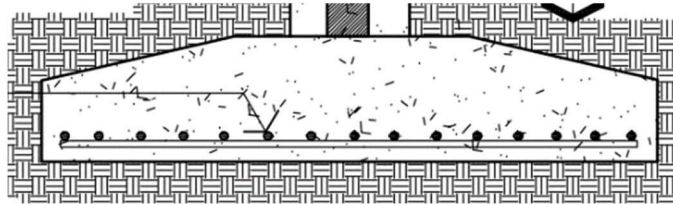
**Figura 114** Tipos de zapatas cargadas por defecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Si se visualizan los planos en AutoCAD se puede encontrar que el edificio cuenta con tres tipos de zapatas aisladas piramidal: Z1 de 4.50mx4.50mx0.90m, Z2 de 4.0mx4.0x0.85m y Z3 de 3.75mx3.75mx0.75m (Figura 115).

**Figura 115** Sección de Zapata piramidal del proyecto según planos CAD



Fuente: CUNOC, USAC

Aquí surge un problema y es que Revit no tiene ese tipo de zapata dentro de la familia de cimentación. Para solucionarlo se debe crear una familia de zapatas piramidales con ese tipo de secciones.

Para crear una nueva familia en Revit se puede hacer de dos formas

- a. A partir de una nueva familia
- b. A partir de una familia existente

Para el presente estudio no se desarrollará el proceso de creación de familias porque es extenso y se aleja del objetivo principal de la guía.

Una vez creada la zapata piramidal, se conduce nuevamente al panel de opciones y se selecciona la pestaña “Estructura” y luego en “Aislada” y se ve que ya aparece la zapata piramidal que se ha creado (Figura 116).

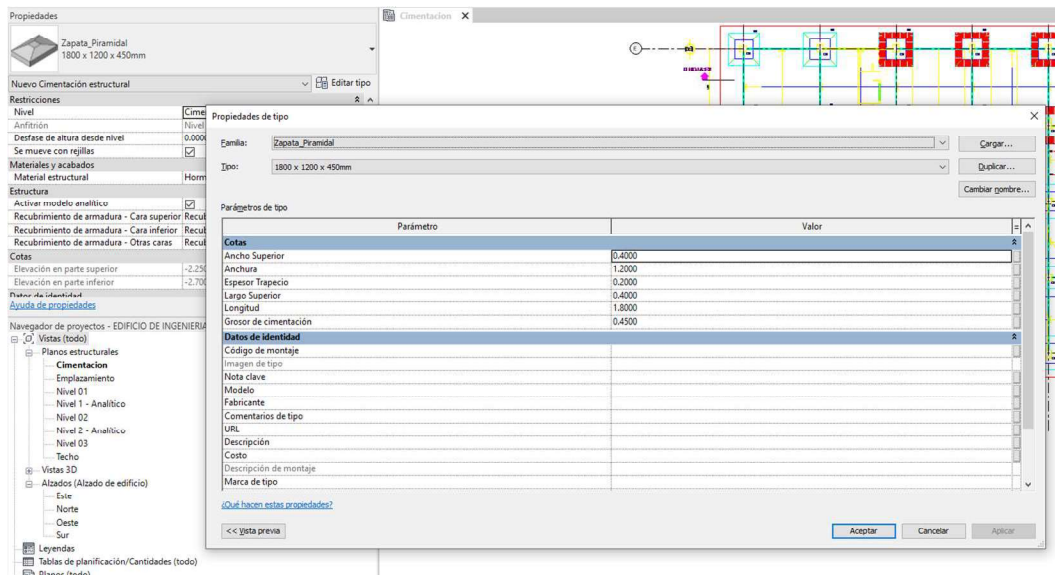
**Figura 116** Zapata piramidal en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Seguidamente se crean los tres tipos de zapatas para nuestro proyecto. Para esto se da clic en la opción de “Editar tipo” y en la ventana emergente se da clic en la opción de “Duplicar”.

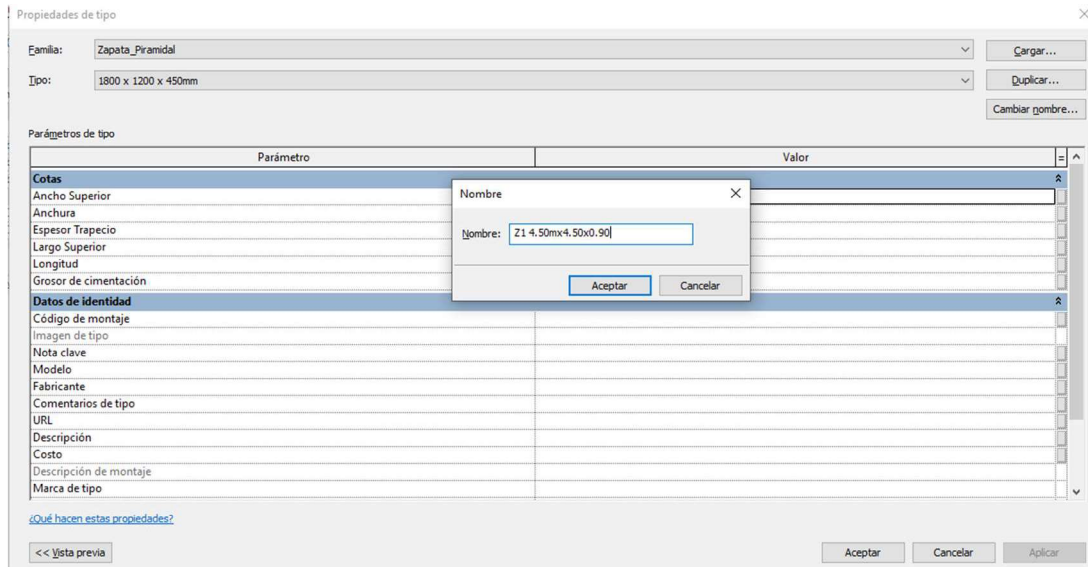
**Figura 117** Propiedades de tipo para modificar dimensiones de Zapatas



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se ingresa el nombre de las zapatas con sus dimensiones para que facilite la identificación en el proyecto (Figura 118).

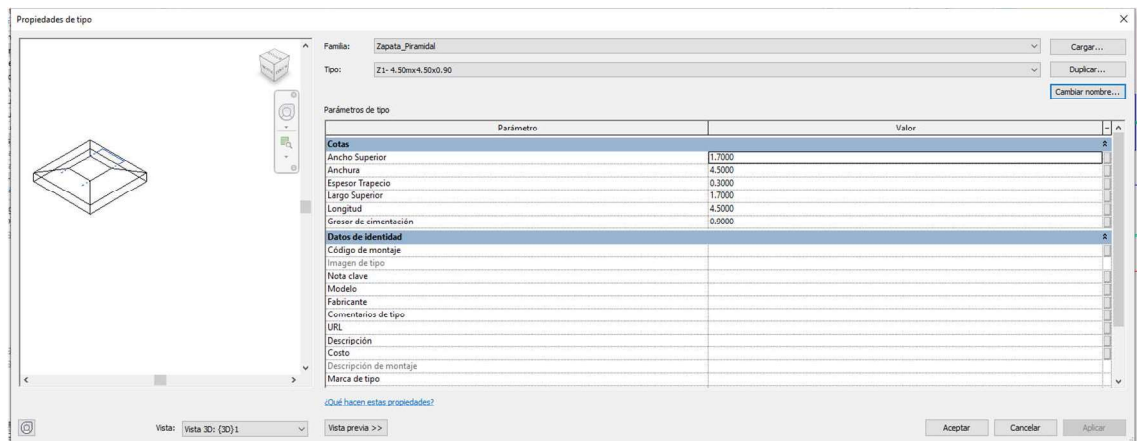
**Figura 118** Nombramiento de zapatas en propiedades de tipo



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

También se modifican las dimensiones de la zapata piramidal en el apartado de “Parámetros de tipo” (Figura 119).

**Figura 119** Modificación de las dimensiones de la zapata en propiedades de tipo



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.7.4.5 Colocación de la zapata en la planta de cimentaciones

Se selecciona la zapata piramidal y en el panel de opciones se selecciona la opción de “En rejillas” (Figura 120).

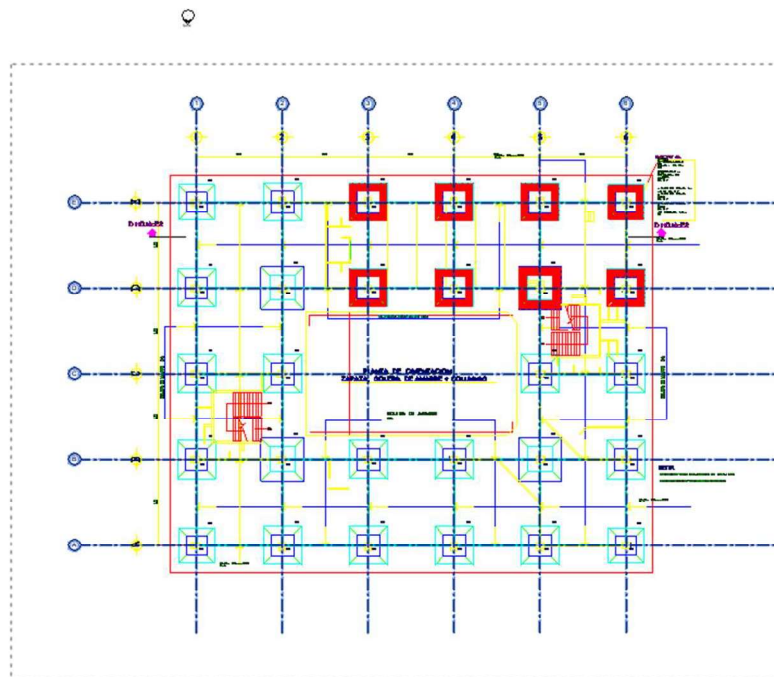
**Figura 120** Pestaña de opción para dibujar zapatas en el proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

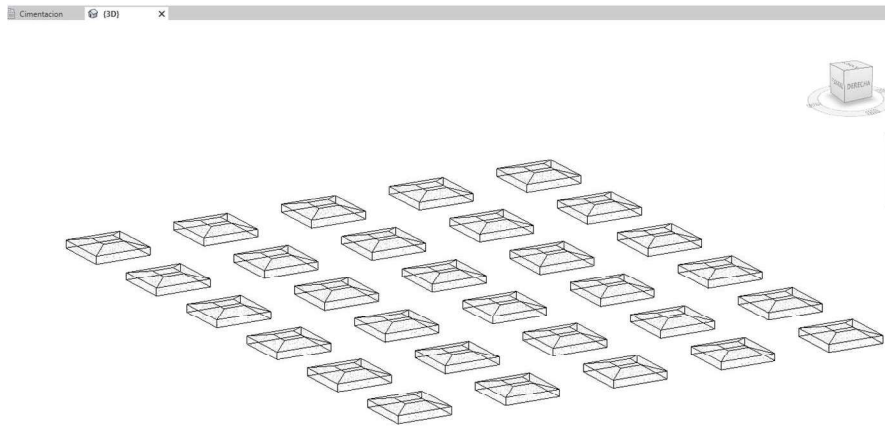
Al seleccionar todas las rejillas con el puntero del ratón, desde la parte inferior derecha como se muestra en la siguiente imagen y luego “Finalizar” (Figura 121).

**Figura 121** Selección de rejillas para colocar las zapatas al proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

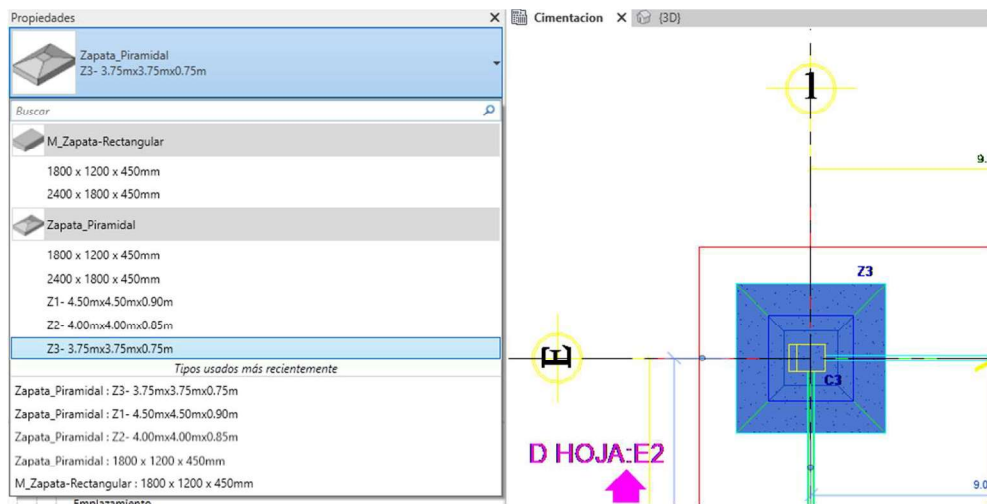
**Figura 122** Vista 3D de zapatas del proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Cada zapata seleccionada cuenta con una asignación de tipo, en la pestaña de “Propiedades” y elegimos la que corresponda con el nombre. También se procede a eliminar algunas que se colocaron en lugares que no corresponden (Figura 123).

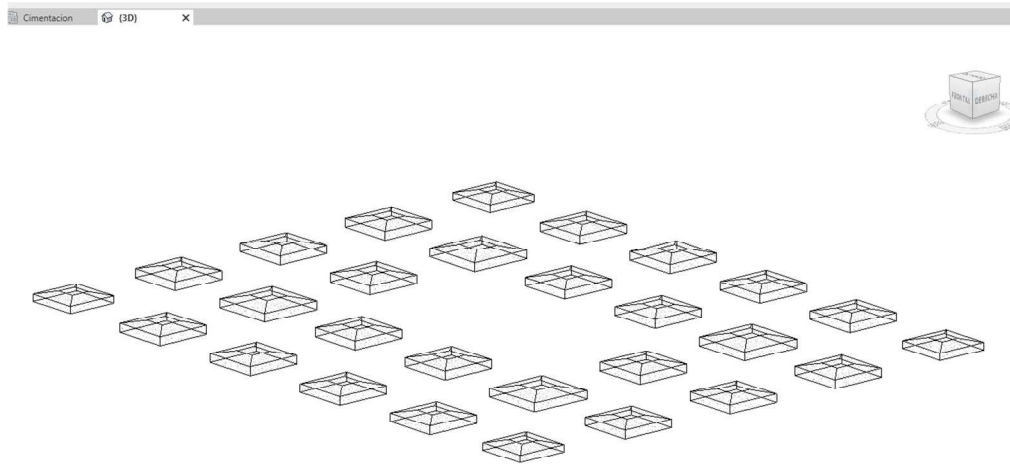
**Figura 123** Asignación de zapatas correspondientes a cada ubicación en el proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit



**Figura 124** Vista 3D de Zapatas finales en el proyecto

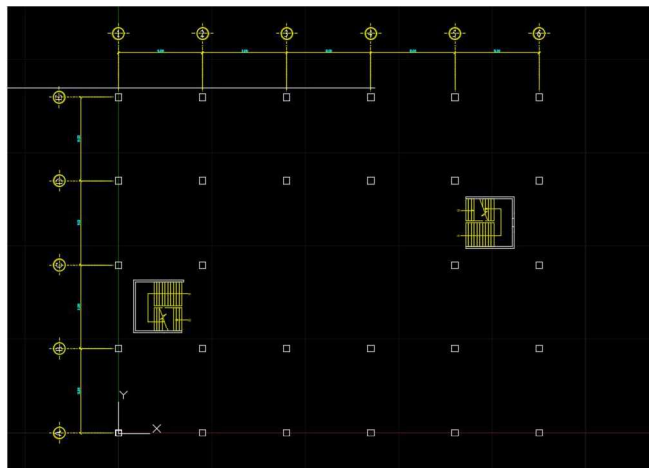


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.4.6 Modelado de columnas estructurales a nivel de cimentación

Así como se hizo con la cimentación, se insertará la planta de columnas estructurales para poder a realizar el modelado en Revit. Ya se explicó el procedimiento al inicio, por lo que se saltará ese paso (Figura 125).

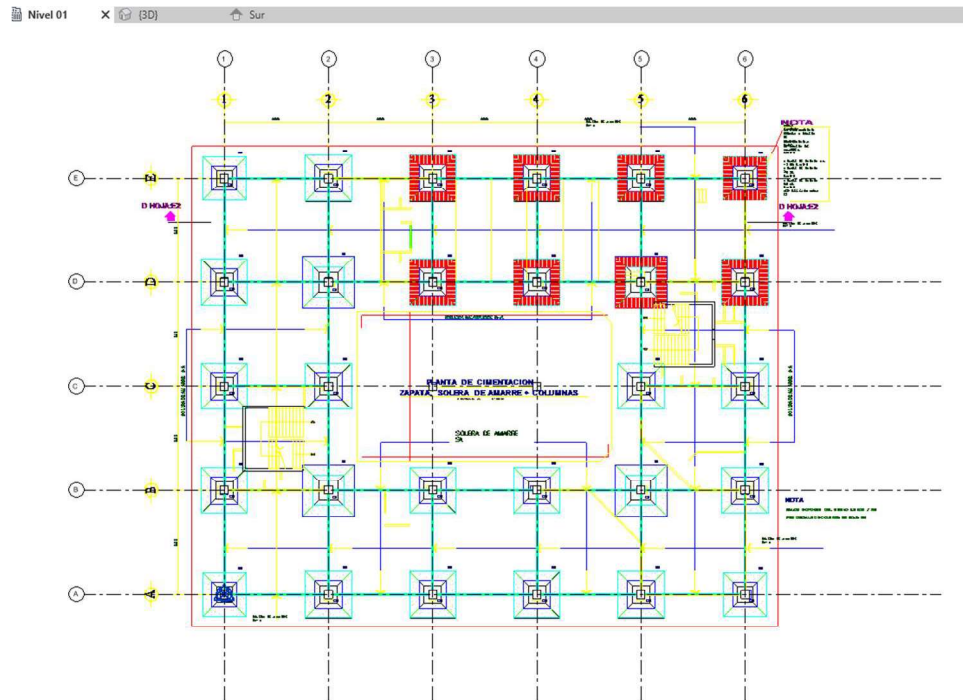
**Figura 125** Planta de columnas estructurales del primer nivel en AutoCAD



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se tienen dos archivos CAD importados, en el nivel 1 se muestra la planta de cimentaciones y la de columnas estructurales.

**Figura 126** Planta de columnas estructurales importadas en Revit



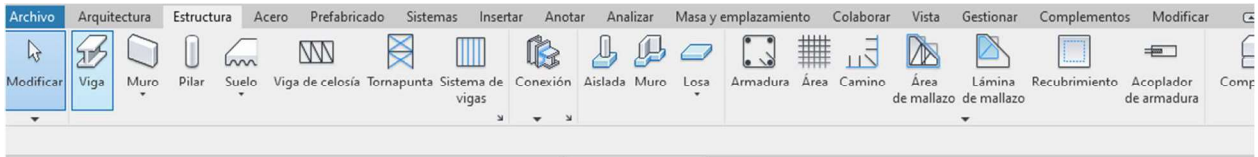
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para ocultar la planta de cimentaciones se dirige a la paleta de opciones y en la pestaña de “Vista” y luego en “Visibilidad de gráficos”. Dentro de la venta de visibilidad de gráficos se dirige a la pestaña de “Categorías importadas” y se quita la selección de la planta de cimentaciones para dejar únicamente la planta de columna.

#### 4.7.4.7 Creación de columnas

Se debe dirigir al panel de opciones y se selecciona la pestaña “Estructura” y luego en “Pilar” (Figura 127).

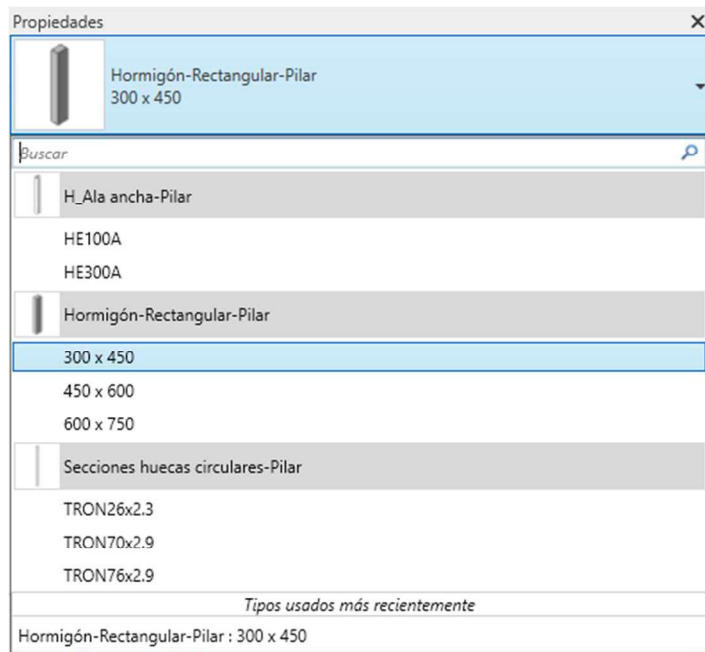
**Figura 127** Pestaña de opción para modelado de columna



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Por defecto Revit ya tiene cargada una serie de tipos de columnas; Hormigón Rectangular-Pilar, H\_Ala ancha – Pilar, Secciones huecas circulares-pilar. Para el caso de estudio se selecciona la columna de “Hormigón - Rectangular- Pilar” (Figura 128).

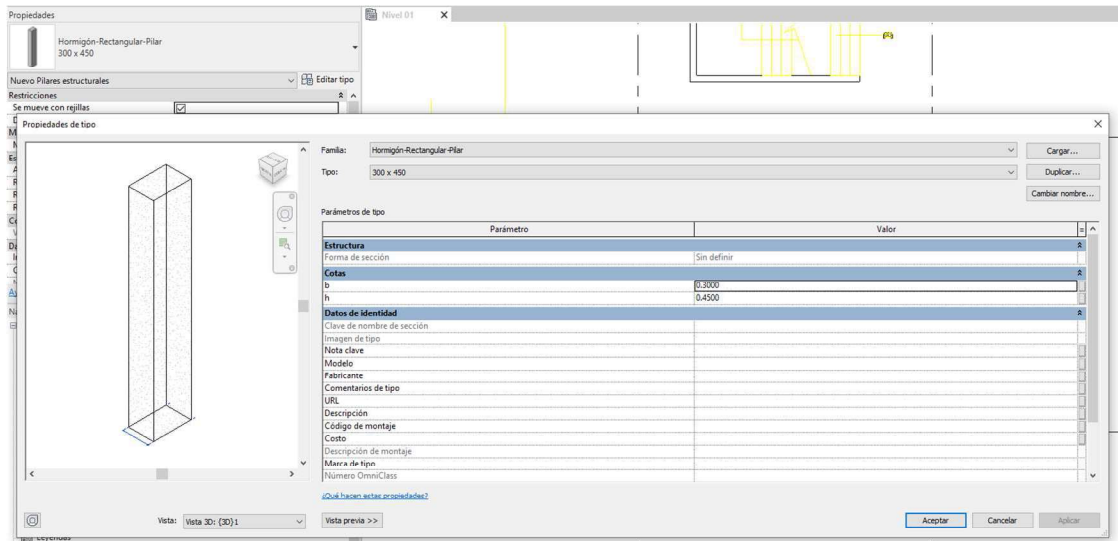
**Figura 128** Columnas cargadas por defecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se selecciona la opción de “Editar tipo” en el panel de propiedades y en la ventana de propiedades de tipo se procede a seleccionar la pestaña de “Duplicar” (Figura 129).

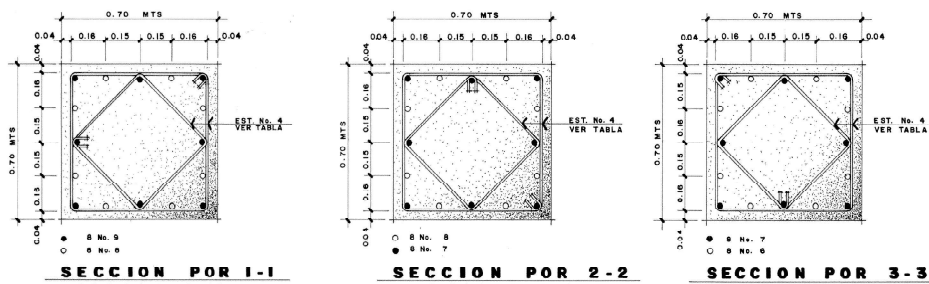
**Figura 129** Propiedades de tipo para columnas rectangular



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Según detalles de columnas en AutoCAD hay tres tipos de columnas con las mismas secciones de 0.70mx0.70m, pero con diferente armado (Figura 130).

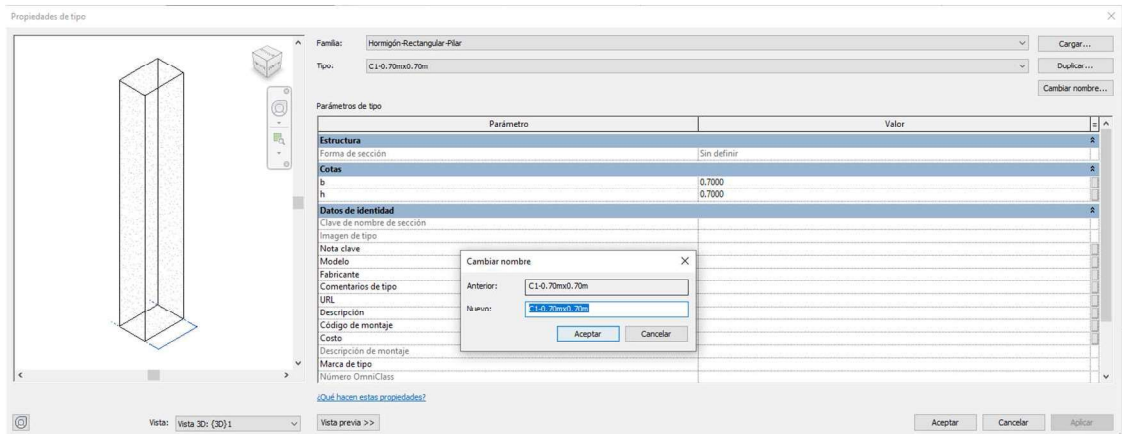
**Figura 130** Detalle de columnas principales según planos en AutoCAD



Fuente: CUNOC, USAC

Se procede a crear las columnas en Revit, para ello se realiza un duplicado y se le coloca el nombre y dimensiones (Figura 131).

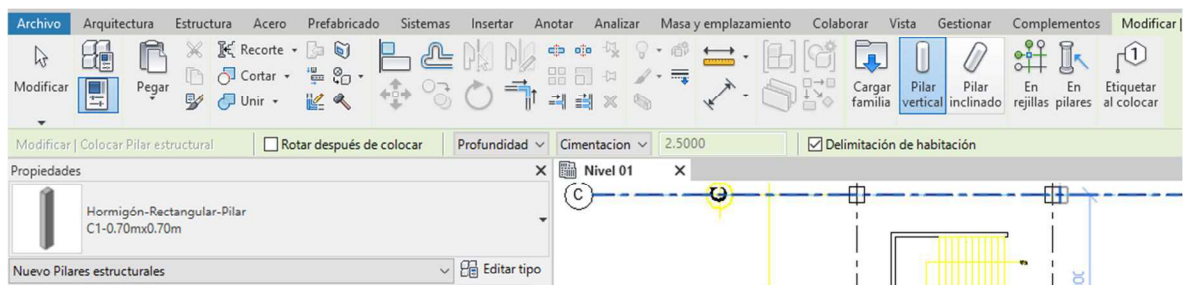
**Figura 131** Duplicado de columnas estructurales



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Seguidamente se colocan las columnas en nivel 1 hacia la cimentación, para ello se va a panel de opciones y se selecciona la opción de “Pilar Vertical” y luego “En rejillas”. Se debe revisar que este seleccionado la opción de “Profundidad” y en “Cimentaciones” en la parte inferior del panel de opciones (Figura 132).

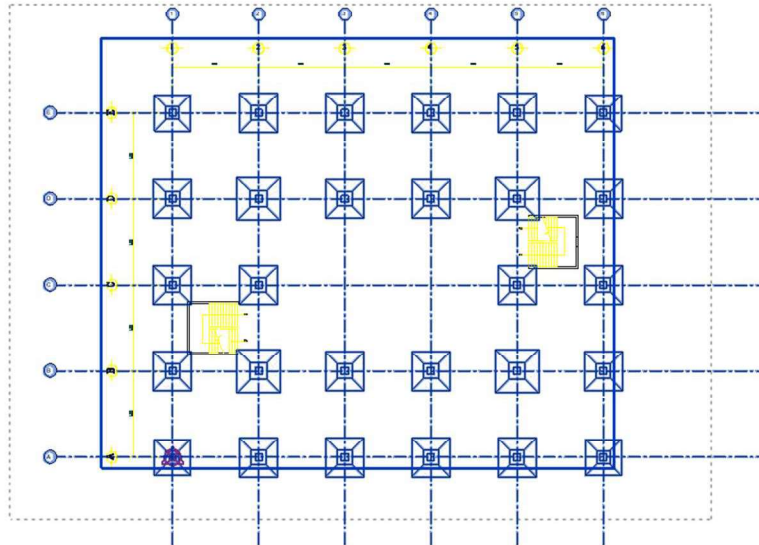
**Figura 132** Pestaña de opciones para dibujar columnas



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

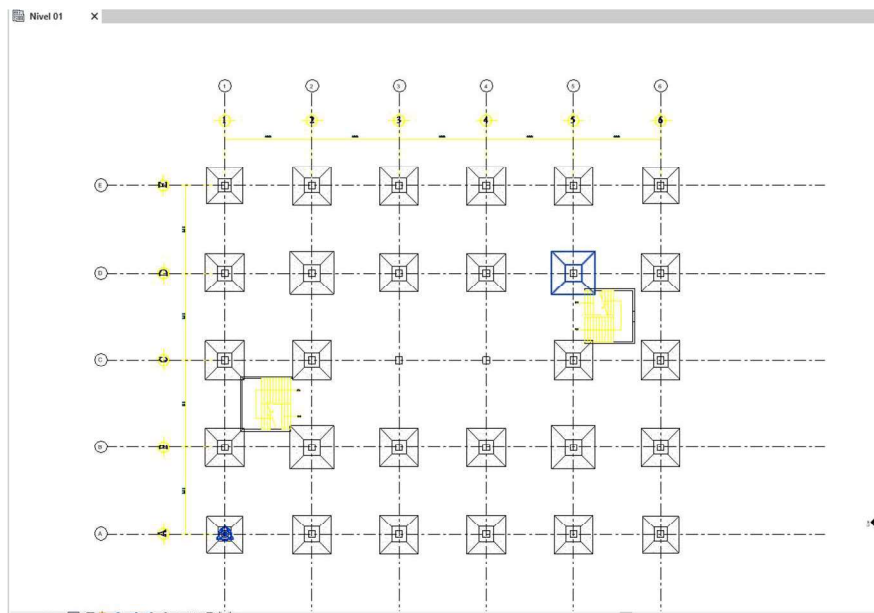
Se selecciona todo el proyecto desde la parte inferior derecha hacia la parte superior izquierda con el puntero del ratón. Luego se da clic en “Finalizar”.

**Figura 133** Selección de rejillas para colocar columnas



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 134** Plantilla de columnas estructurales importadas a Revit

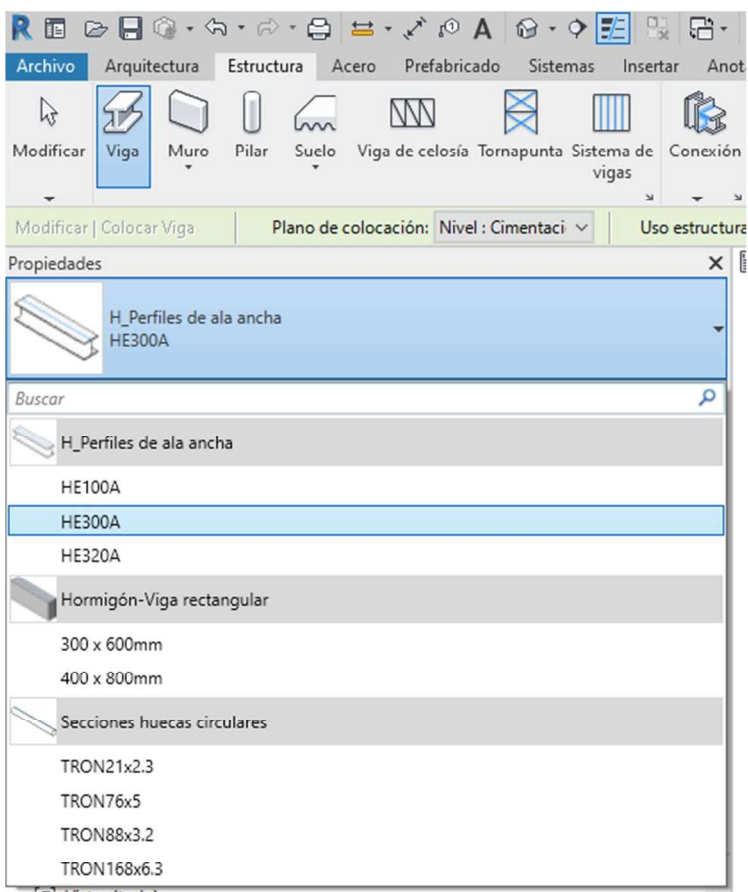


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.4.8 Modelado de solera de amarre

Para realizar el modelado se dirige a la paleta de opciones, luego en la pestaña “Estructura” y por último se selecciona la opción de “Viga”. También se selecciona la viga de “Hormigón-Viga rectangular” luego en “Editar tipo” (Figura 135).

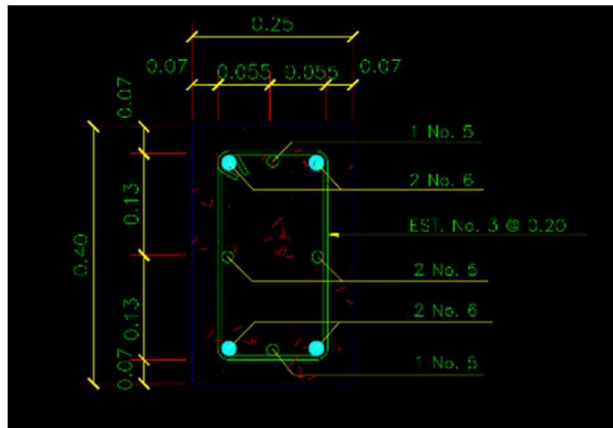
**Figura 135** Pestaña de opción para modelar vigas en el proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

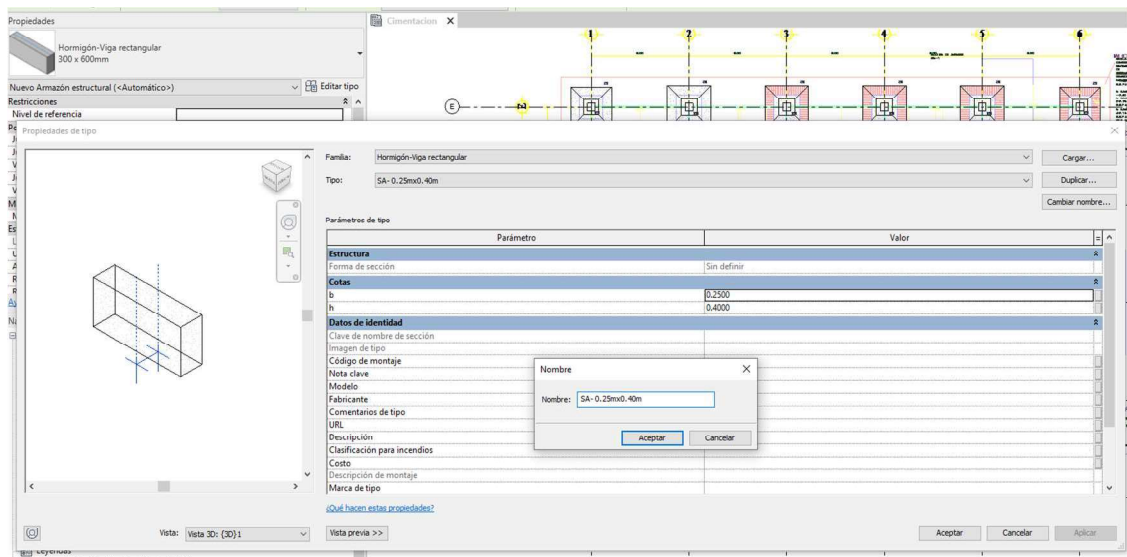
En el panel de Propiedades de tipo procedemos a “Duplicar” y se coloca el nombre junto con la dimensión de la solera de amarre. Según planos en AutoCAD solo se tiene un tipo de solera de amarre de sección 0.25mx0.40m (Figura 136).

**Figura 136** Detalle de vigas de amarre según planos AutoCAD



Fuente: CUNOC, USAC

**Figura 137** Modificando dimensiones de vigas de amarre en propiedades de tipo

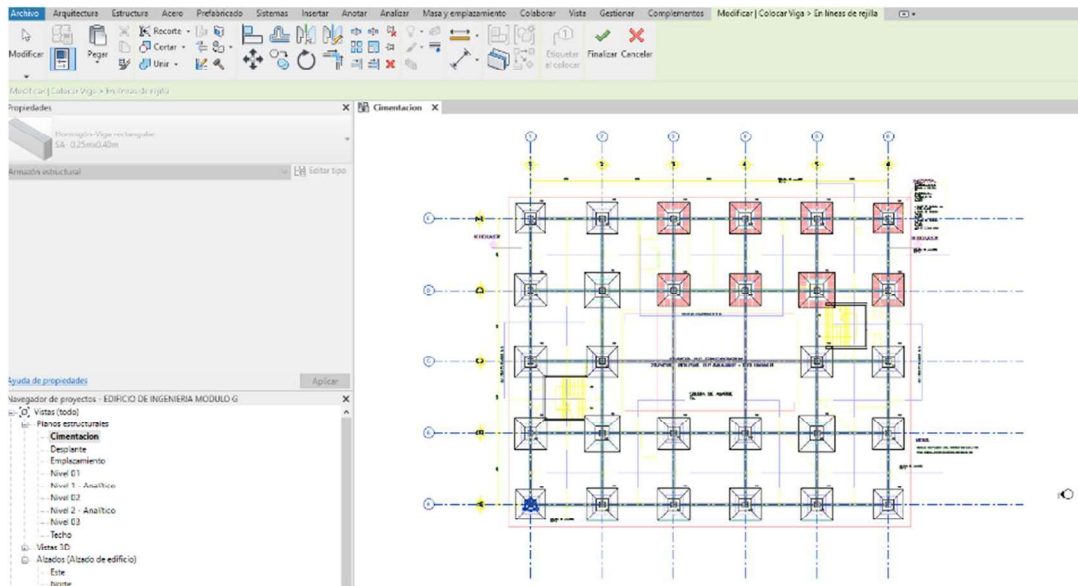


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Una vez creada la solera de amarre, se debe ubicar en el panel de opciones y después en “Rejillas” nuevamente, con el puntero del ratón seleccionamos todo el proyecto y después en finalizar.



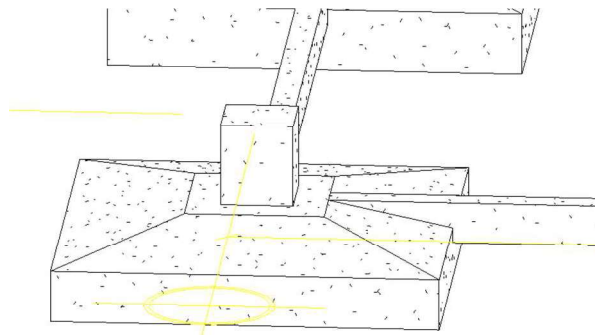
**Figura 138** Selección de rejillas para colocar vigas de amarre

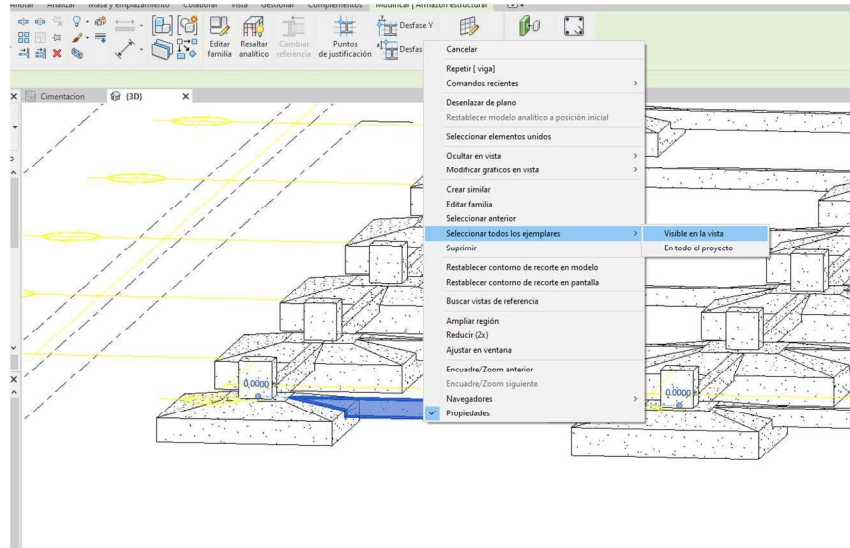


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En una vista 3D se observa que las soleras se encuentran al nivel de la parte superior de la zapata piramidal, para corregir ese desfase se da clic derecho sobre una solera y se selecciona la opción de “Seleccionar todos los ejemplares “y luego en “Visible en la vista” para seleccionar todas las soleras de una sola vez (Figura 139).

**Figura 139** Vista 3D de soleras de amarre y zapatas

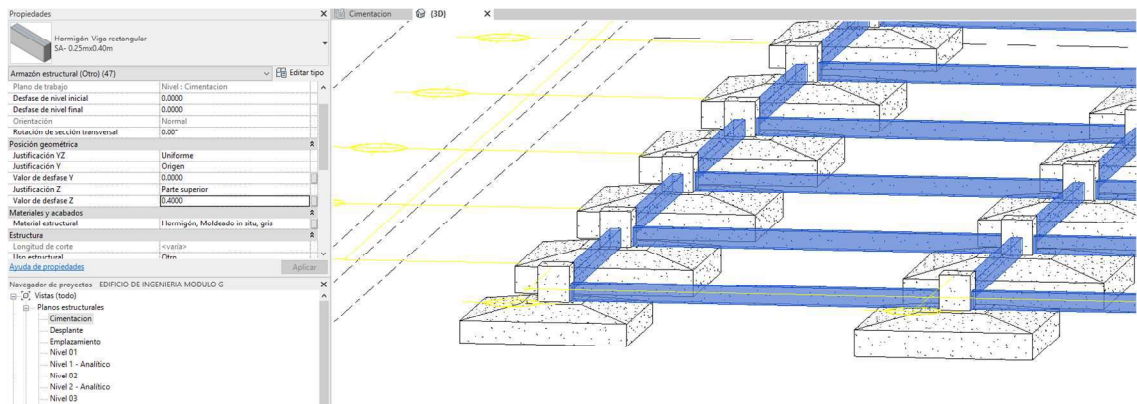




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Resulta necesario ubicarse en la paleta de propiedades y en la parte de “Posición geometría” modificar el valor de “Valor de desfase Z” de 0.00 a 0.400 y así mover las soleras hacia arriba.

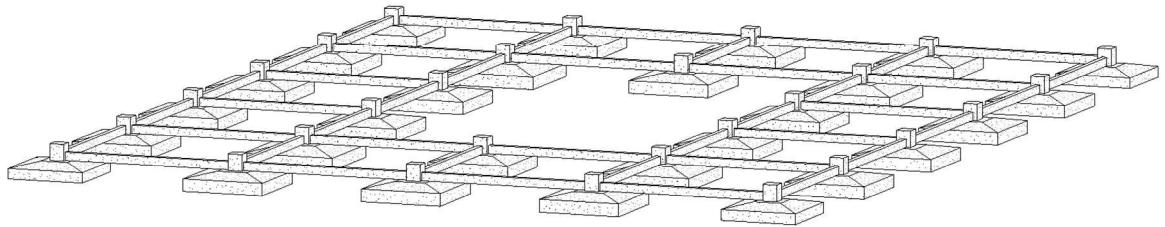
**Figura 140** Desfase de solera de amarre en cimentación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

También se pueden eliminar algunas soleras de amarre que no corresponden a su ubicación.

**Figura 141** Vista 3D de zapatas, columnas y soleras de amarre en cimentación

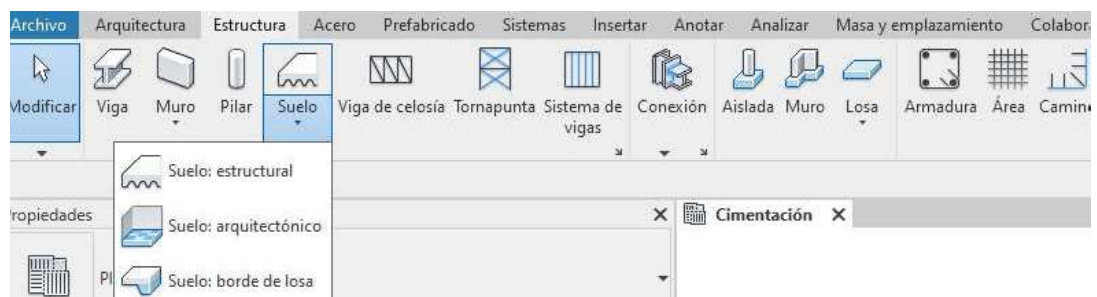


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.4.9 Modelado del suelo – Corredor

Según detalle de los planos, el corredor interior tiene un espesor de 0.05m. Para ello se debe ir al panel de opciones y se selecciona la pestaña “Estructura” y luego “Suelo” (Figura 142).

**Figura 142** Pestaña de opciones para modelar suelos en Revit

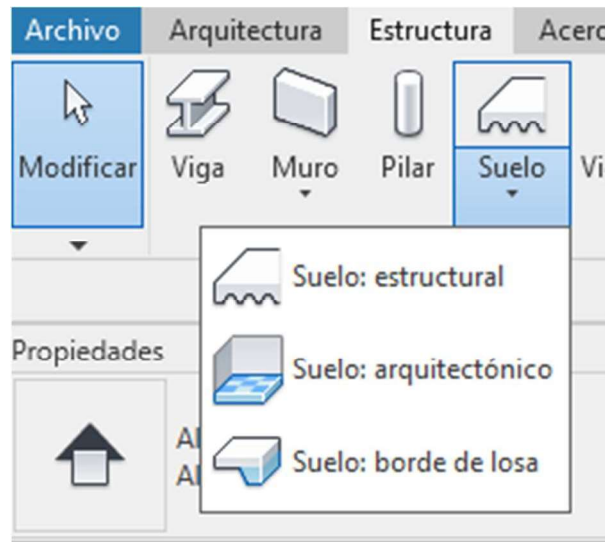


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En Revit se pueden modelar tres tipos de suelos: “Suelo: estructural”, “Suelo: arquitectónico” y “Suelo: borde de losa”. La diferencia entre un suelo estructural y un suelo arquitectónico es que la primera se suele utilizar para modelar elementos que forman parte del sistema resistente de la estructura, es decir, el suelo puede ser utilizado para modelar losas con

su refuerzo de acero y la segunda se utiliza para modelar elementos que no requiere de refuerzo de acero como pueden ser pisos, tierra, calles, etc. (Figura 143).

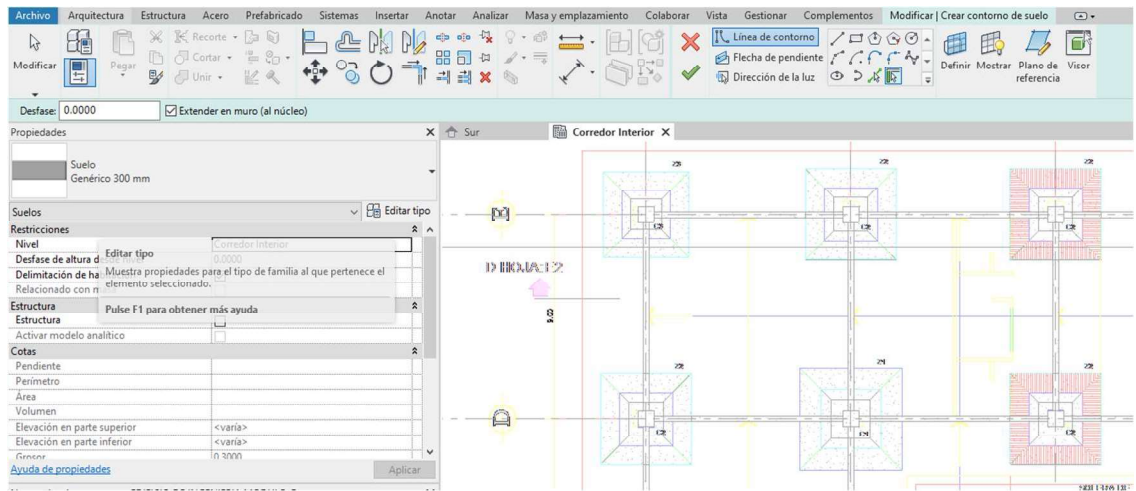
**Figura 143** Tipos de suelos en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para el corredor interior se hará uso del suelo: arquitectónico para modelar el piso del edificio. Luego se procede a seleccionar el suelo arquitectónico y en el panel de propiedades se elige “Suelo Genérico 300mm” y luego “Editar tipo” (Figura 144).

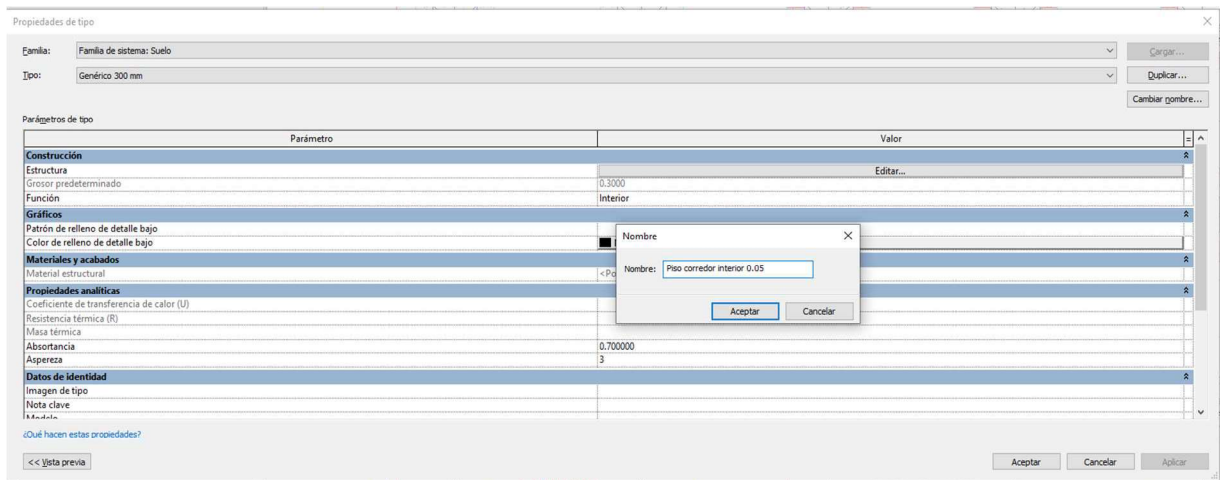
**Figura 144** Dibujar suelo para corredor en nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la ventana emergente de “Propiedades de tipo” se procede a “Duplicar” y se agrega un nombre (Figura 145).

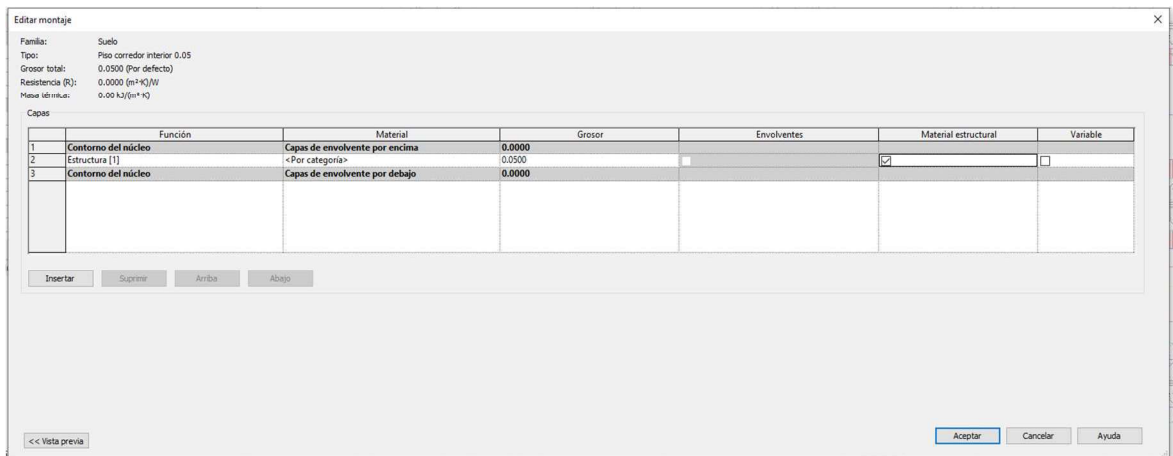
**Figura 145** Propiedades de tipo para suelo



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Posteriormente, se debe ubicar en la parte de “Parámetros de tipo” y se selecciona “Editar” para cambiar el espesor del piso. En la ventana emergente se procede a colocar el espesor de 0.05 m en la parte de “Estructura (1)” y en “Grosor” (Figura 146).

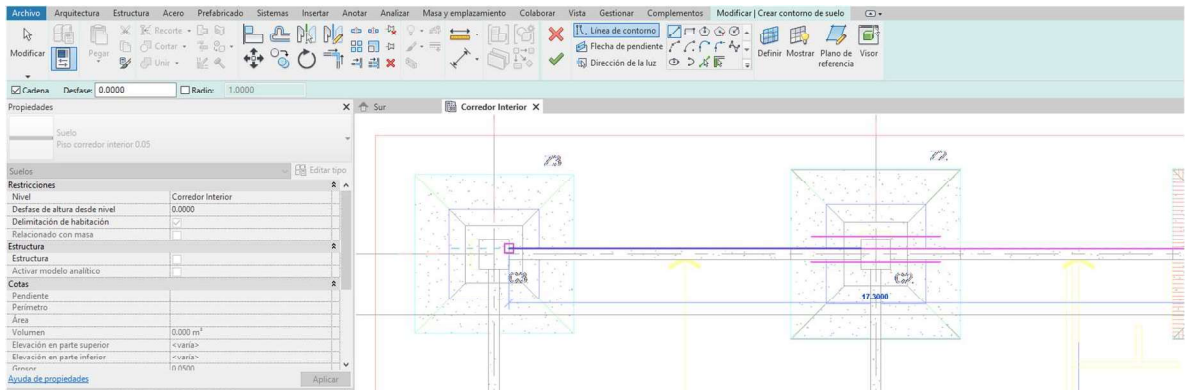
**Figura 146** Ventana para editar espesor de losa para corredor en nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Seguidamente se dibujan las líneas de la forma del piso, para eso ubique nuevamente en el panel de opciones y se seleccione “Línea de contorno” y luego “Línea” y se dibuje el contorno del piso del edificio como se muestra en la figura 147.

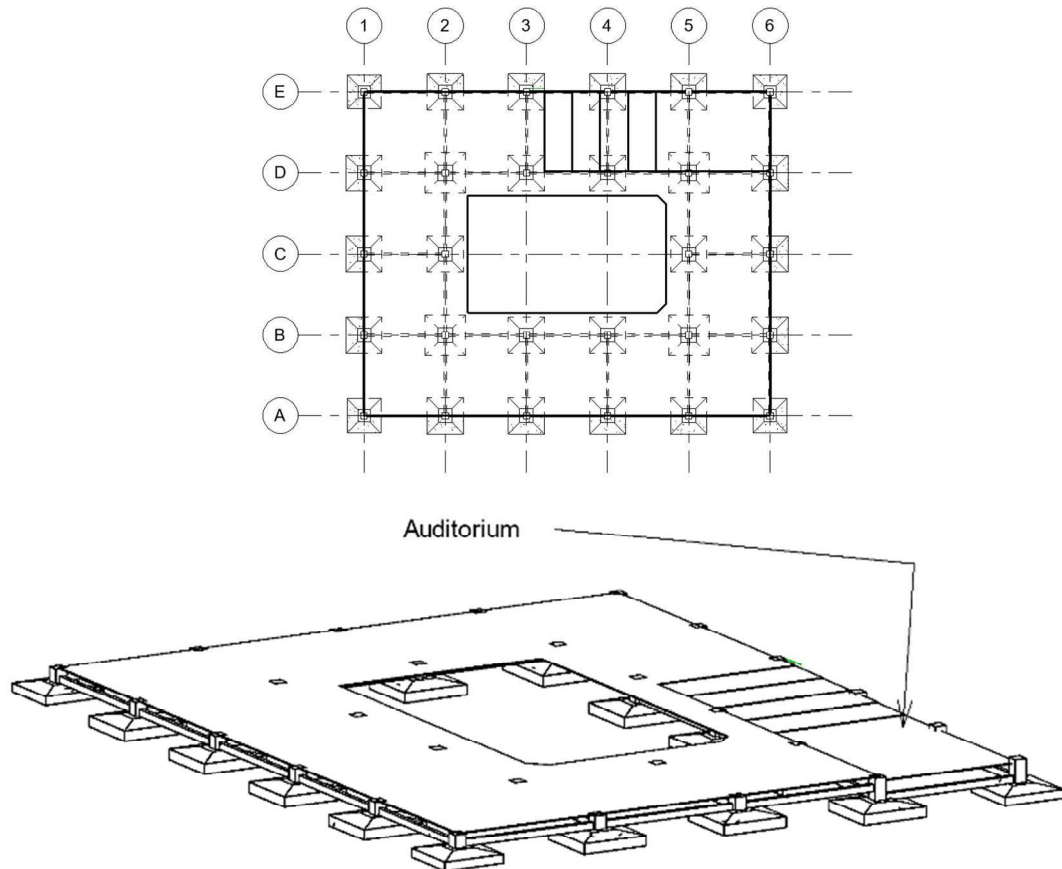
**Figura 147** Opción para modificar y crear contorno de suelo para corredor en nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

La parte del área del Auditorium tiene una profundidad diferente, por lo cual debe crear el corredor por separado considerando el desnivel.

**Figura 148** Vista en planta y 3D de corredor en Nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### **4.7.5 Modelado de elementos estructurales de concreto armado – Superestructura**

##### **4.7.5.1 Modelado de columnas estructurales en el Nivel 1**

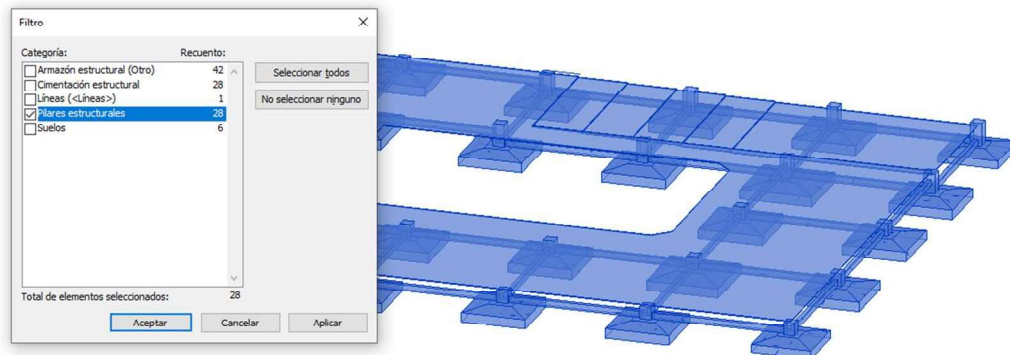
Para el modelado se debe ubicar en el nivel 1 y hará uso de nuevo de la planta de columnas del primer nivel que se ha importado previamente. Aquí se tienen dos formas principales de colocar las columnas:

- a. Copiando las columnas ubicadas en el nivel de cimentación hacia el nivel 1
- b. Insertando nuevamente las columnas en rejillas a partir de la planta de columnas importadas.

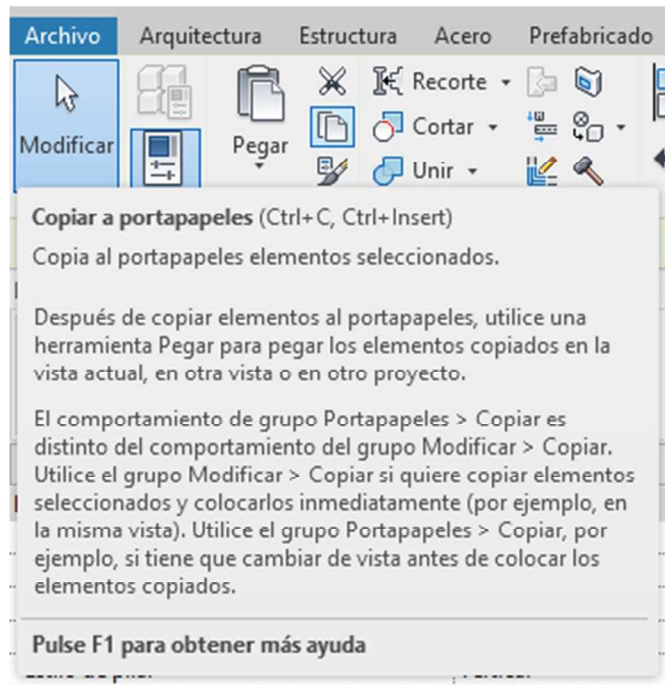
Como todas las columnas desde el nivel de cimentación hasta el nivel tres tienen las mismas dimensiones se podrían copiar hacia los siguientes niveles de manera más rápida, por lo cual se elige la opción a.

En una vista 3D, se seleccionó todo el proyecto y en el panel de opciones se elige la opción “Filtros”. En filtros se elegirá únicamente la opción “Pilares estructurales”. En el panel de opciones y se elige la opción “Copiar a porta papeles” (Figura 149).

**Figura 149** Copiando columnas con ayuda de filtros a nivel 01







Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Nuevamente se deben dirigir al panel de opciones y se debe seleccionar “Pegar” y luego en “Alineado con niveles seleccionados”. Se selecciona el nivel al que se quiere copiar (Figura 150).

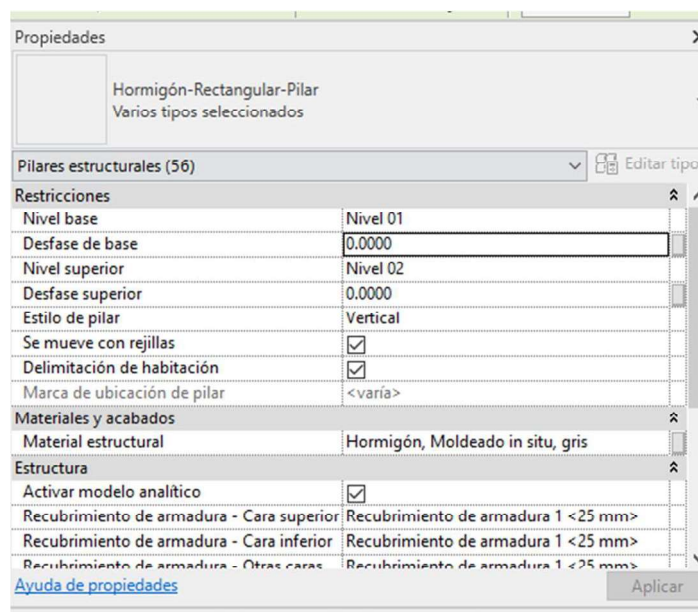
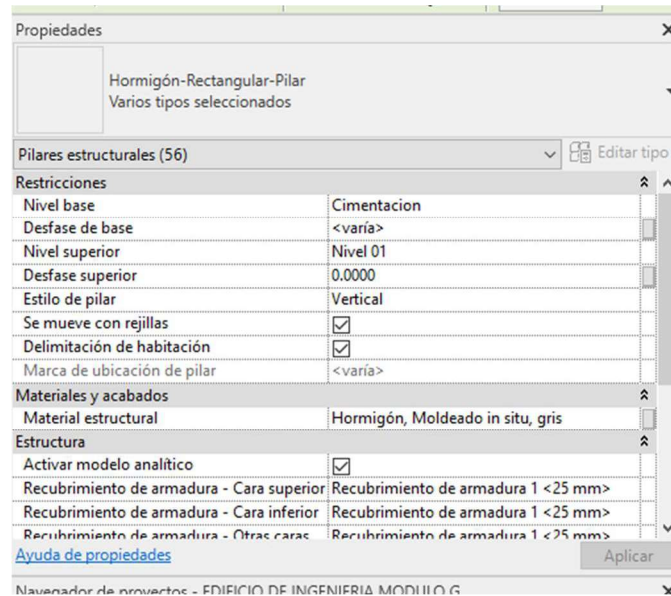
**Figura 150** Pegando columnas con la opción de alineados con niveles seleccionados



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

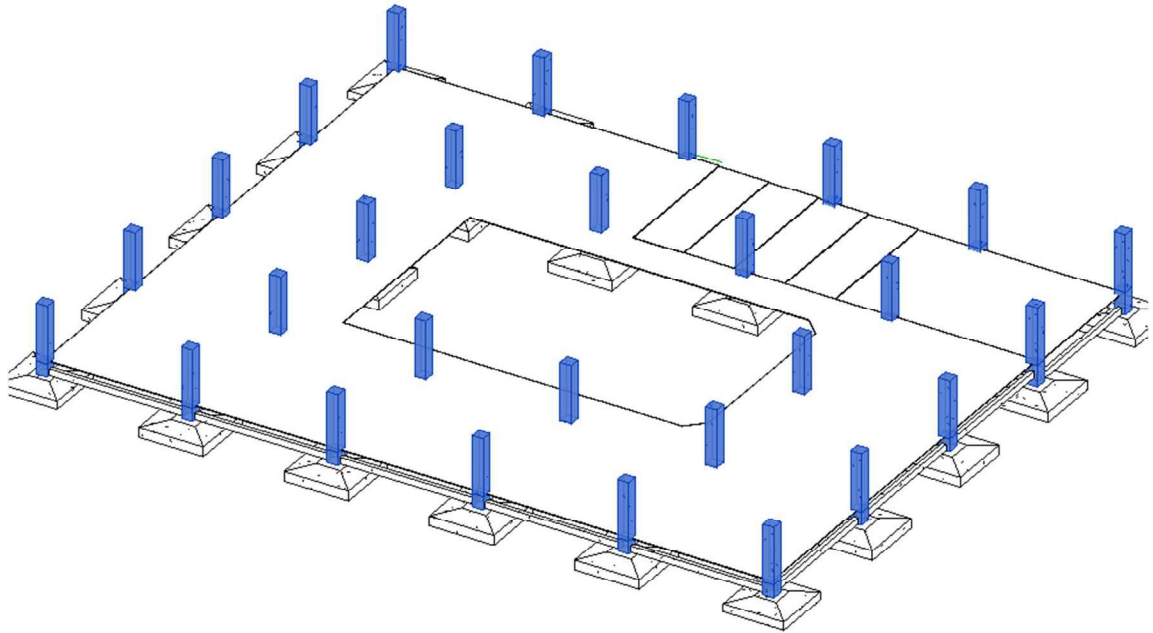
En el panel de propiedades se seleccionan las opciones de “Nivel base” y también el Nivel 1, “Desfase de base” y se coloca el valor de 0, luego en “Nivel superior” y se selecciona Nivel 2 y aceptamos (Figura 151).

**Figura 151** Desfase de columnas a nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 152** Vista 3D de columnas copiadas a nivel 01

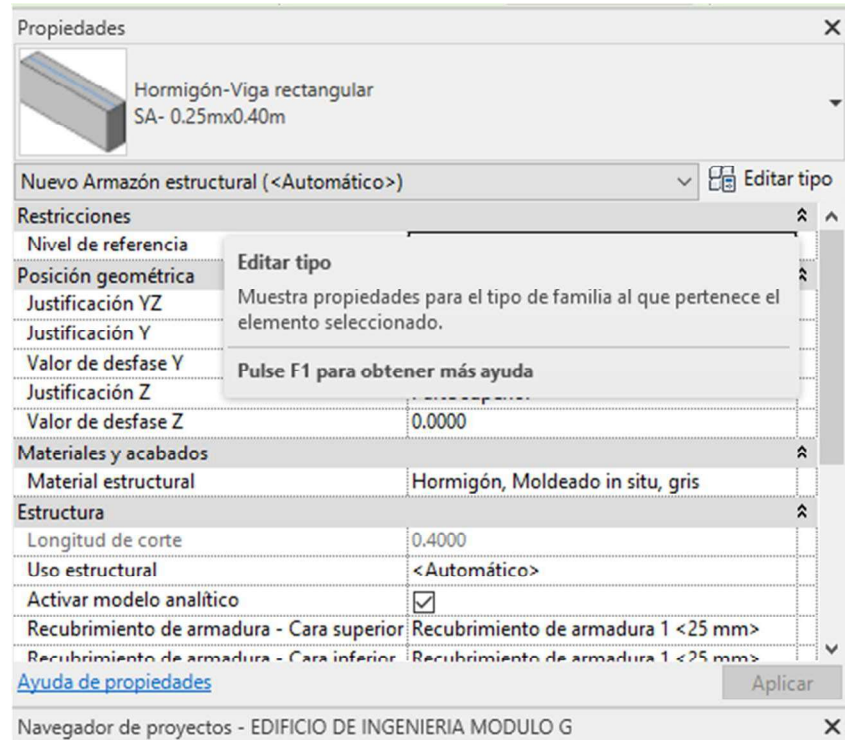


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### **4.7.5.2 Modelado de vigas estructurales en Nivel 1**

Se debe ubicar en el nivel 2 y se dirige al panel de opciones y en la pestaña “Estructura” selecciona “Viga”. Ahí se mostrarán las vigas que se han creado anteriormente y posteriormente, se busca la opción “Editar tipo” (Figura 153).

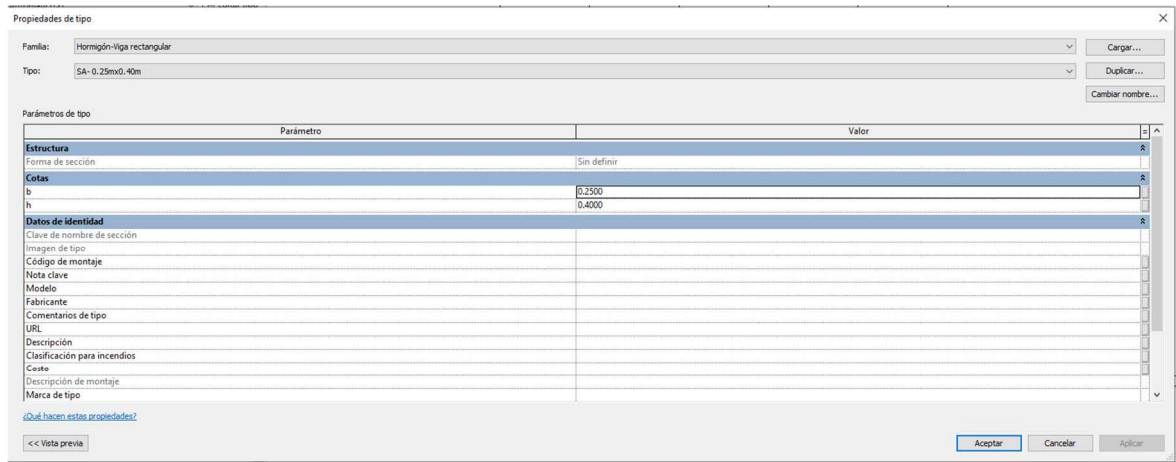
**Figura 153** Panel de propiedades de viga rectangular



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Luego se procede a “Duplicar” y modificar las secciones de la viga. Según detalle de vigas en los planos de AutoCAD el proyecto tiene un total de 10 vigas principales V, 2 vigas auxiliares VA y 1 viga perimetral VP (Figura 154).

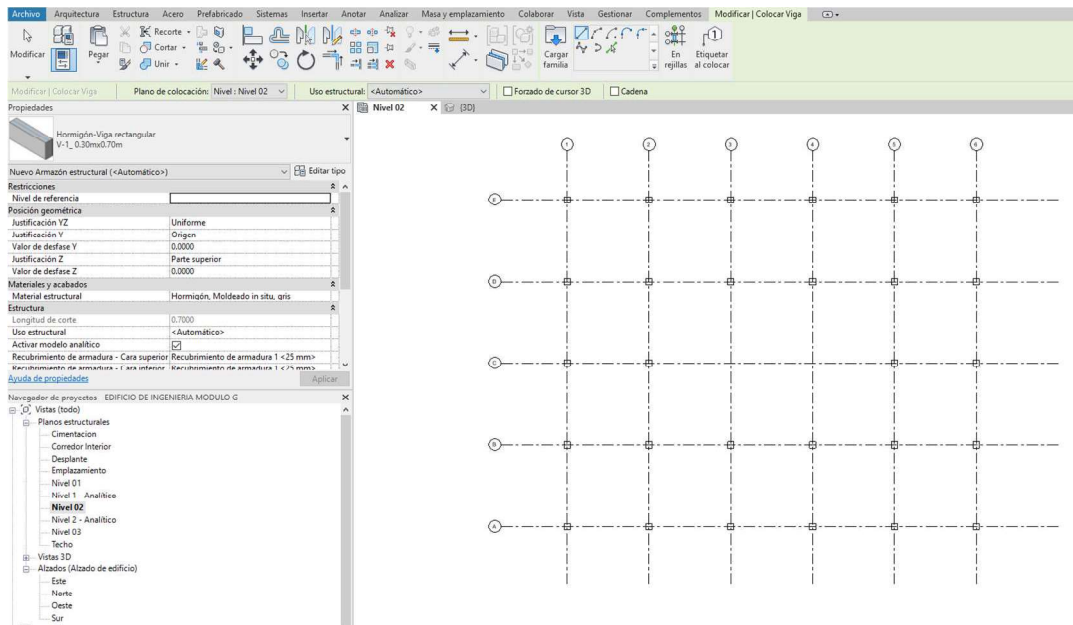
**Figura 154** Panel de propiedades de tipo para editar viga rectangular



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Para colocar las vigas se debe buscar el panel de opciones, se selecciona “Rejilla” y luego se selecciona toda la planta del nivel 2 (Figura 155).

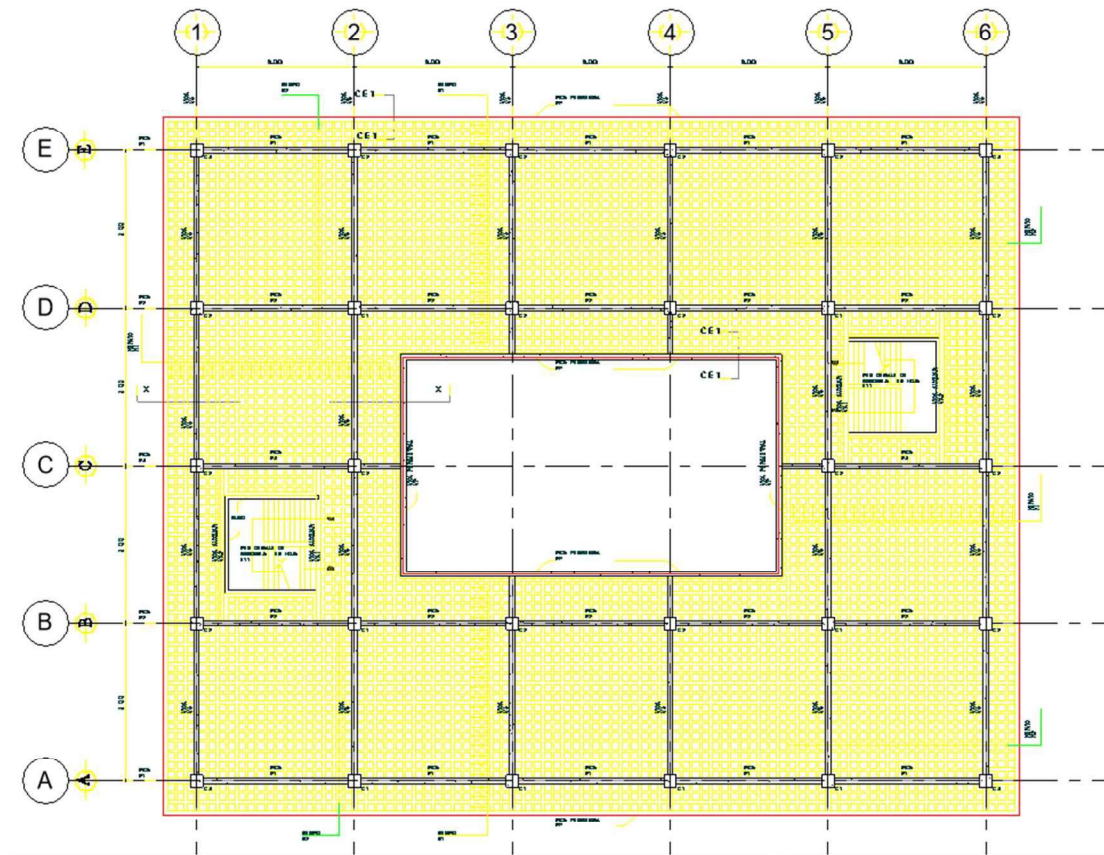
**Figura 155** Pestaña de opciones para dibujar vigas en rejillas



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

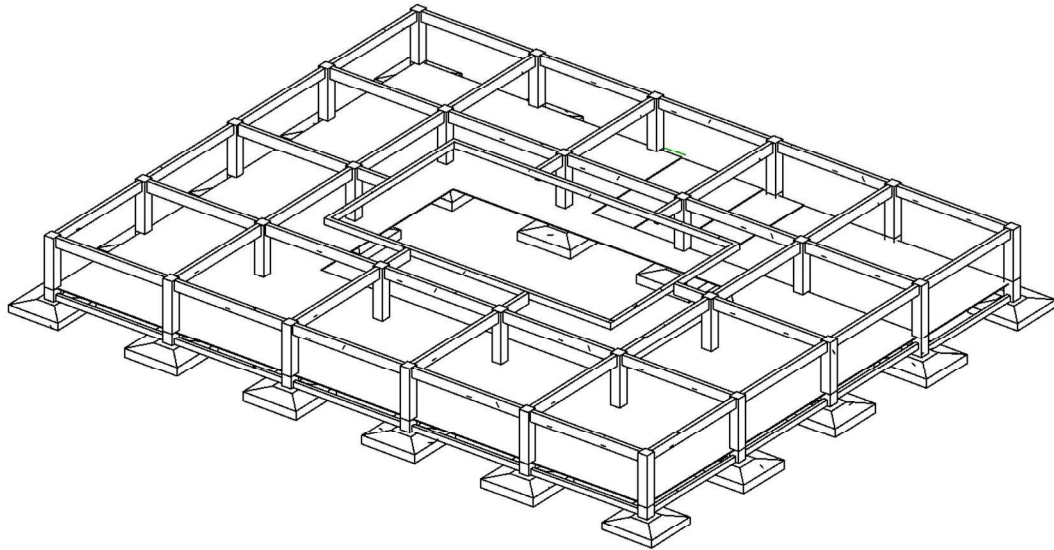
Para asignar los tipos de vigas se puede apoyar en la planta de vigas y losas exportándolo a Revit como las plantas anteriores.

**Figura 156** Planta de vigas importadas a Revit para asignar los tipos de vigas al proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 157** Vista 3D de vigas en nivel 01

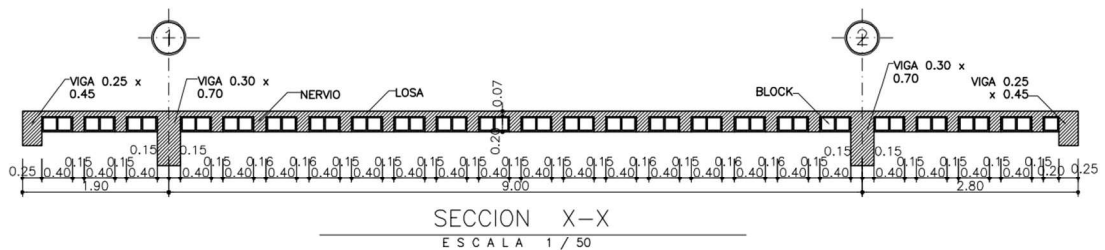


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

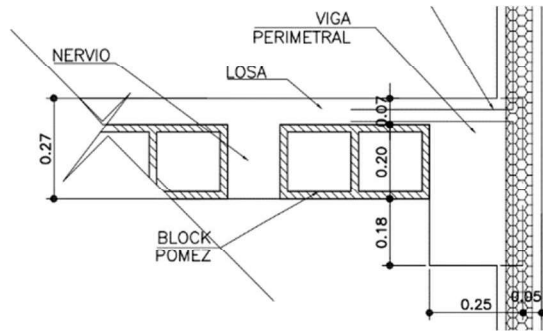
#### 4.7.5.3 Modelado de losa estructural

El sistema de losas de cada entrepiso es de tipo nervada con nervios de 0.15 m x 0.27 m con separación a rostro de 0.40 m y block pómez de 0.20x0.40, además de una capa de concreto de 0.07 m, por lo cual el espesor total de la losa es de 0.27 m según planos de detalle (Figura 158).

**Figura 158** Detalle de losa según planos en AutoCAD





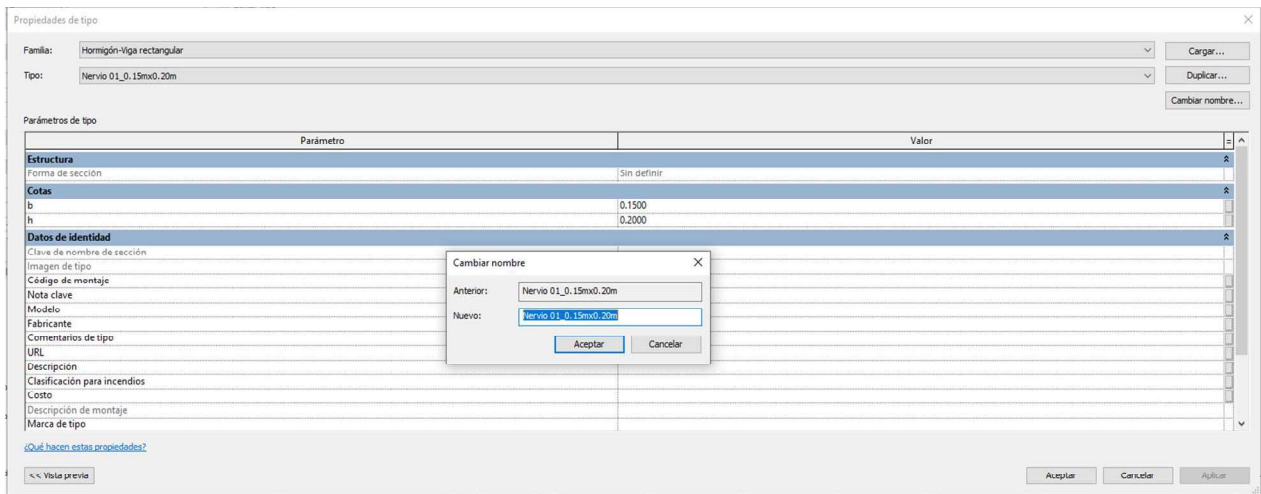


Fuente: CUNOC, USAC

#### 4.7.5.3.1 Modelado de Nervios en losa

Se dirige al panel de opciones y en la pestaña “Estructura” selecciona “Viga”, se crea un duplicado de la viga y se le cambia el nombre y dimensiones, luego aceptamos (Figura 159).

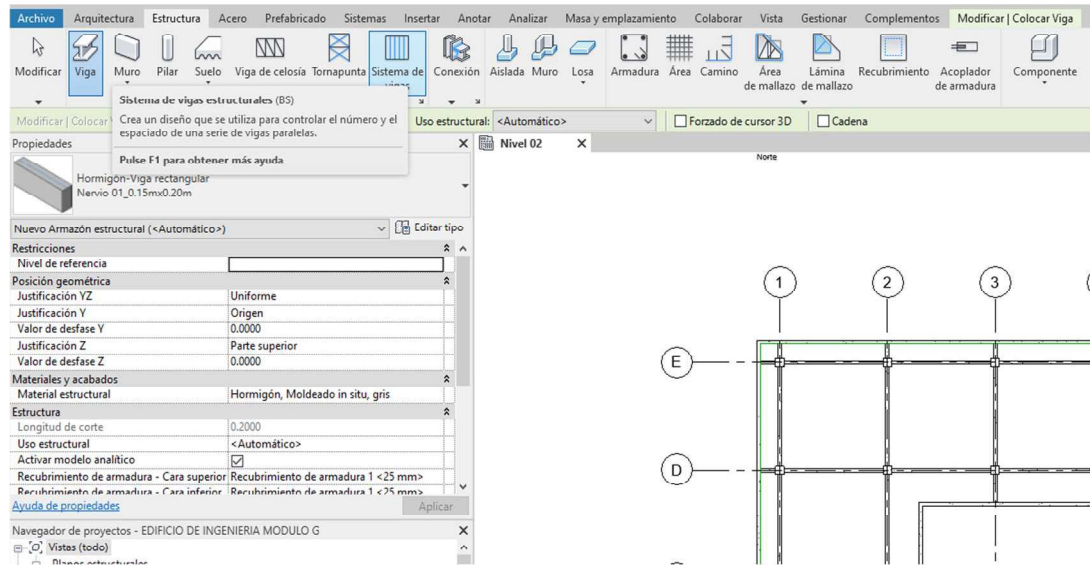
**Figura 159** Creando vigas para modelar los nervios en losa



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Después de haber creado los dos nervios, se debe ubicar nuevamente en el panel de opciones y en la pestaña “Estructura” selecciona “Sistema de vigas” (Figura 160).

**Figura 160** Panel de opción para crear sistema de vigas

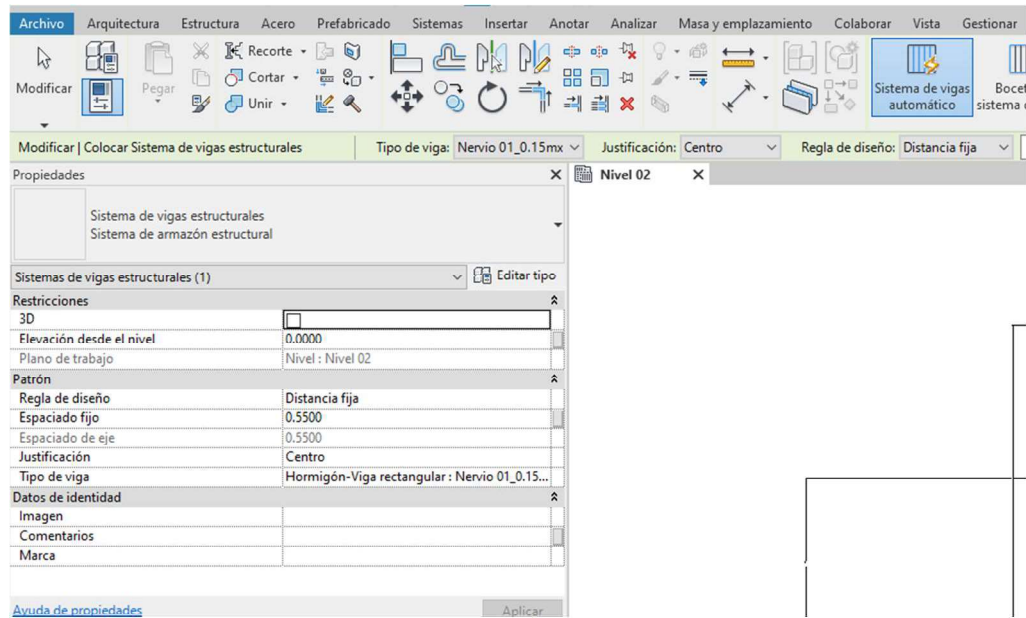


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para colocar un sistema de vigas en Revit, existen dos formas, la primera es por medio de “Sistema de vigas automático” y la segunda “Boceto de sistema de vigas”. La primera opción permite colocar el sistema de vigas de manera rápida dentro de vigas principales y la segunda forma por medio de un boceto o forma en específica que tendrá la losa. Para este caso se optará por la opción de “Sistema de vigas automático.”

En el panel de propiedades se procede a modificar los valores de “Regla de diseño” a “Distancia fija” y en “Espaciado fijo” se ingresa la separación entre nervios de  $0.40 + 0.15$  igual a  $0.55$  para que de los  $0.40$  exactos de separación, también en “Elevación desde el nivel” se ingresa un desfase de  $0.00$ , se puede dejar la “Justificación” a centro y se verifica que el “Tipo de viga” este seccionado el nervio correcto (Figura 161).

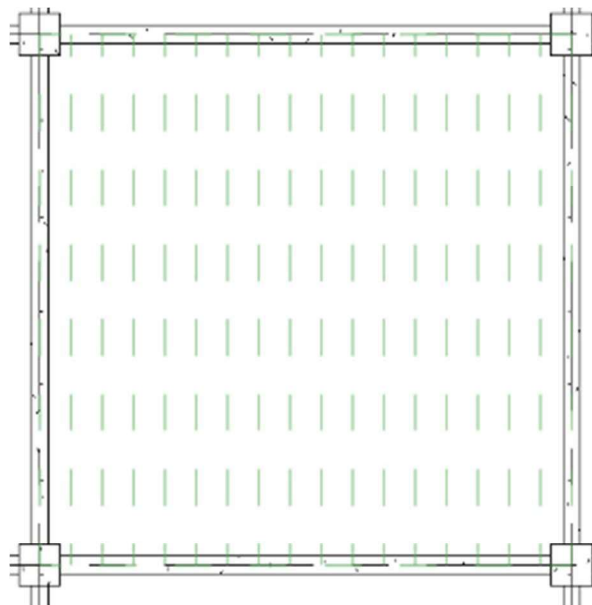
**Figura 161** Pestaña de configuración para dibujar sistemas de vigas

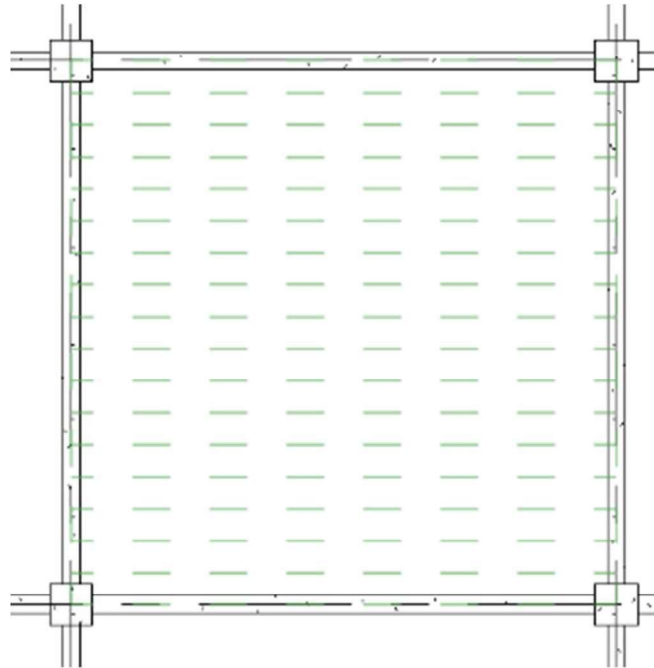


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Con el puntero del ratón se procede a seleccionar el espacio para colocar los nervios. Nótese que la dirección en la cual se colocará los nervios está indicada con líneas punteadas.

**Figura 162** Líneas para colocar las vigas en dirección vertical y horizontal en losa

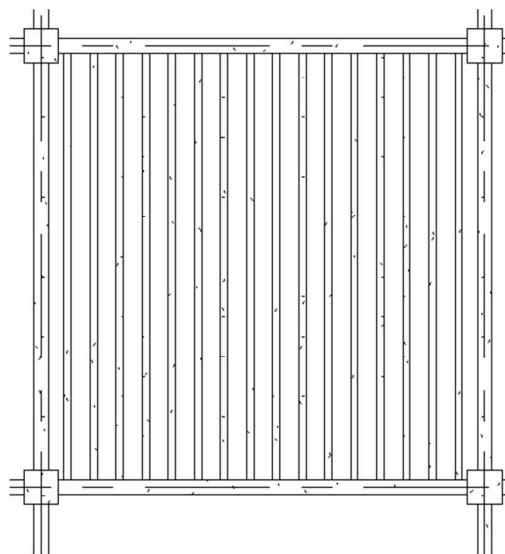


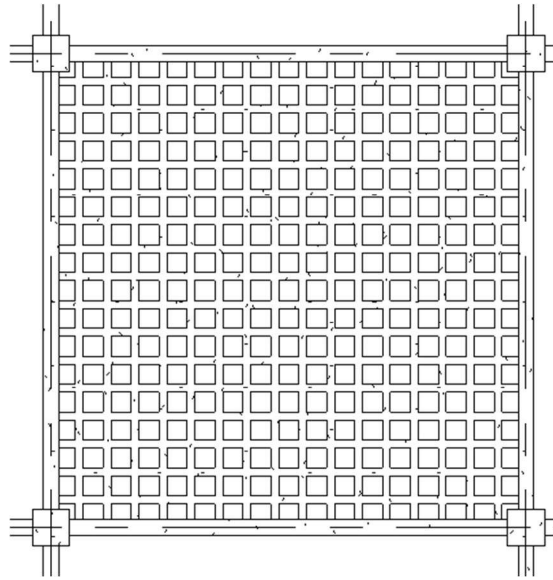


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se da clic primero para colocar las vigas en una dirección y luego se ubica la segunda dirección acercándose a la viga principal que tiene la misma dirección que los nervios.

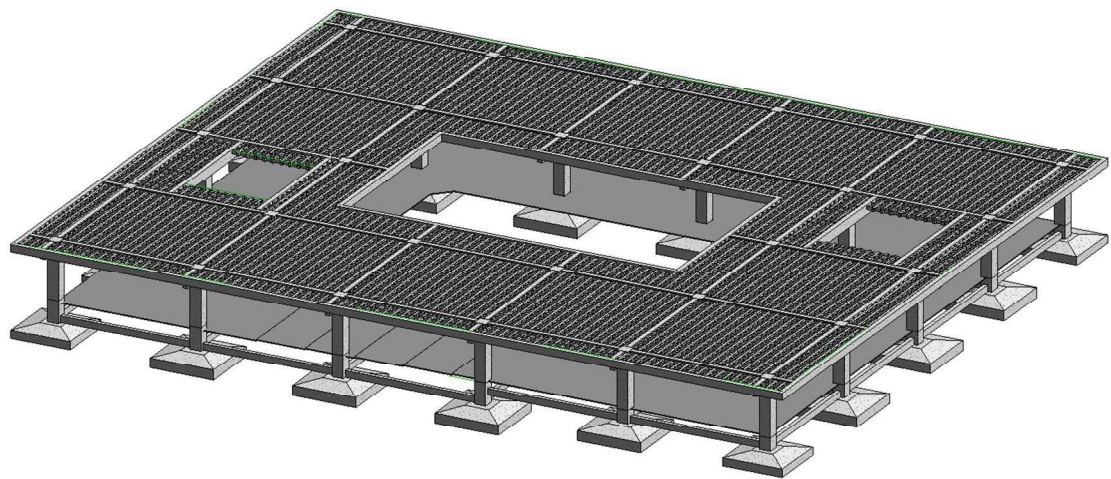
**Figura 163** Sistema de vigas en dirección vertical y horizontal en losa





Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 164** Vista 3D del sistema de vigas en losa del primer entrepiso

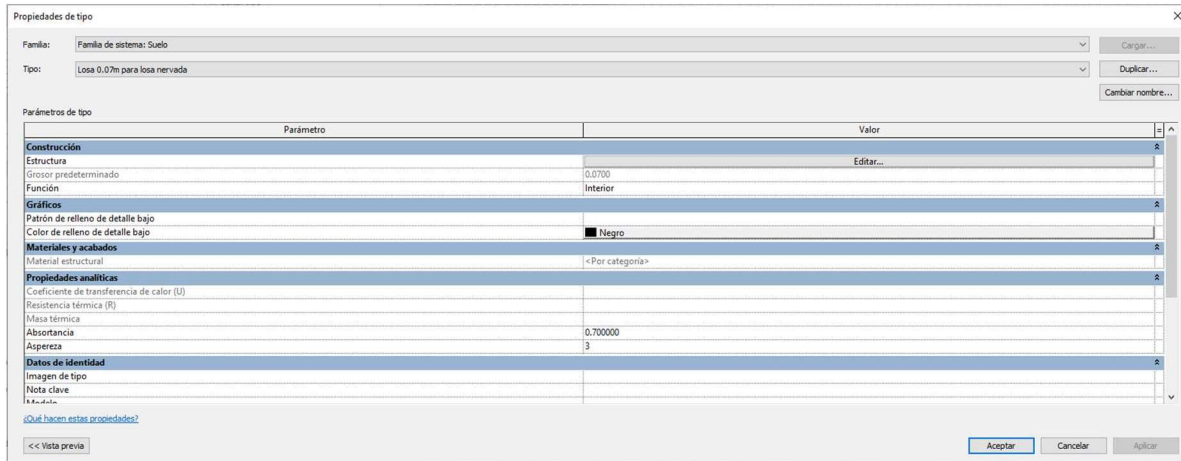
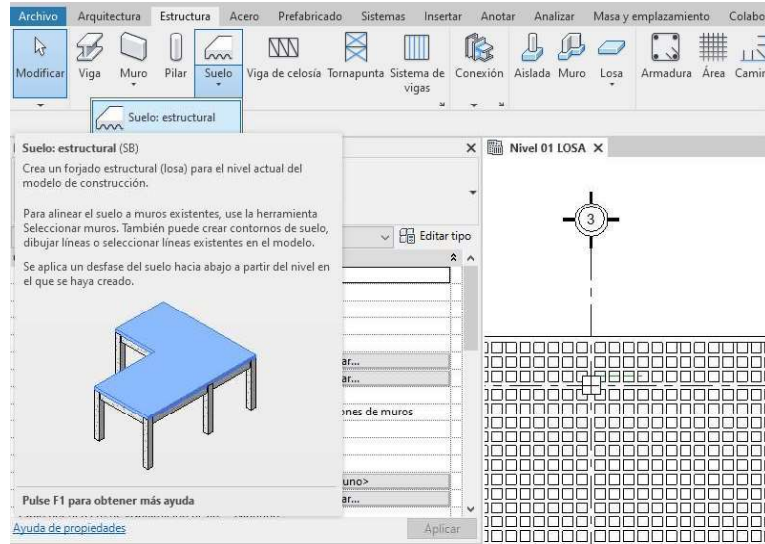


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.5.3.2 Modelado de capa de concreto en losa

Se dirige al panel de opciones y en la pestaña “Estructura” selecciona “Suelo” y “Suelo estructural”. Se edita el tipo, se duplica y se le asignamos el espesor de 0.07 m (Figura 165).

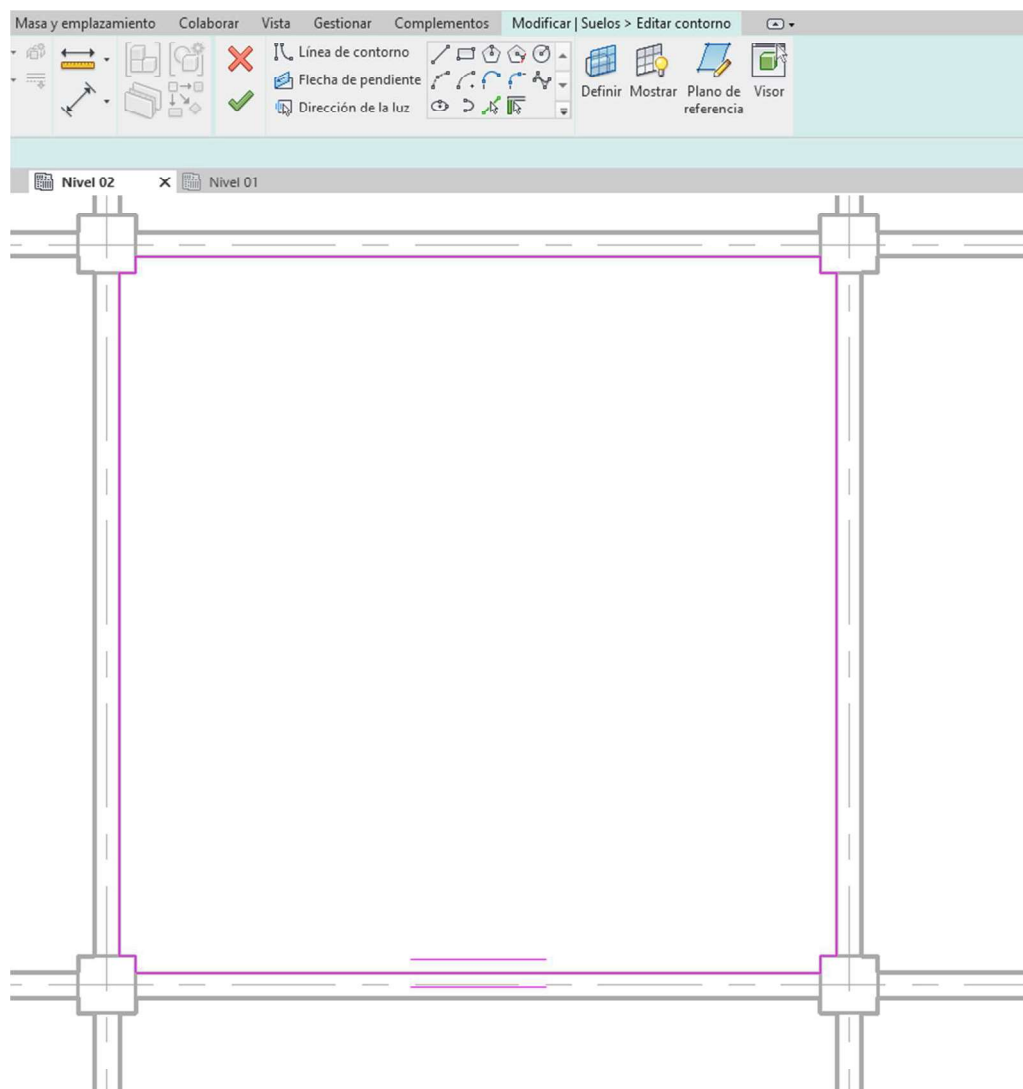
**Figura 165** Pestaña de opciones para dibujar suelo estructural y propiedades de tipo



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

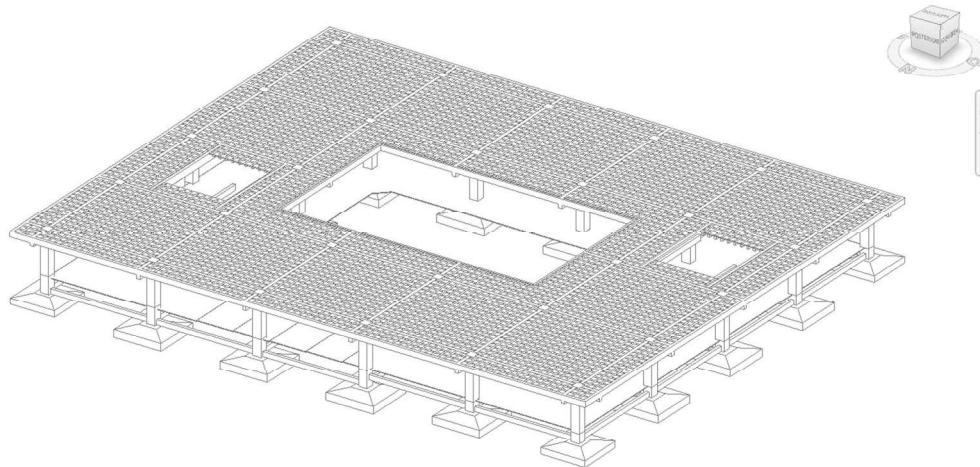
Se procede a dibujar el contorno de la capa de losa a través de la herramienta de “Línea de contorno” y se tiene presente el “Panel de propiedades” para ubicarlo en el nivel 02 y el “Desfase de altura desde nivel” sea 0.000. Es necesario recordar que el modelado de losa tiene que ser lo más parecido a cómo se construye en la realidad (Figura 166).

**Figura 166** Editor de contorno de losa en panel de opciones



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

**Figura 167** Vista 3D de capa de concreto y sistemas de vigas para modelar losa nervada

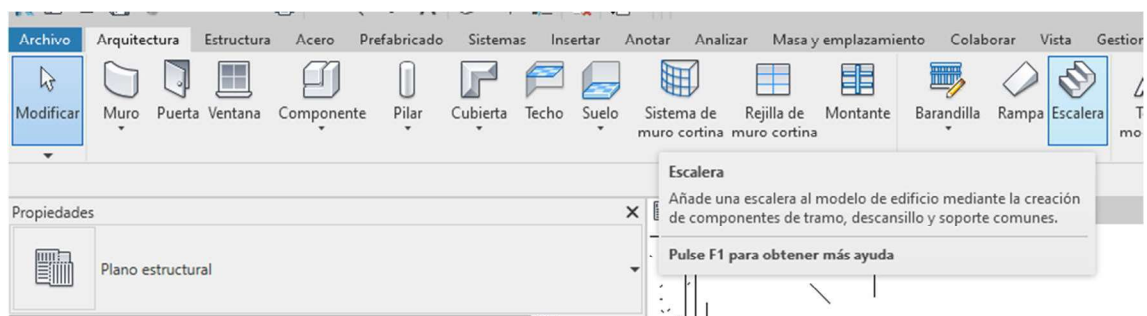


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.5.4 Modelado de escaleras

Se ubica en el nivel 01 y con la ayuda de la planta de columnas estructurales se dibujará las escaleras. En la pestaña “Arquitectura” se selecciona la pestaña de “Escalera” (Figura 168).

**Figura 168** Pestaña de opciones para dibujar escaleras en Revit

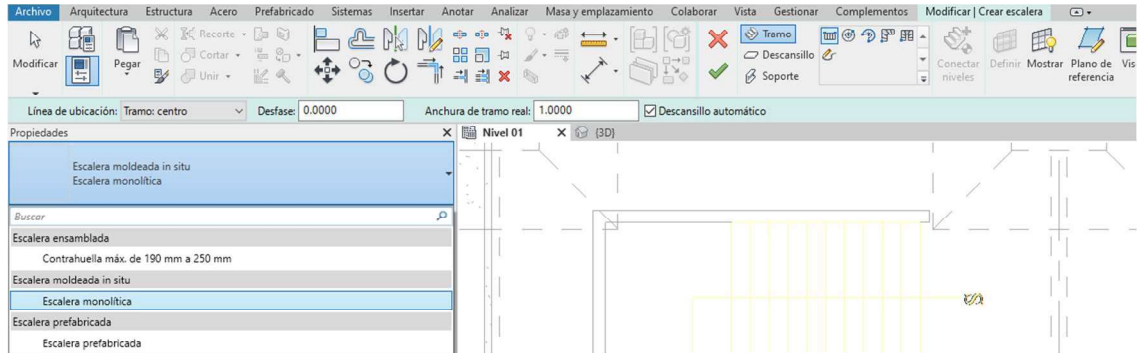


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit



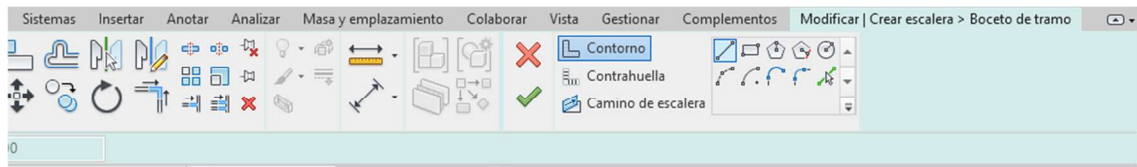
En el panel de propiedades se selecciona “Escalera monolítica” y en el apartado de “Modificar / Crear escalera” selecciona “Crear boceto” (Figura 169).

**Figura 169** Pestaña para modificar o crear escaleras



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

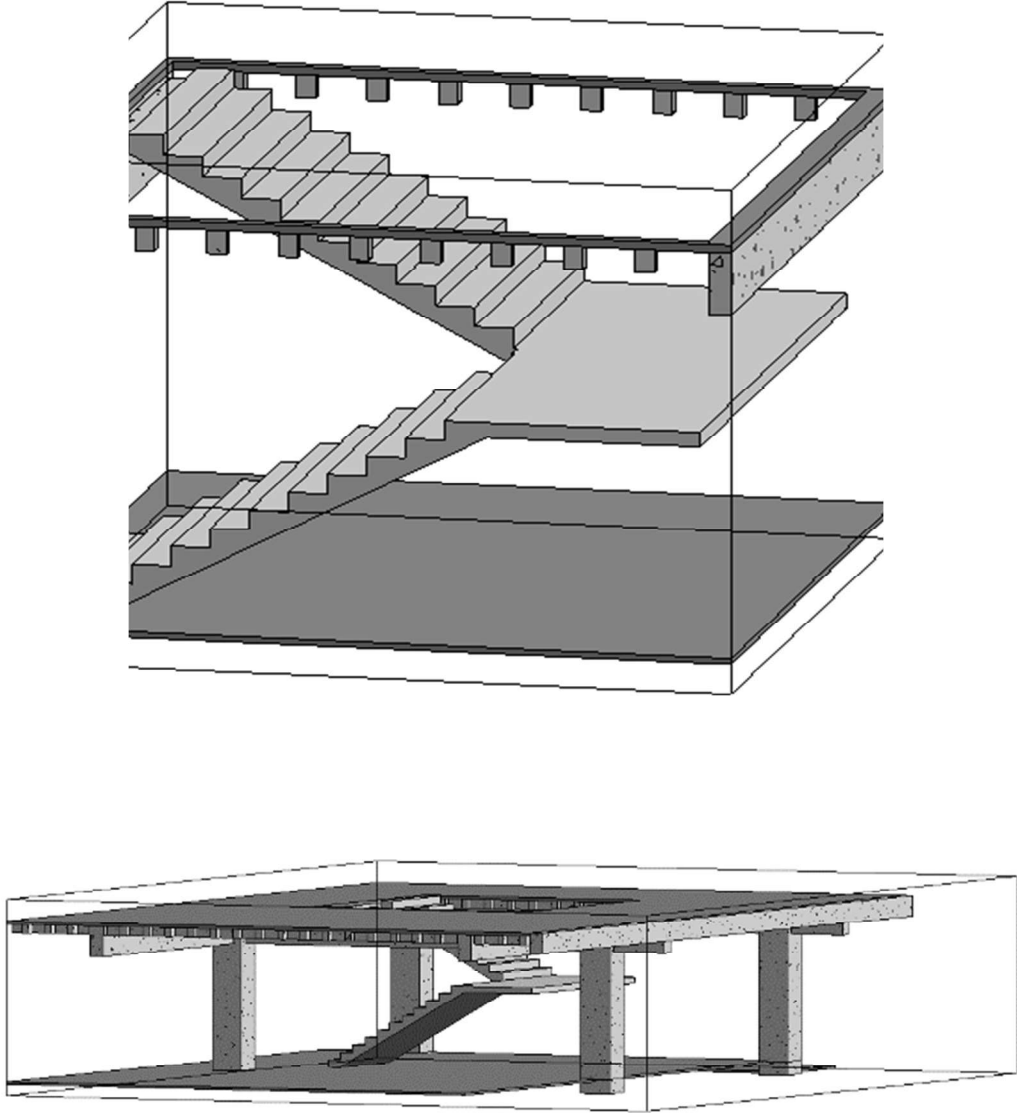
**Figura 170** Pestaña para crear escalera por boceto de tramo



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Para el modelado de escaleras primero se crea el contorno, luego las contrahuellas y por último el camino de escaleras que es la dirección en la cual se sube y se baja (Figura 170). El proceso de dibujar escaleras por boceto es extenso, por lo que se omitió este paso.

**Figura 171** Vista 3D de escalera en nivel 01

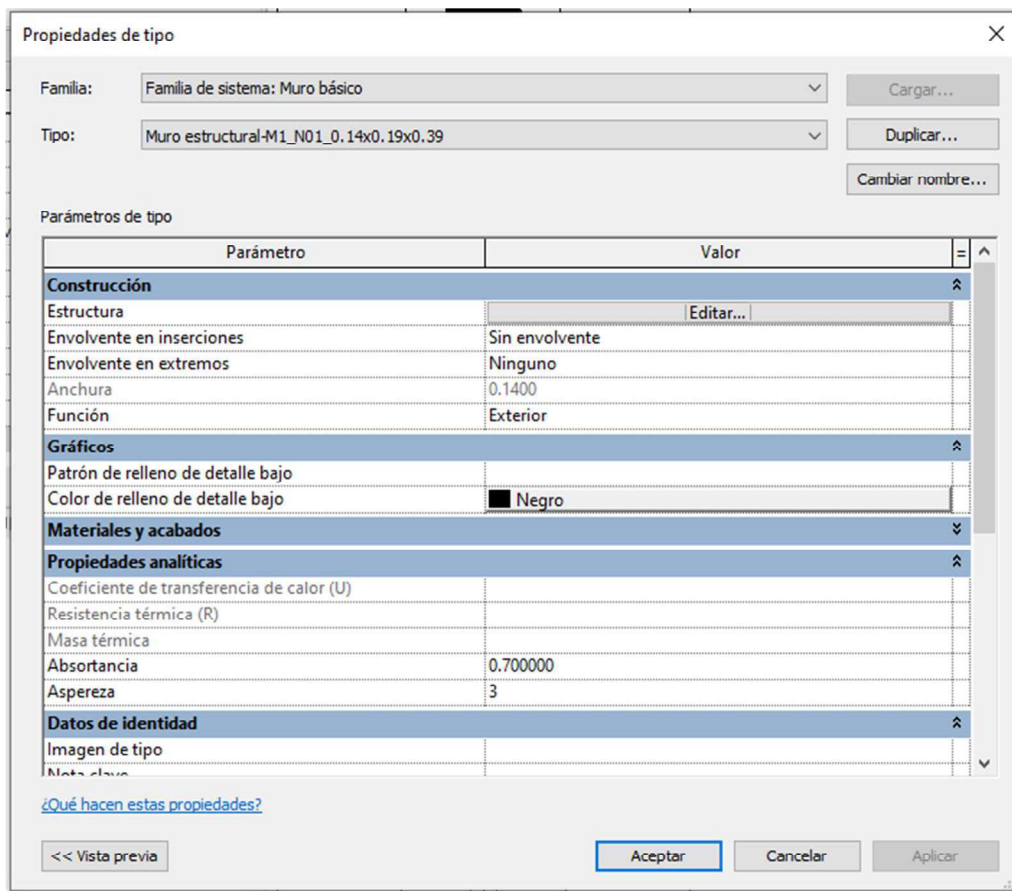


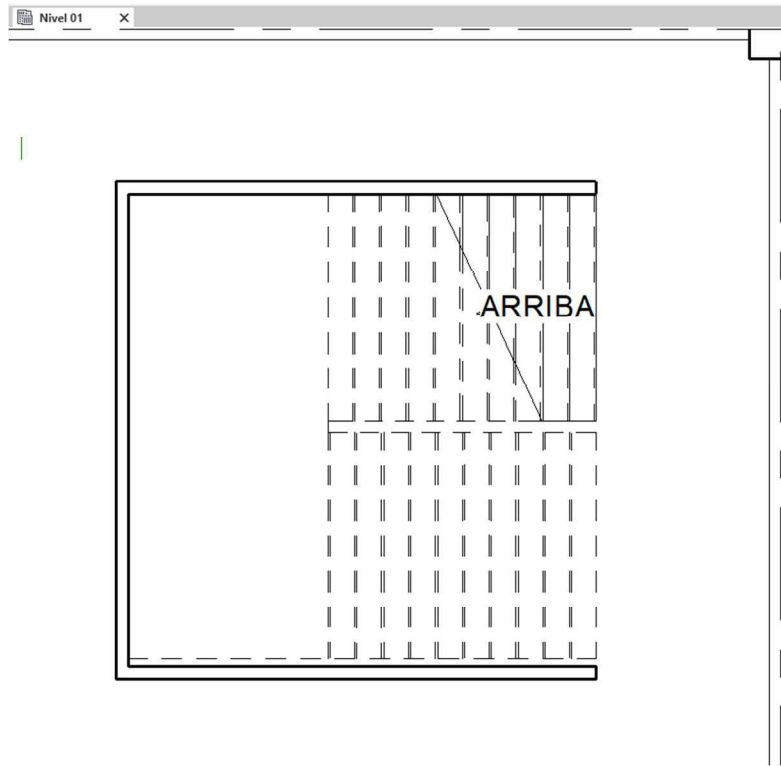
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.5.5 Modelado de muros en escaleras

En el panel de opciones selecciona la pestaña “Estructura” y luego en “Muro estructural”. Luego seleccione muro básico, en las propiedades de tipo se elige “Editar” para modificar el espesor (Figura 172).

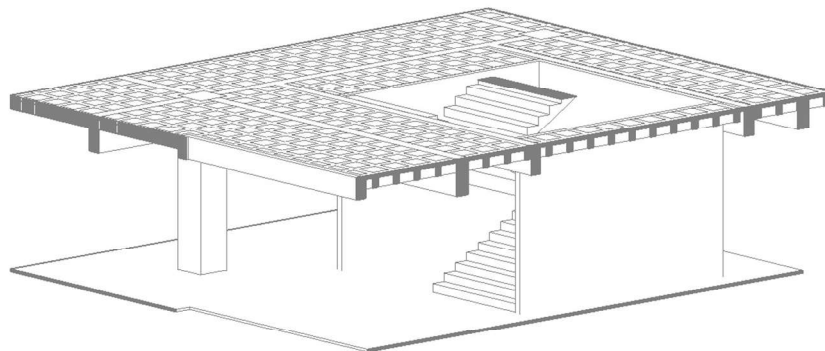
**Figura 172** Propiedades de tipo para modificar propiedades de muros





Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 173** Vista 3D de muros en escalera del nivel 01

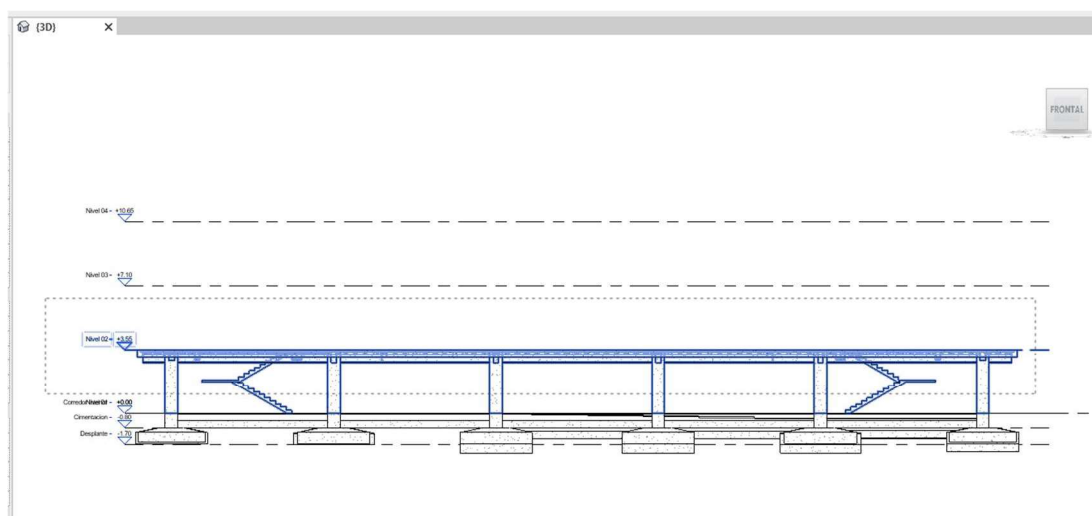


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.5.6 Copiando elementos con multiniveles

Para modelar los elementos del segundo y tercer nivel se hace uso de la herramienta de copiar y pegar a niveles seleccionados y debido a que todos los niveles son simétricos facilita el proceso. Para esto se realiza una vista 3D frontal y se selecciona con el puntero del ratón todos los elementos del primer nivel (Figura 174).

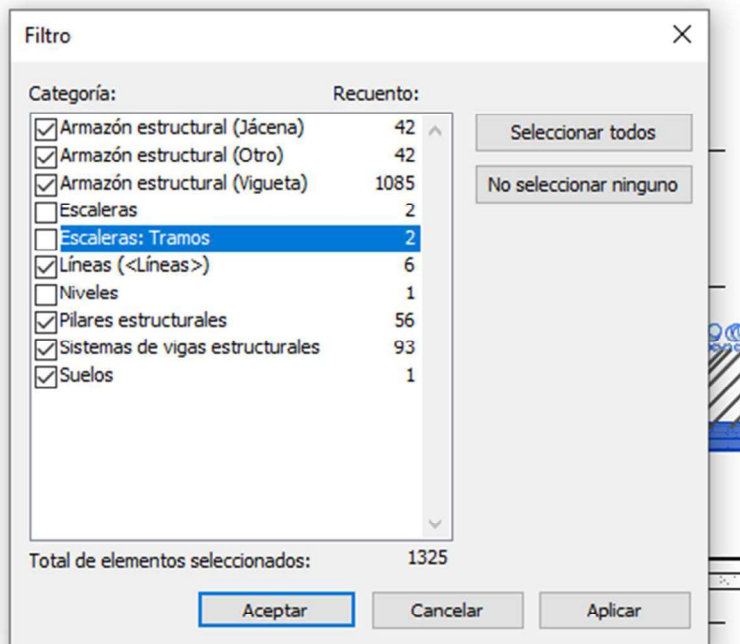
**Figura 174** Vista 3D para seleccionar los elementos en nivel 01



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Si se quiere que algún elemento no se copie a los niveles se puede utilizar la opción de “Filtro” en el panel de opciones, para seleccionar qué elementos copiar (Figura 175).

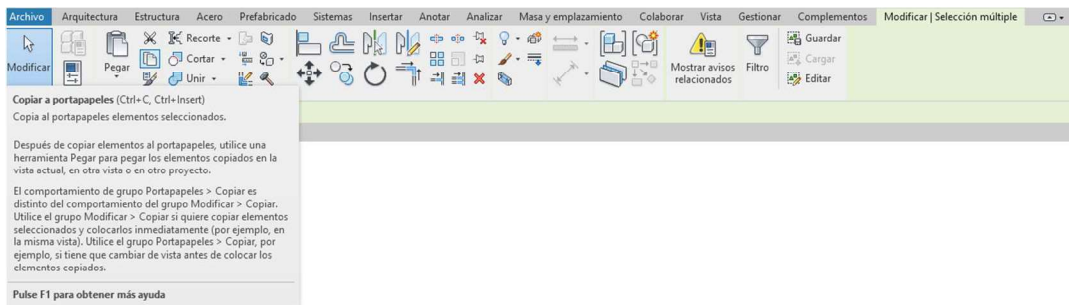
**Figura 175** Filtro para seleccionar los elementos a copiar



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Después de seleccionar los elementos a copiar, se ubica en el panel de opciones y en “Copiar a portapapeles” (Figura 176).

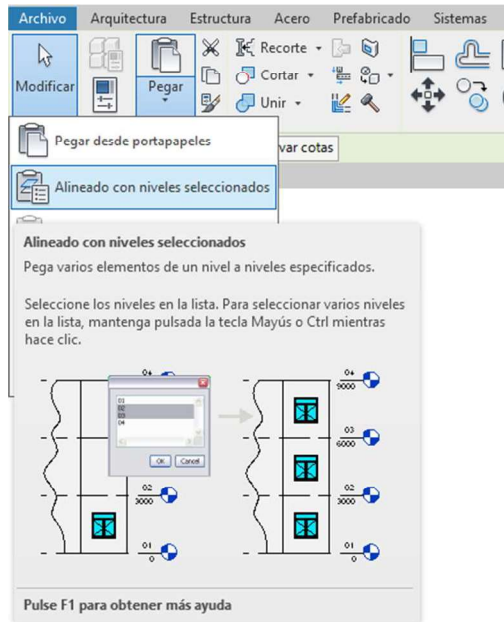
**Figura 176** Pestaña de opción para copiar elemento



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

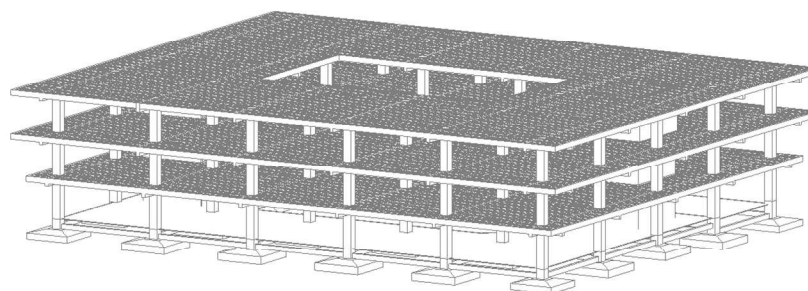
Nuevamente se debe ubicar el panel de opciones, luego en “Pegar” y luego “Alineado con niveles seleccionados” (Figura 177).

**Figura 177** Opción de alineado con niveles seleccionados en el panel de opciones



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 178** Vista 3D de la estructura completo del edificio de Ingeniería Módulo G



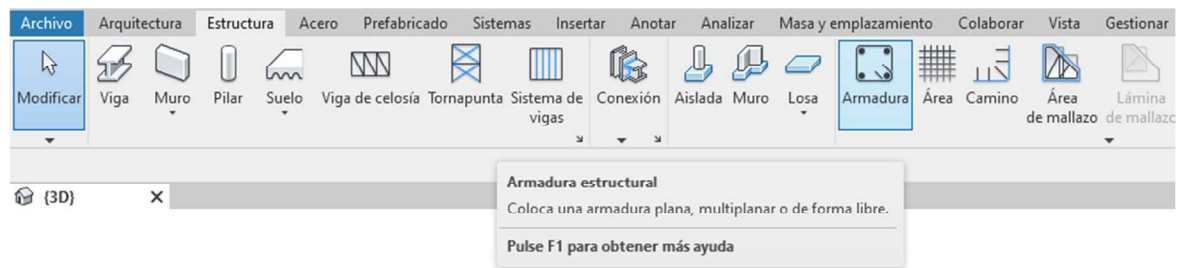
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

## 4.7.6 Modelado del acero de refuerzo

### 4.7.6.1 Navegación y configuración de armaduras

Antes de modelar el acero de refuerzo es necesario cargar y configura la armadura. En el panel de opciones, seleccionamos la pestaña “Estructura” y luego en “Armadura” (Figura 179).

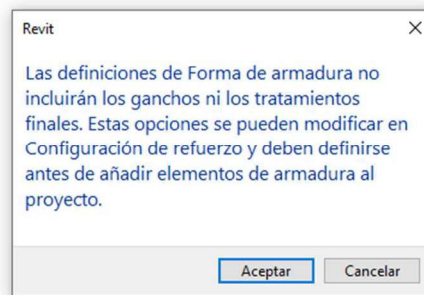
**Figura 179** Pestaña de opciones para seleccionar armadura estructural



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En Revit no se pueden definir los ganchos ni los traslapes en las formas de armadura, eso se hará de forma manual o por medio de un plugin adicional al programa (Figura 180).

**Figura 180** Ventana de mensaje para la definición de forma de armadura

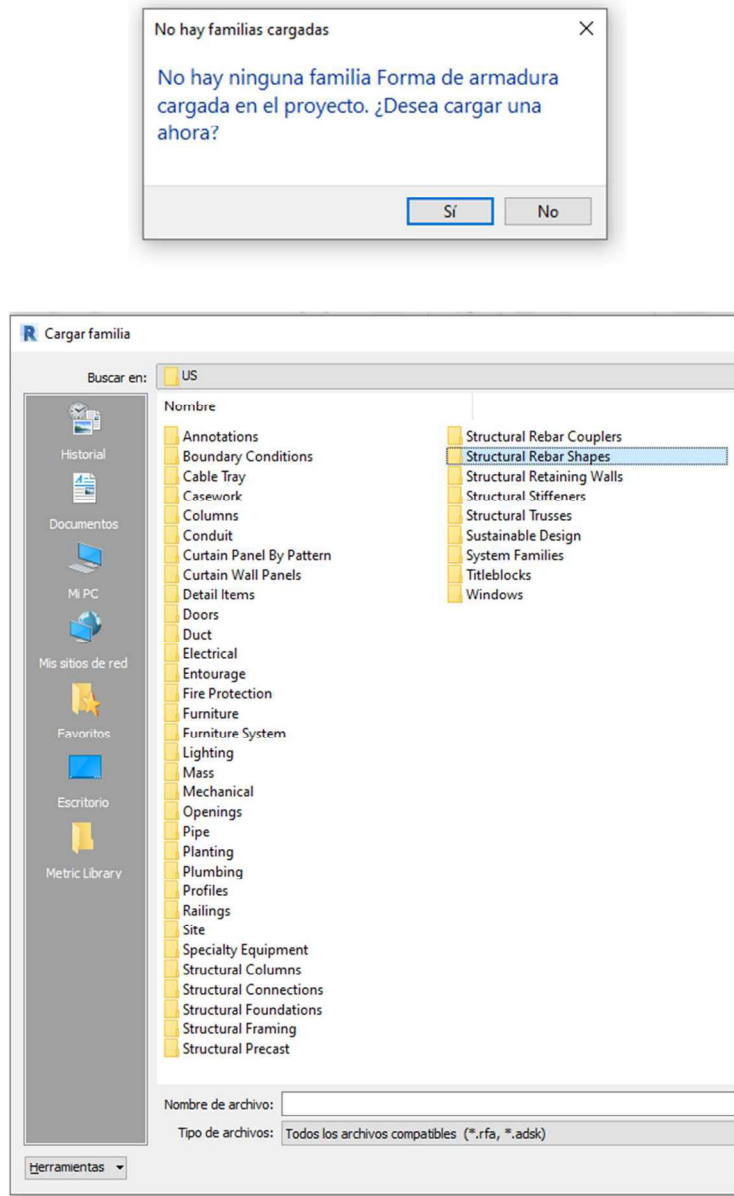


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit



Cargamos la familia de forma de armadura al proyecto, dentro de la ruta de instalación del programa; Autodesk/RVT/2022/Libraries/English/US/ Structural Rebar Shapes y se cargan todas las formas que hay al proyecto (Figura 181). Puede variar según la instalación de Revit.

**Figura 181** Opción para cargar familia de armadura en Revit

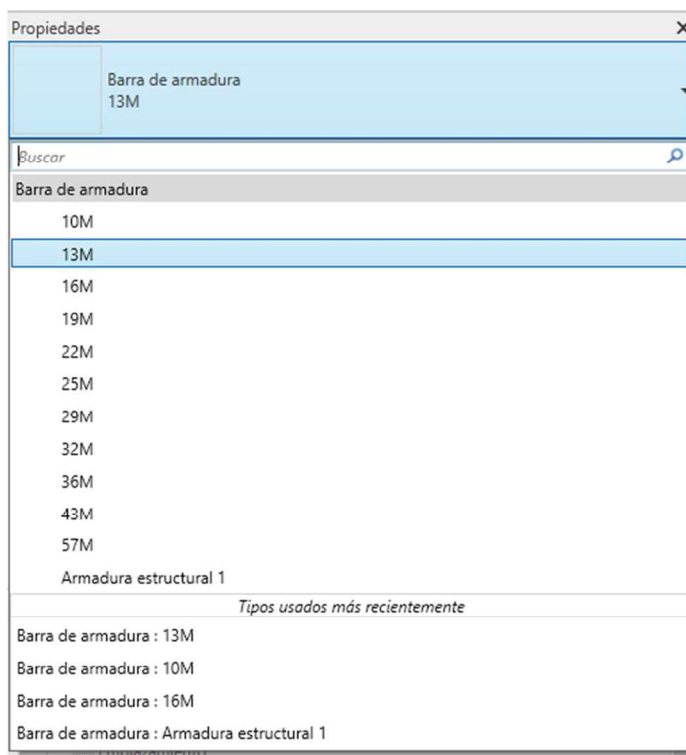


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.2 Configuración de armaduras

Antes de colocar las armaduras se debe configurar los diámetros del refuerzo, seleccionar nuevamente la pestaña de “Estructura” y luego “Armadura”. En el panel de propiedades se muestran las diferentes barras de armadura no el nombre métrico (Figura 182).

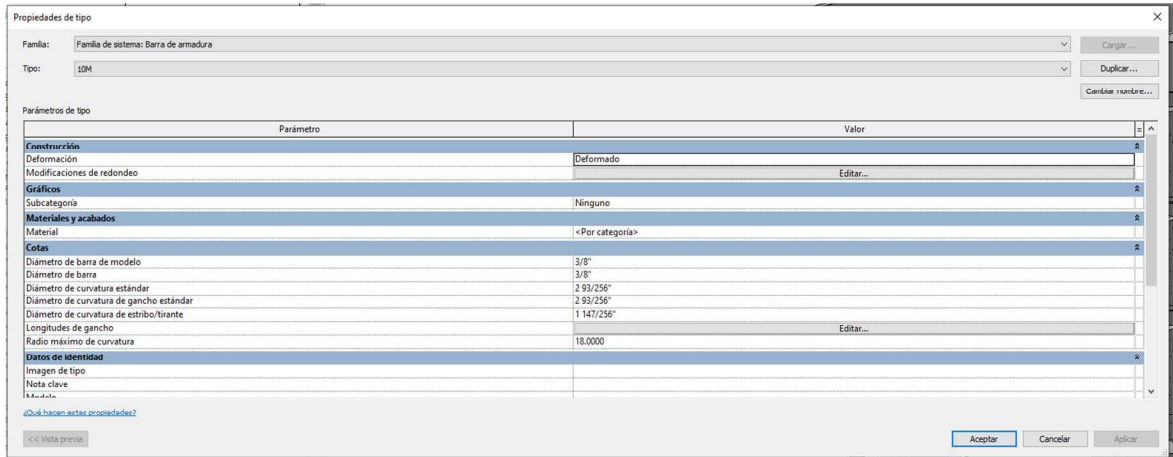
**Figura 182** Tipos de armaduras cargadas por defecto en Revit



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se selecciona la barra de armadura y en las propiedades de tipo se procede a realizar un duplicado con el nombre apropiado que indique el diámetro (Figura 183).

**Figura 183** Propiedades de tipo de barras de armadura



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.3 Recubrimiento del refuerzo de acero

En el panel de opciones, selecciona la pestaña “Estructura” y luego en “Recubrimiento” para definir el recubrimiento de cada elemento estructural (Figura 184).

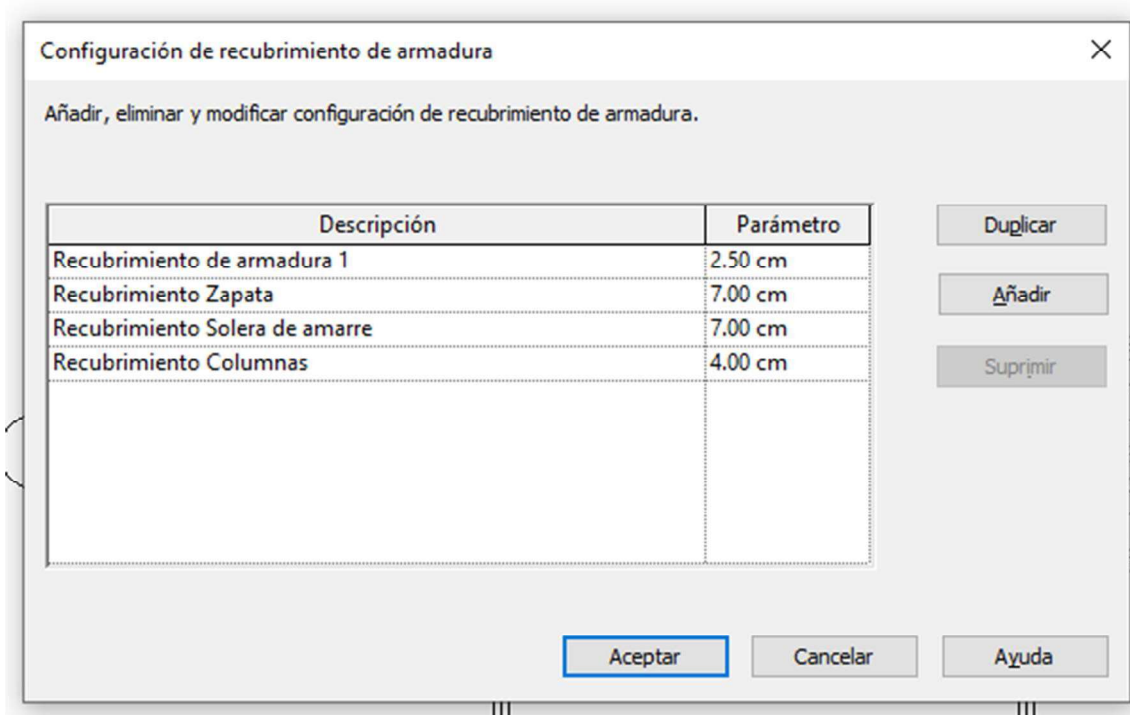
**Figura 184** Pestaña de opciones para configurar el recubrimiento del refuerzo de acero



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Luego se procede a agregar nuevos recubrimientos en la opción de “Añadir”, se cambia el nombre y modifica el parámetro (Figura 185).

**Figura 185** Ventana de opción para configuración de recubrimiento de armadura

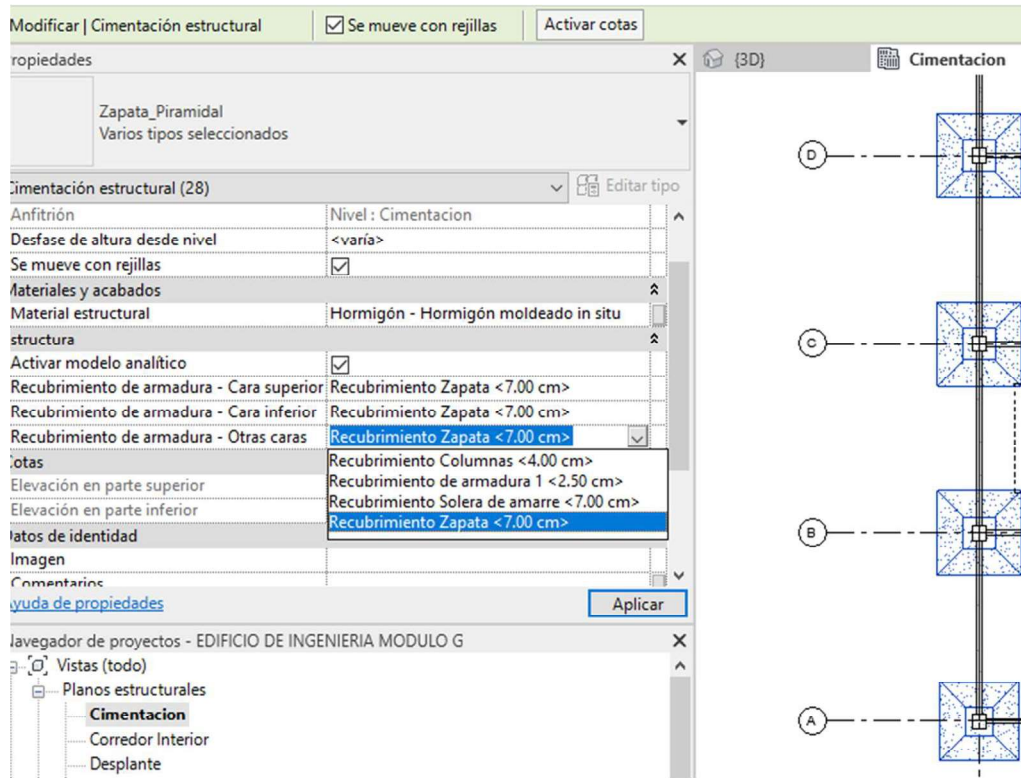


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.3.1 Asignación de recubrimiento en elementos estructurales

Se seleccionan los elementos al que se quiere agregar el recubrimiento y en el panel de propiedades se elige el que se ha creado previamente (Figura 186).

**Figura 186** Asignación de recubrimiento a los elementos del proyecto

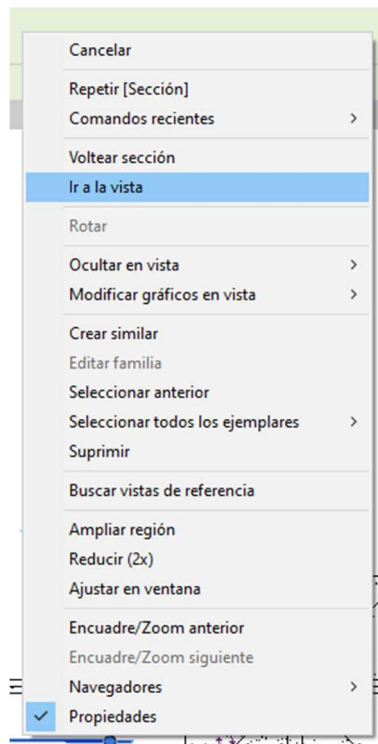
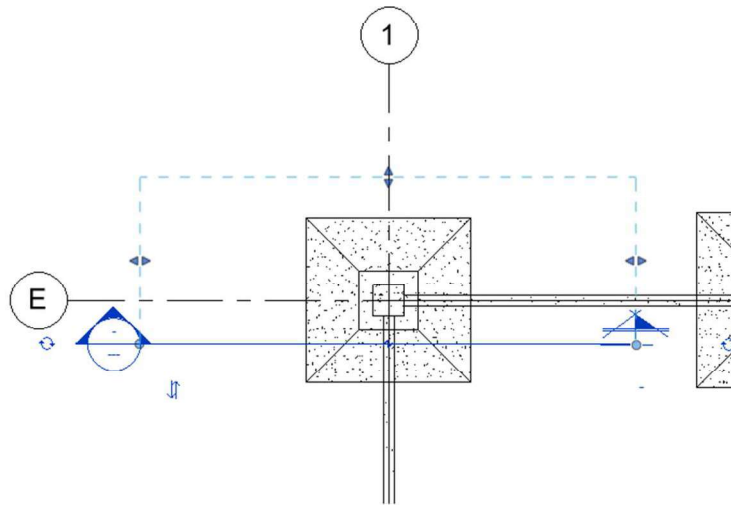


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

#### 4.7.6.4 Acero de refuerzo en zapatas

Se ubica el nivel de cimentaciones y se coloca una sección a una zapata, luego hace clic derecho sobre la sección y selecciona “Ir a la vista” (Figura 187).

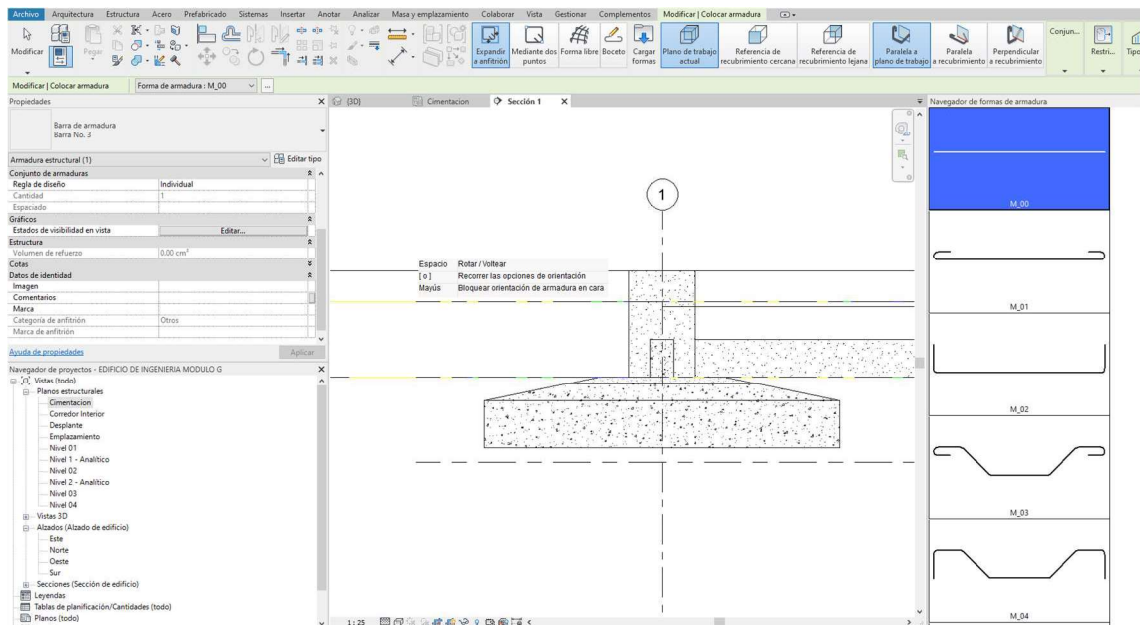
**Figura 187** Opción de ir a la vista de sección para asignar refuerzo a la zapata



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

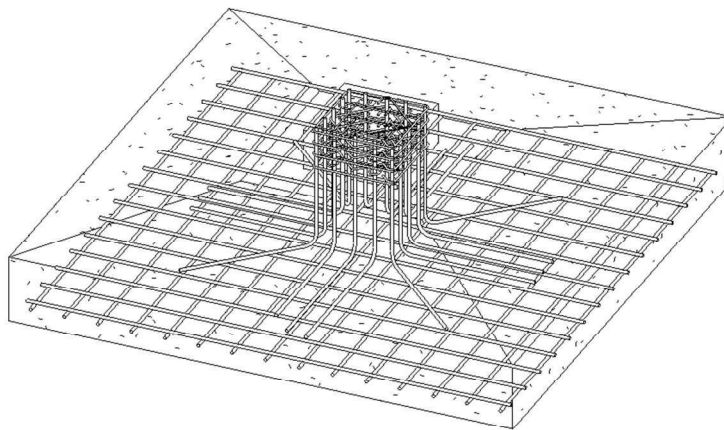
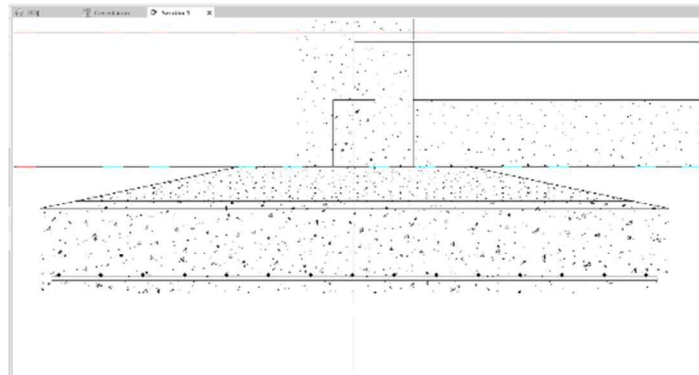
Selecciona nuevamente la opción de “Estructura” en el panel de opciones selecciona “Armadura”. Aparecerán nuevas pestañas en el panel de opciones y al lado izquierdo se encuentran las formas de las armaduras. En la opción de “Conjunto” se puede modificar el Diseño, Cantidad y Espaciado del refuerzo (Figura 188).

**Figura 188** Formas de armaduras cargadas por defecto para colocar a elementos del proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 189** Vista en sección y 3D del refuerzo en Zapata Z3



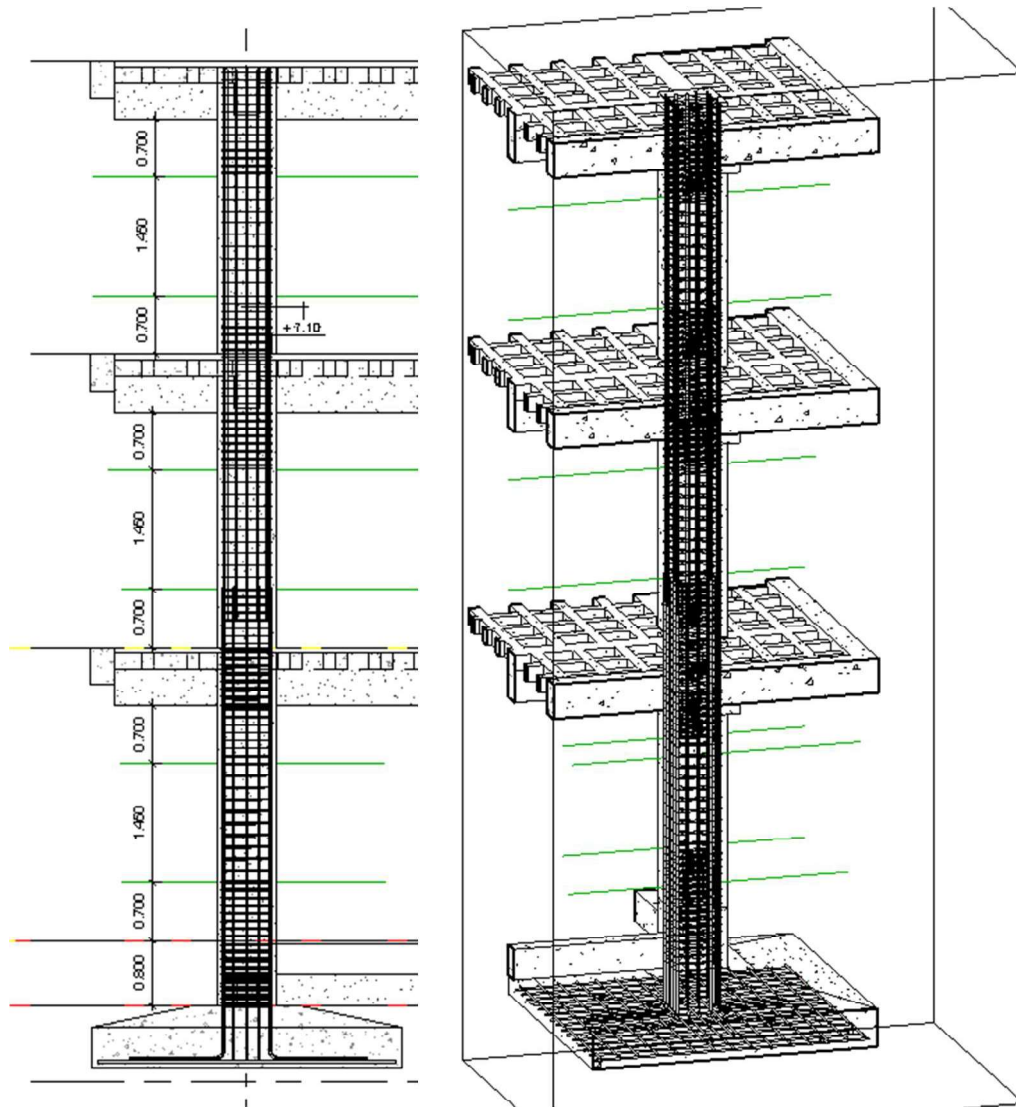
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### **4.7.6.5 Acero de refuerzo en columnas**

En una vista de sección se procede a colocar el acero longitudinal y estribos a las columnas en cada nivel. Se realiza el modelado del acero para las columnas C1, C2 y C3 y luego se copian a las otras columnas (Figura 190).



**Figura 190** Vista en sección y 3D del refuerzo en columna C3

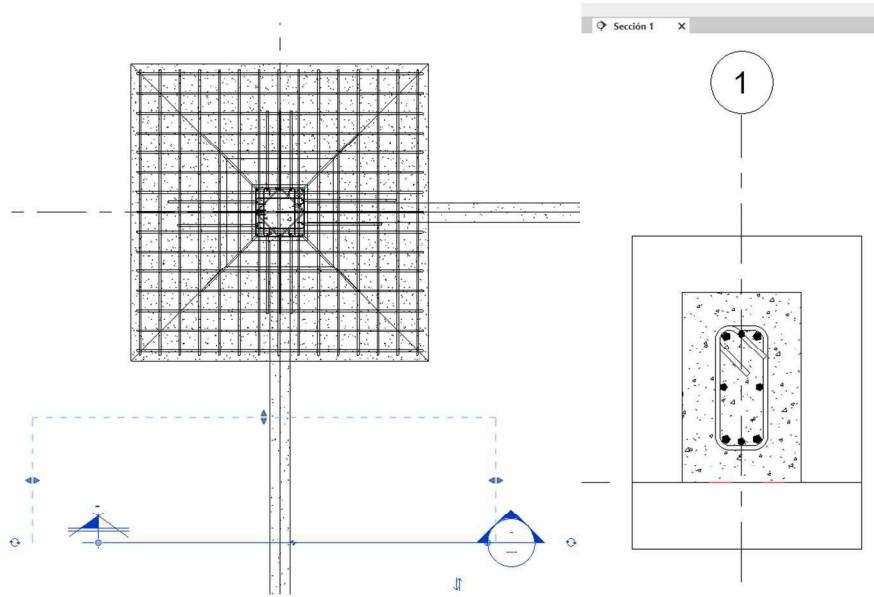


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.6 Acero de refuerzo en vigas

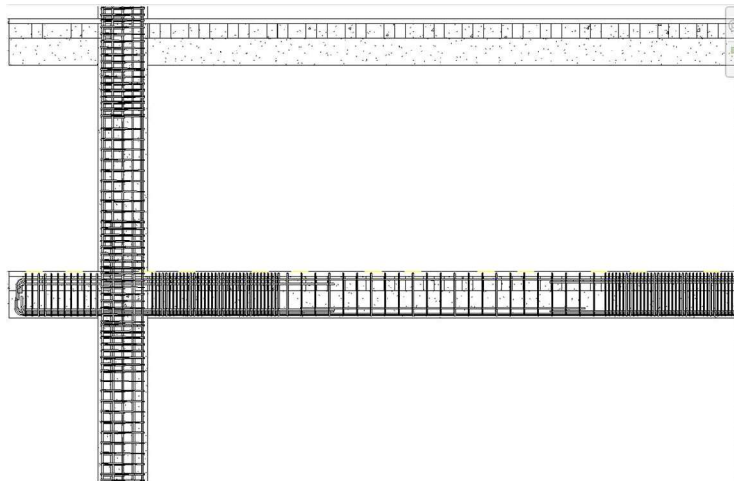
En una vista de sección se procede a colocar el acero longitudinal y transversal en vigas. De igual manera que las columnas, se hace por cada tipo de viga que hay, y luego se copia al resto de elementos (Figura 191).

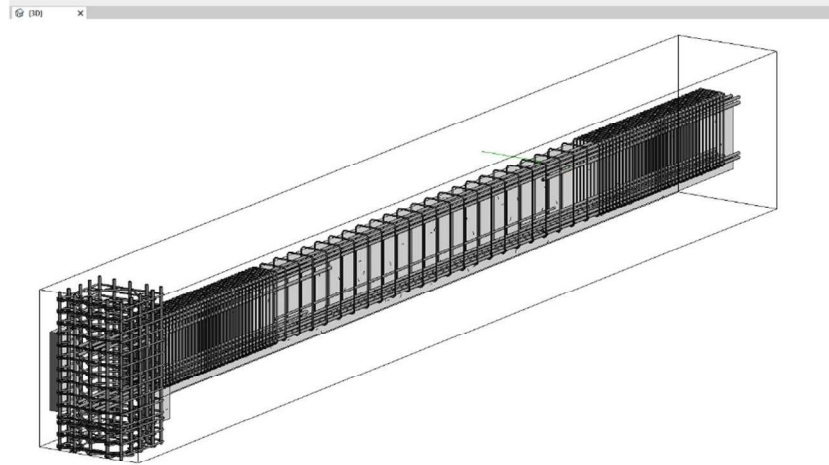
**Figura 191** Vista en sección de viga de amarre en cimentación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 192** Vista en sección y 3D del refuerzo de acero en vigas



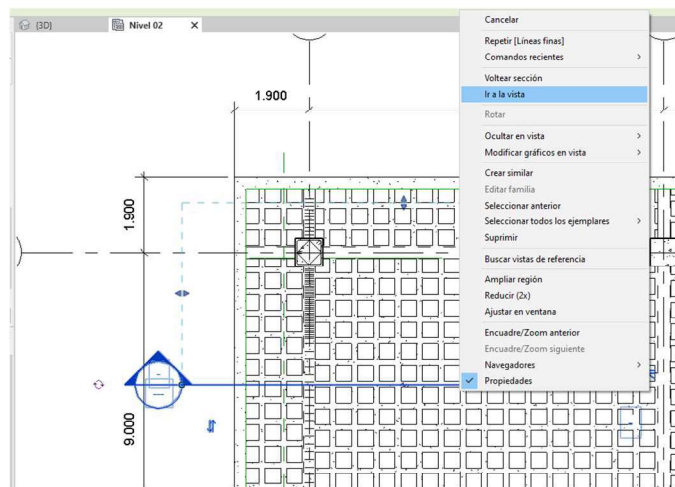


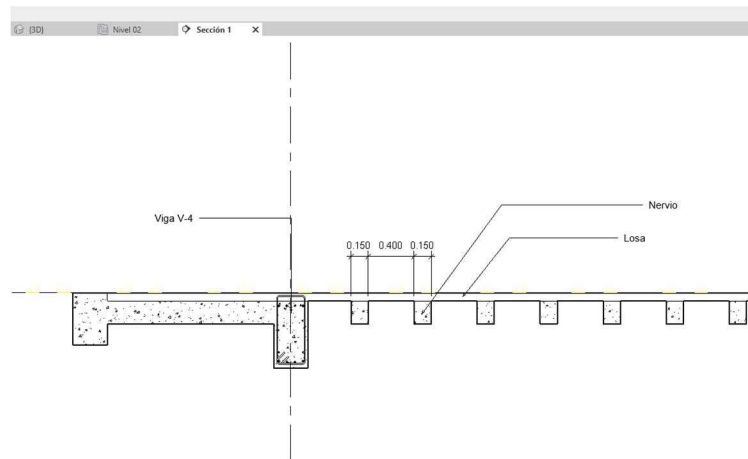
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.7 Acero de refuerzo en nervios de losas

El acero de refuerzo en los nervios se modela de la misma manera que una viga, en una vista de sección se procede a colocar el acero longitudinal y transversal. Se copia el conjunto de armadura a los demás nervios (Figura 193).

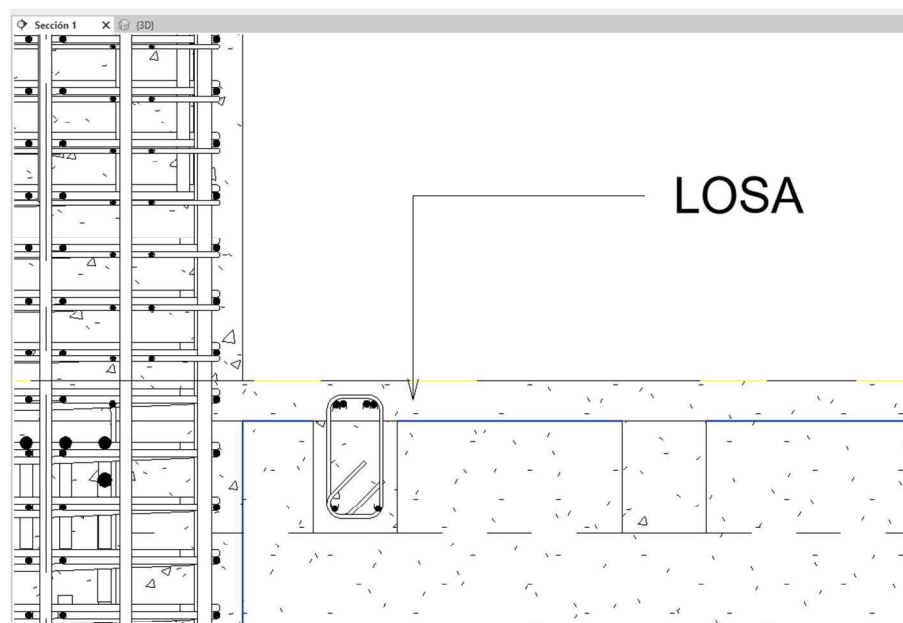
**Figura 193** Ir a vista de sección de los nervios para colocar el acero de refuerzo

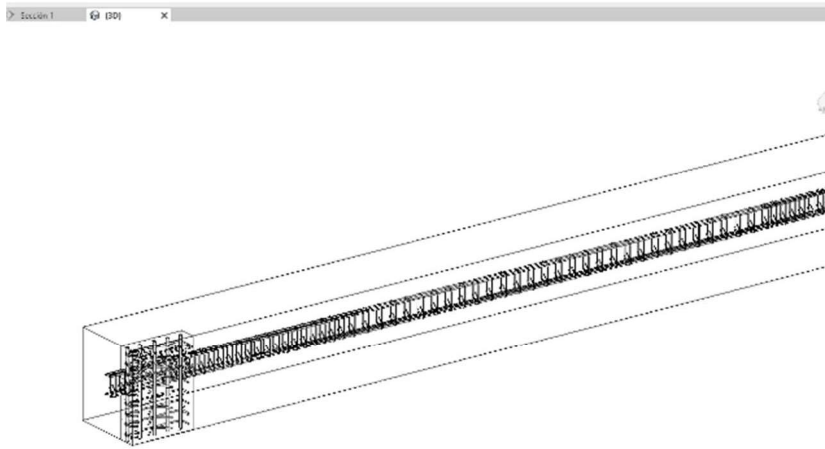




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 194** Vista de sección y 3D de nervio en losa



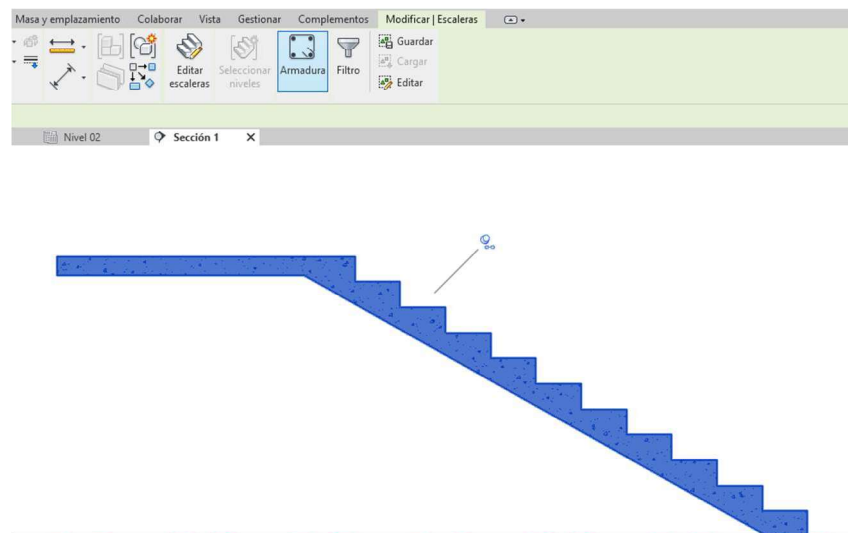


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.6.8 Acero de refuerzo en módulo de gradas

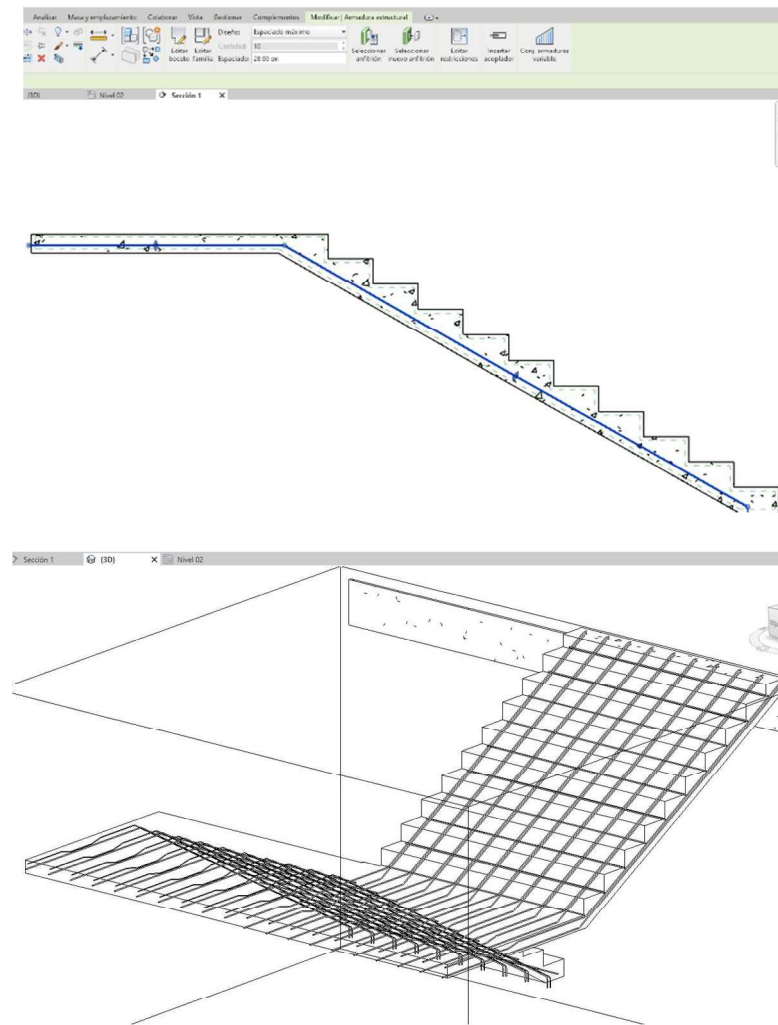
De igual manera que los demás elementos, en una vista de sección se procede a colocar el acero de refuerzo en escaleras (Figura 195).

**Figura 195** Vista de sección para colocar el acero de refuerzo en escalera



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 196** Vista de sección y 3D del refuerzo en escalera del primer nivel



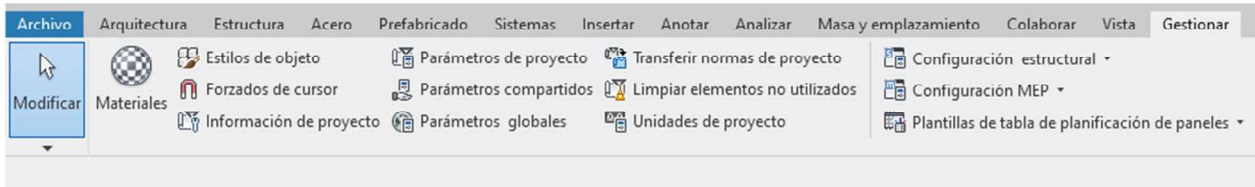
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

## **4.7.7 Creación y asignación de materiales estructurales**

### **4.7.7.1 Creación de materiales estructurales**

En el panel de opciones selecciona “Gestionar” y luego en “Materiales”. En el apartado de materiales creamos un nuevo material para el tipo de concreto y acero. Este proceso se explicó en capítulos anteriores (Figura 197).

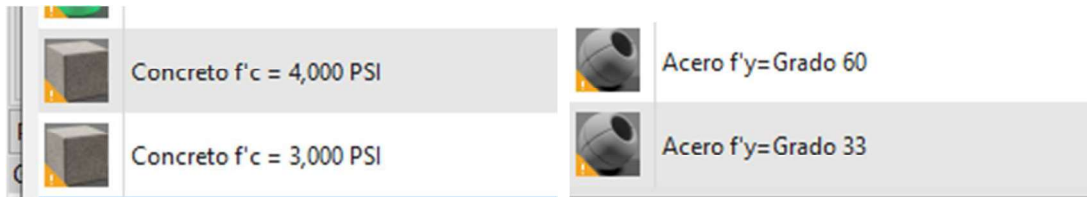
**Figura 197** Pestaña de gestionar para la creación de materiales



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Este proyecto se trabaja con dos tipos de concreto,  $f'c = 4,000$  PSI y  $f'c = 3,000$  PSI de igual modo para el acero,  $f'y =$  Grado 60 y  $f'y =$  Grado 33 (Figura 198).

**Figura 198** Concreto y acero de refuerzo creado para el proyecto



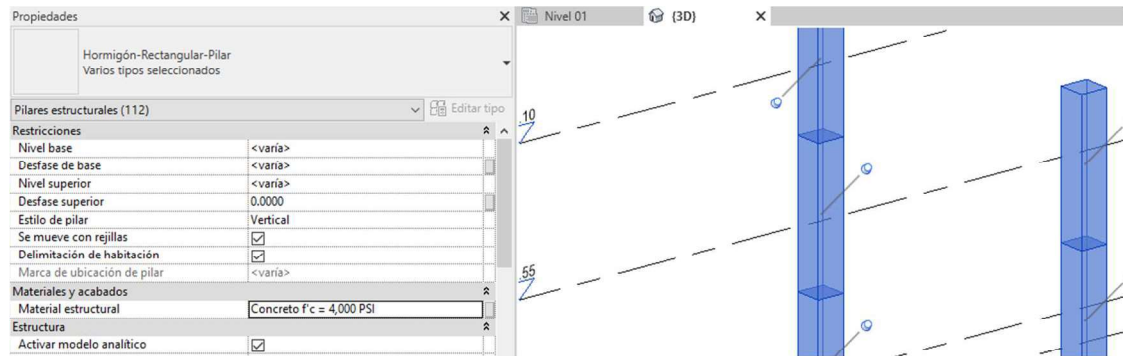
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.7.1 Asignación de materiales a los elementos del modelo

##### 4.7.7.1.1 Concreto

Selecciona todos los elementos que se quiere agregar el material, a modo de ejemplo se ha seleccionado todas las columnas y en el panel de propiedades seleccionamos “Materiales y acabados” y en “Material estructural” se eligió el material a utilizar (Figura 199).

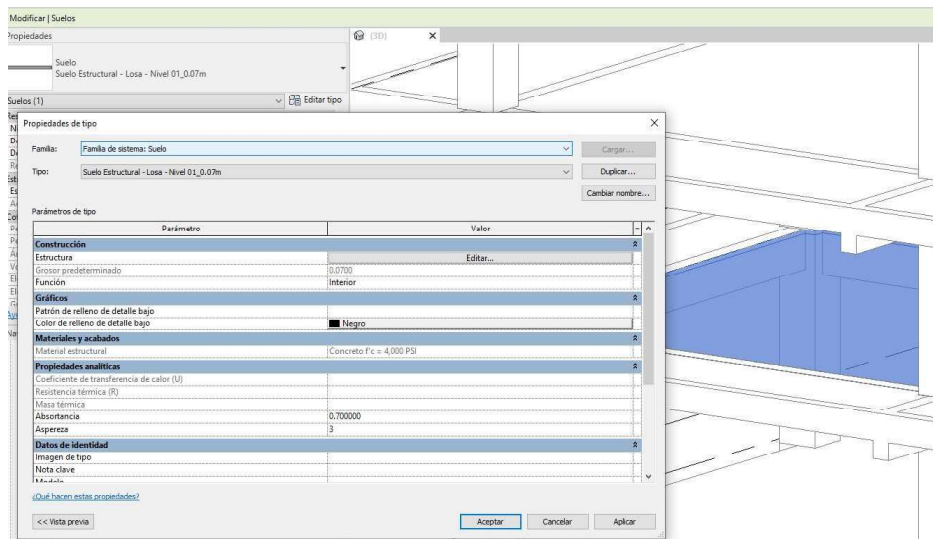
**Figura 199** Selección de elementos para asignación de materiales de concreto



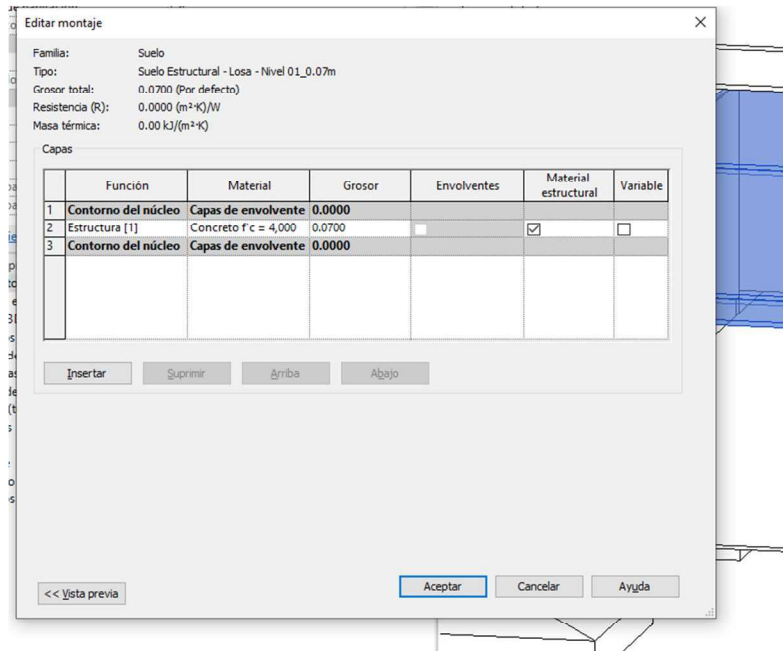
Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Para la familia de suelos, el material se asigna en el panel de propiedades de tipo y en “Editar” se elige la opción de “Material” (Figura 200).

**Figura 200** Editar montaje para la asignación de materiales de concreto a losas







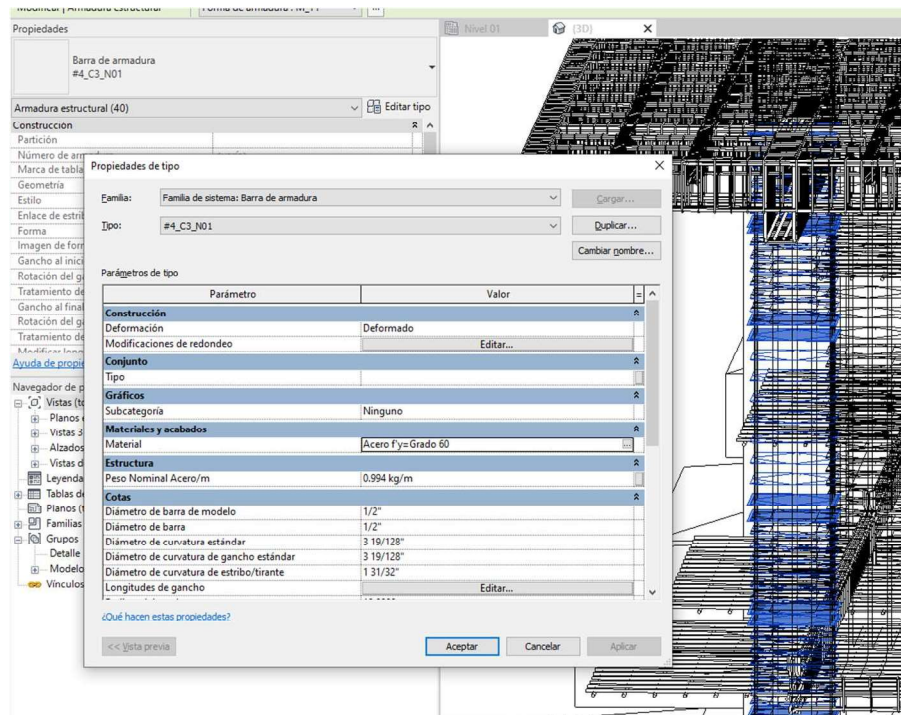
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Ese el mismo procedimiento para los demás elementos del proyecto.

#### 4.7.7.1.2 Acero

Para la asignación del material en el acero de refuerzo, se selecciona el armado de los diferentes elementos y en el panel de propiedades se selecciona “Editar tipo” y en “Materiales y acabados”, se elige el material que se quiere asignar (Figura 201).

**Figura 201** Selección y asignación de materiales de acero a elementos



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

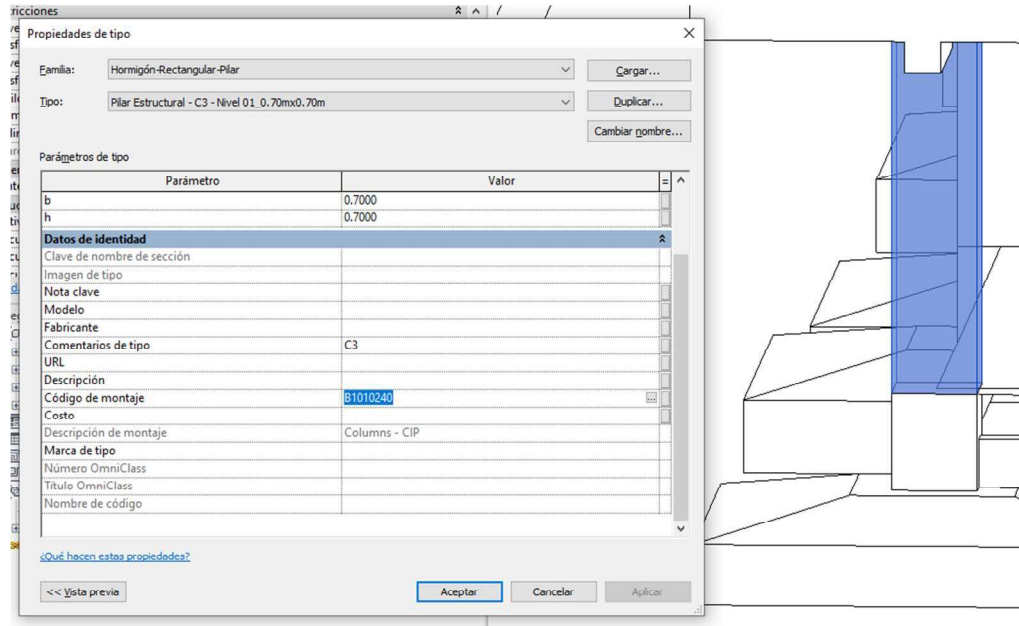
Se repite el mismo procedimiento para cada armado en los diferentes elementos del modelo. Como recomendación se puede realizar el procedimiento desde el inicio del modelado de acero para no hacerlo después con tanta información cargada en el proyecto.

#### **4.7.8 Asignación de código de clasificación UniFormat a los elementos del modelo**

Con base a la información del Plan de Ejecución BIM BEP se procede a la asignación del código de clasificación UniFormat a los elementos del modelo. Los códigos ya están cargados por defecto en Revit, esto facilita el proceso.

Se seleccionan los elementos del mismo tipo, por ejemplo, pilares estructurales y en el panel de tipo se ingresa el código en la casilla “Código de montaje” y en la casilla “Descripción de montaje” se actualiza automáticamente la información (Figura 202).

**Figura 202** Asignación de sistema de clasificación UniFormat a elementos del modelo



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

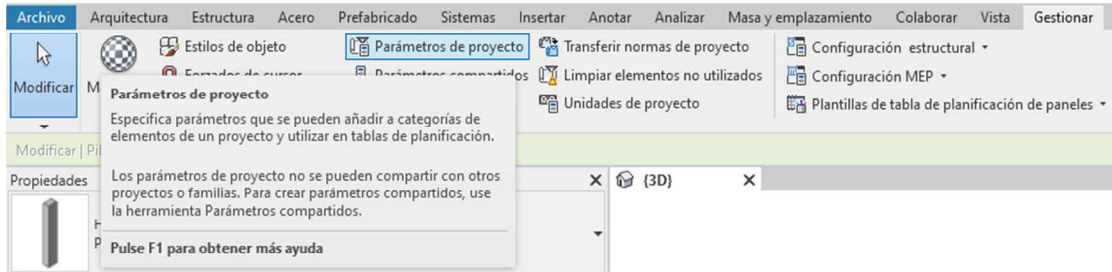
Es el mismo procedimiento para los demás elementos. El código UniFormat no se asigna al acero de refuerzo.

## 4.7.9 Gestión de la información del proyecto

### 4.7.9.1 Parámetros de proyecto

Los parámetros se crean a partir de la necesidad y objetivo del modelo, en este caso se utilizará para la cuantificación de materiales y con base al plan de ejecución BIM se crean los parámetros para gestionar la información del modelo. En el panel de opciones se selecciona “Gestionar” y elegimos “Parámetros de proyecto” (Figura 203).

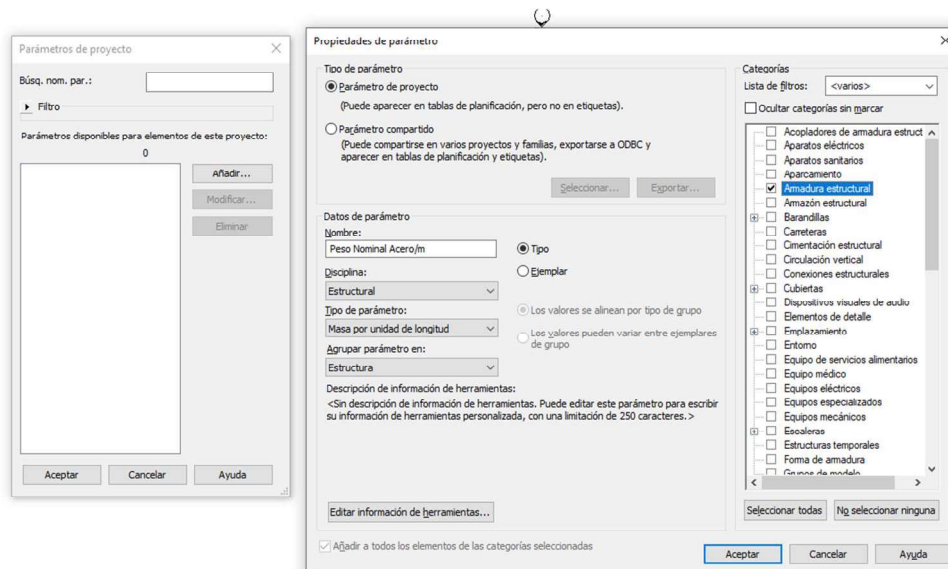
**Figura 203** Pestaña de gestionar para la creación de parámetros de proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se crean los parámetros de “Peso Nominal de acero/m” que servirá para calcular el peso del refuerzo por unidad de longitud. Se ingresa el nombre, la disciplina “Estructural”, el tipo de parámetros “Masa por unidad de longitud”, agrupado en “Estructura”, el tipo de parámetro “Tipo” y se elige en la categoría “Armadura estructural” (Figura 204).

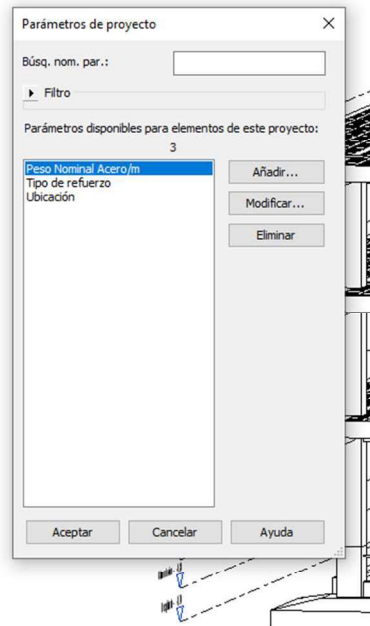
**Figura 204** Propiedades de parámetro para la creación del Peso Nominal del acero



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se repite el procedimiento para los demás parámetros según lo descrito en el plan de ejecución BIM BEP.

**Figura 205** Parámetros de proyecto creados para el modelo



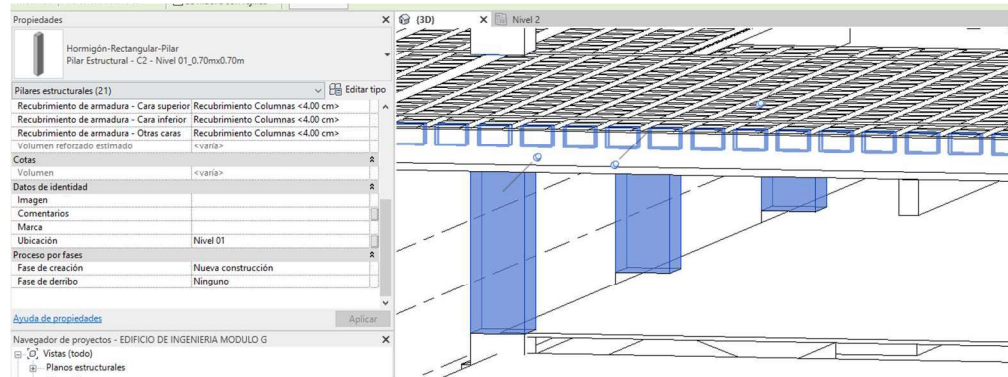
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.9.1 Asignación de parámetros a elementos

##### 4.7.9.1.1 Ubicación de elementos por nivel

Se seleccionan todos los elementos y en la ventana de propiedades se elige “Datos de identidad” y en el parámetro que se ha creado “Ubicación” se ingresa el nivel al que corresponden los elementos (Figura 206).

**Figura 206** Selección de elementos por nivel para asignación de parámetros



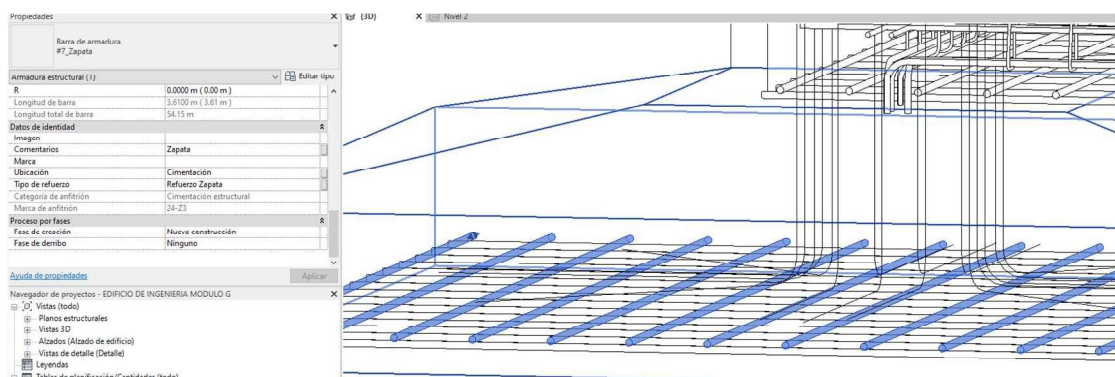
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Ese mismo procedimiento se repite para los demás elementos del modelo. Este parámetro sirve para conocer el nivel en qué están situados los elementos y así situar su ubicación.

#### 4.7.9.1.2 Asignación del tipo de refuerzo

De la misma forma, se selecciona el refuerzo correspondiente a cada elemento y en la parte de “Datos de identidad” ingresa la ubicación, el Tipo de refuerzo y también se le agrega un comentario para describir mejor el acero utilizado. El parámetro “Comentario” esta por defecto en Revit, no es necesario crearlo (Figura 207).

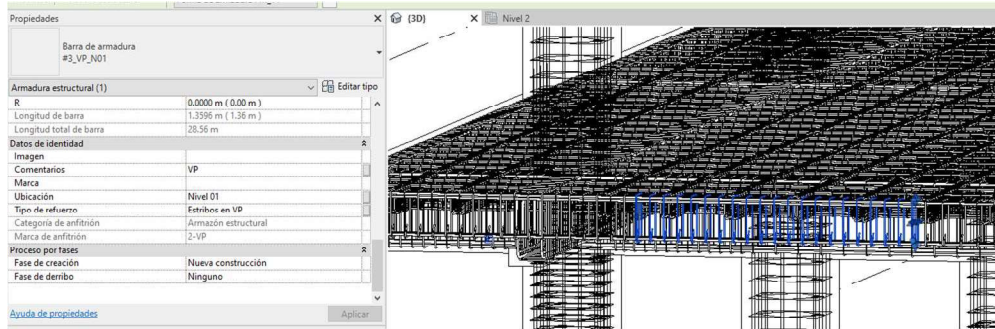
**Figura 207** Selección y asignación del tipo de refuerzo a los elementos



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

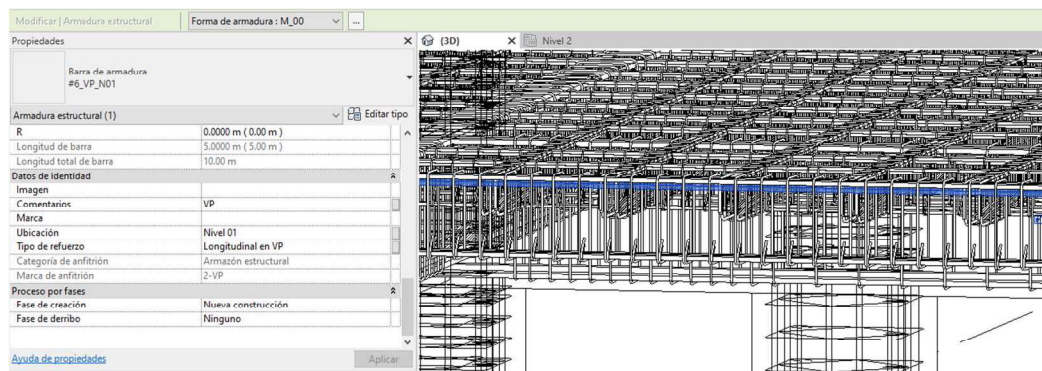
Se repite el mismo procedimiento para cada tipo de refuerzo en los elementos del modelo. Para las vigas, es útil este parámetro para identificar mejor el tipo de acero colocado.

**Figura 208** Selección y asignación de estribos en parámetros de tipo de refuerzo



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

**Figura 209** Selección y asignación de refuerzo longitudinal en parámetro de tipo de refuerzo



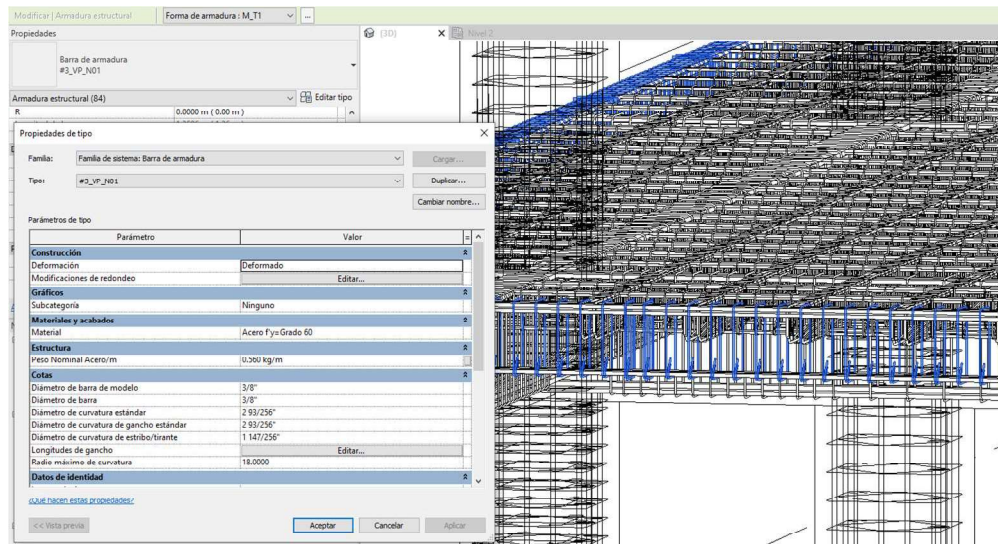
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.9.1.3 Asignación del peso nominal del acero

Para la asignación del peso del acero, se selecciona el tipo de refuerzo según el diámetro utilizado y en el panel de propiedades elegimos “Editar tipo”. En las propiedades de tipo se

ingresa en el parámetro creado “Peso Nominal Acero/m” el peso, según el fabricante, para este ejemplo tiene la varilla corrugado grado 60 que tiene un valor de 0.560 kg/m (Figura 210).

**Figura 210** Elección y asignación de parámetro de peso nominal del acero a elementos



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

Se hace lo mismo para cada tipo de acero utilizado en el proyecto. Se recomienda hacer la asignación de los parámetros desde el inicio del modelado para facilitar el proceso.

Como se mencionó anteriormente, los parámetros para la gestión de la información de los modelos se crean a partir de los requerimientos del proyecto y el uso. Los presentados para este proyecto es una de varias formas de gestionar la información.

#### 4.7.9.2 Plantilla de vistas y filtros

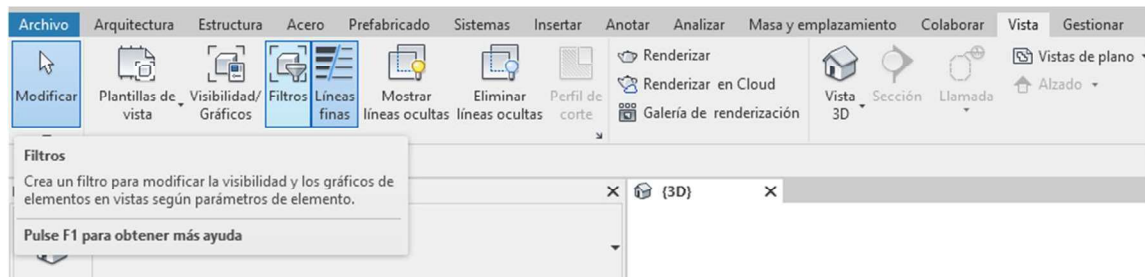
Las plantillas son propiedades que se le aplican a las vistas con los filtros creados y se guardan para utilizarlos en el modelo según la necesidad que se tiene.



#### 4.7.9.2.1 Creación de filtros

En el panel de opciones, en la pestaña “Vista” se elige “Filtros”. En esa misma ventana también está la opción de “Plantillas de vista” que se utilizarán más adelante (Figura 211).

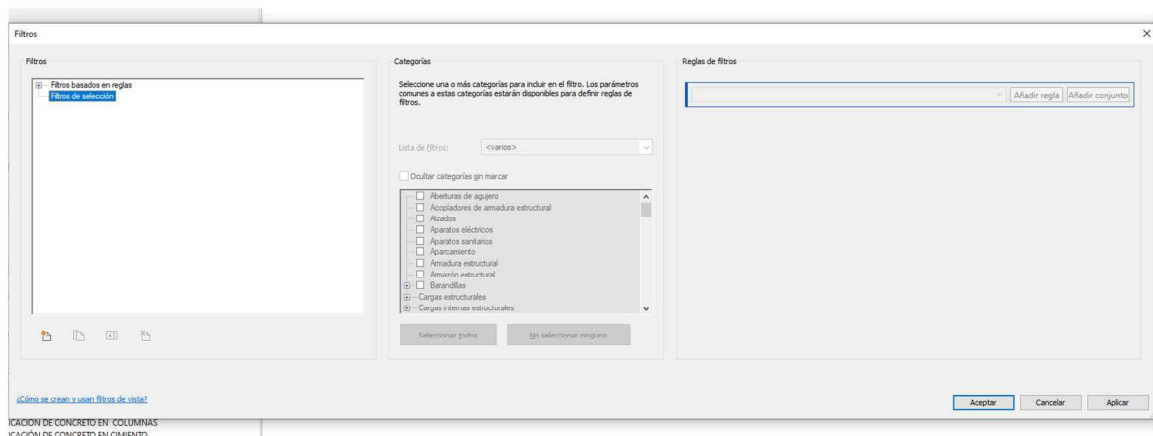
**Figura 211** Pestaña de vista para la creación de filtros



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En la ventana de filtros se tienen dos opciones, “Filtros basados en regla” y “Filtros de selección”, la primera es según las condiciones que se deben cumplir y la segunda opción es seleccionar los elementos en los cuales se les quiere aplicar filtros (Figura 212).

**Figura 212** Ventana de filtros

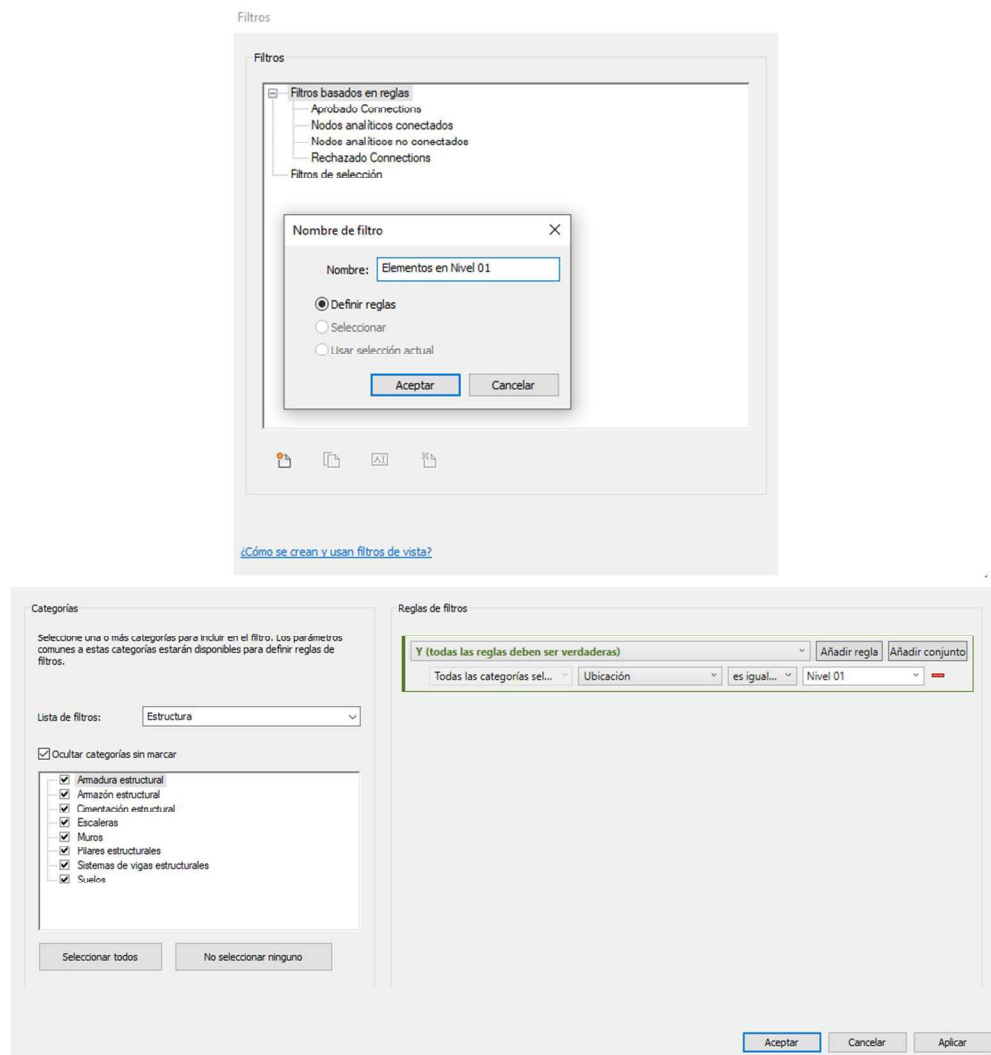


Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

A modo de ejemplo, se crea un filtro que contenga todos los elementos en cada nivel. Se agrega un nuevo filtro, un nombre y aceptamos. En categoría elegimos los elementos que fueron asignados al nivel y en reglas de filtros se elige “Y (todas las reglas deben ser verdaderas)”, en parámetro “Ubicación” que se ha creado anteriormente, también se elige “Igual a” y selecciona nivel “Nivel 01” (Figura 213).

Hay que elegir los elementos asignados al parámetro “Ubicación” para no tener problemas al momento de seleccionar la categoría.

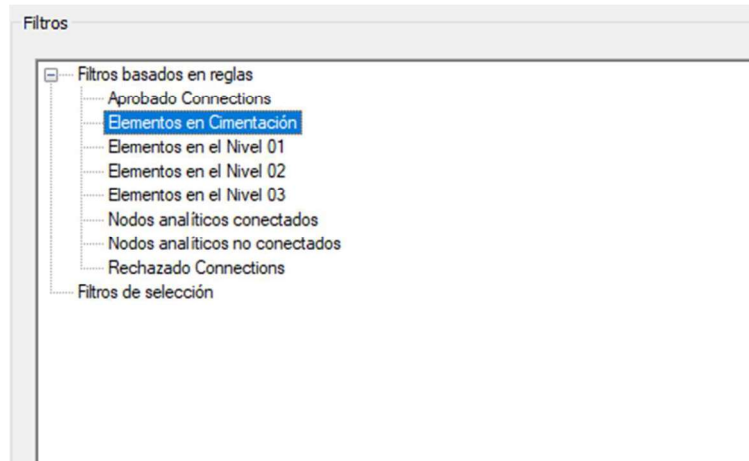
**Figura 213** Creación de filtros para el proyecto



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se repite el mismo procedimiento para crear los filtros para el Nivel 02, Nivel 03 y Cimentación (Figura 214).

**Figura 214** Filtros creados de elementos por nivel

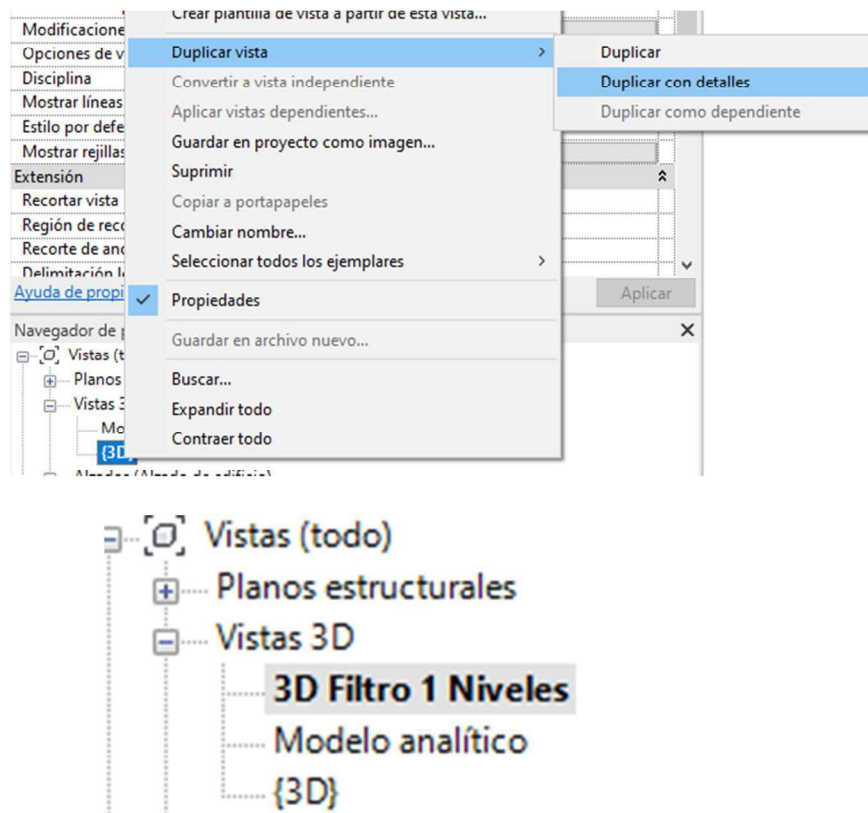


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### **4.7.9.2.1.1 Aplicación de filtros a vistas**

Se selecciona la vista en la cual se quiere aplicar los filtros, en este caso, se elige una Vista 3D y se hace un duplicado con detalles para no afectar la vista principal (Figura 215).

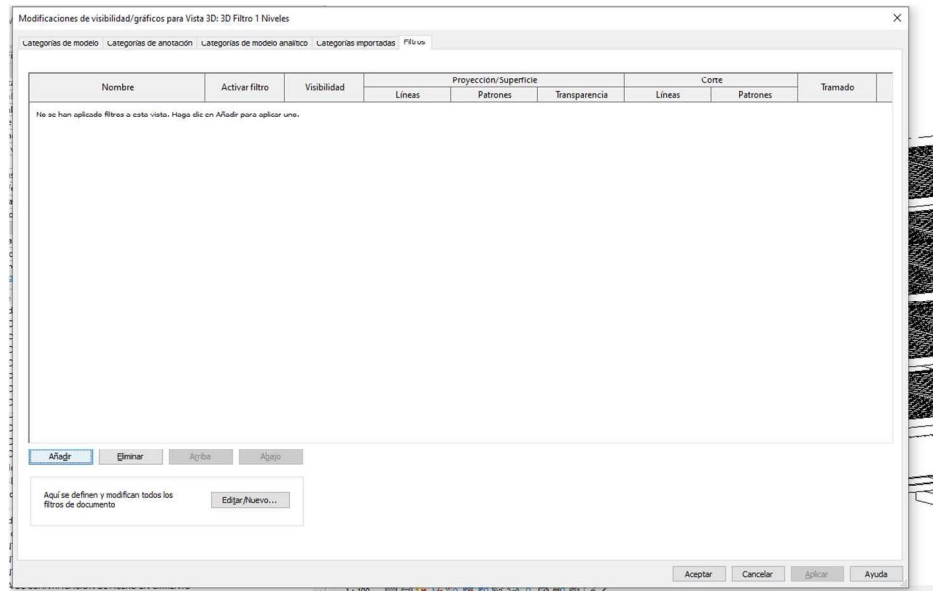
**Figura 215** Aplicación de filtros a diferentes vistas del modelo



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En el panel de opciones selecciona “Vista” y se elige “Visibilidad de gráficos”, estando en la ventana se ubica en la pestaña “Filtros” y luego “Añadir” (Figura 216).

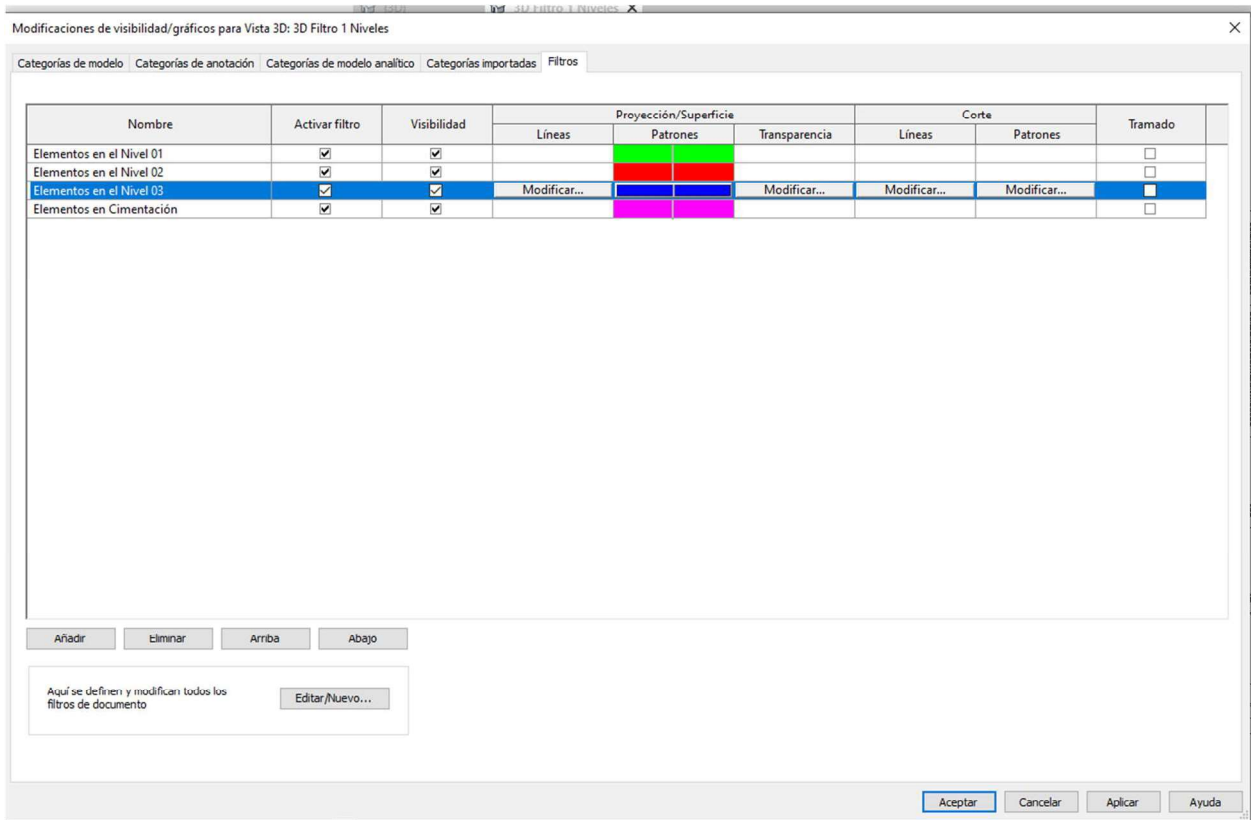
**Figura 216** Ventana de visibilidad de gráficos para utilizar los filtros



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se eligen los filtros creados y en la pestaña “Proyección/Superficie” el patrón y el color que se desea utilizar. Finaliza y acepta (Figura 217).

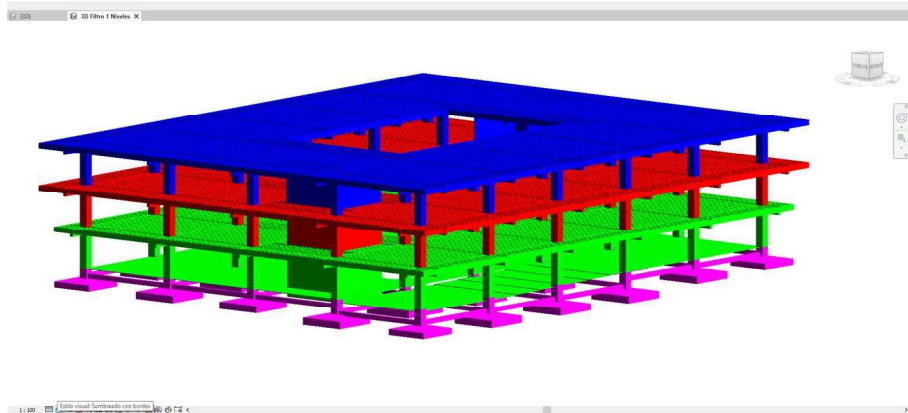
**Figura 217** Configuración de filtros en ventana de visibilidad de gráficos



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para visualizar los filtros se debe seleccionar la opción “Estilo visual” que se encuentra en la parte inferior izquierda y se elige “Sombreado”. Ya se puede apreciar los filtros aplicados en la vista creada (Figura 218).

**Figura 218** Vista 3D del edificio con filtros de nivel aplicados

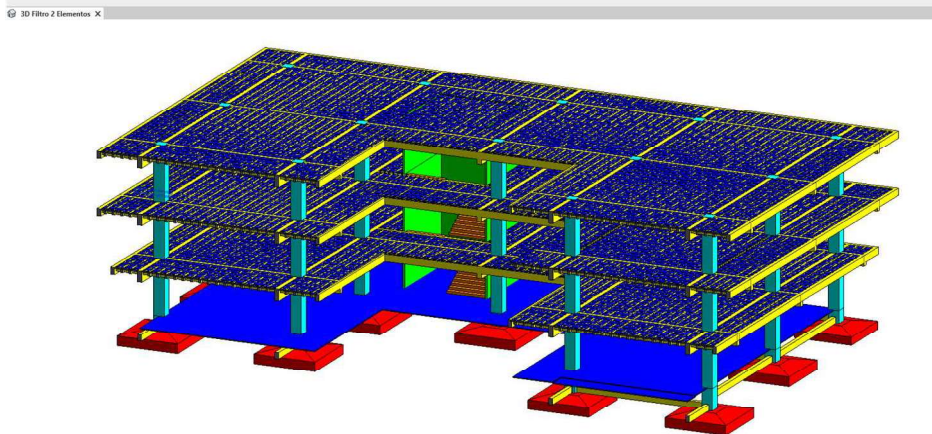


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Los filtros creados permiten identificar de manera visual los elementos que pertenecen a cada nivel y evaluar si existe un elemento ubicado en un lugar diferente.

Otra vista con filtros asignados a los elementos estructurales, zapatas, vigas, columnas, losa, escalera y muros utilizado una caja de sección para dividir la vista en 3D.

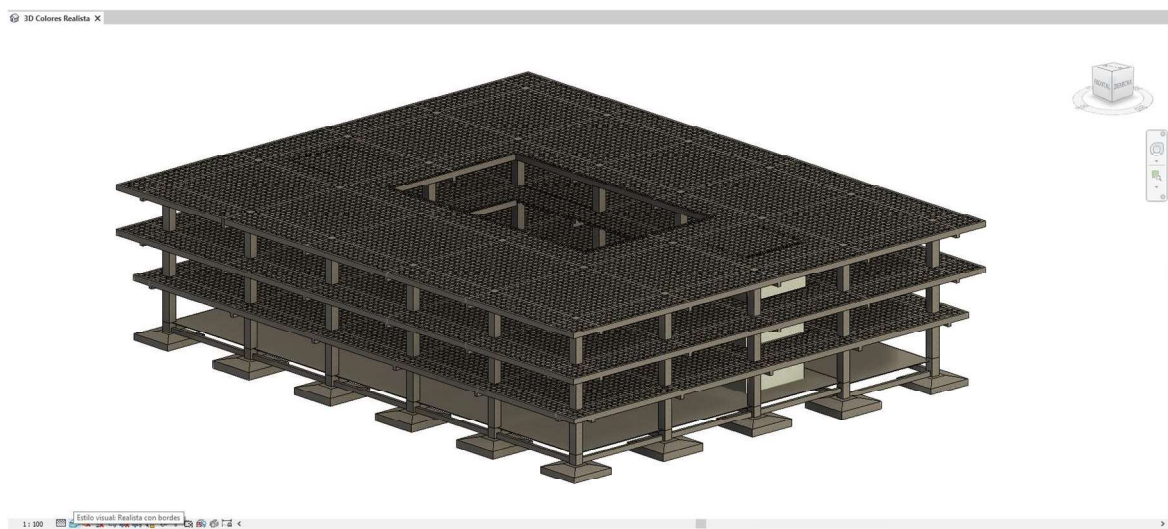
**Figura 219** Selección de vista 3D del edificio con filtros por elementos



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

También puede utilizarse colores realistas del modelo con base a la apariencia de los materiales sin tener que utilizar filtros.

**Figura 220** Vista 3D del edificio con colores realistas de los materiales



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

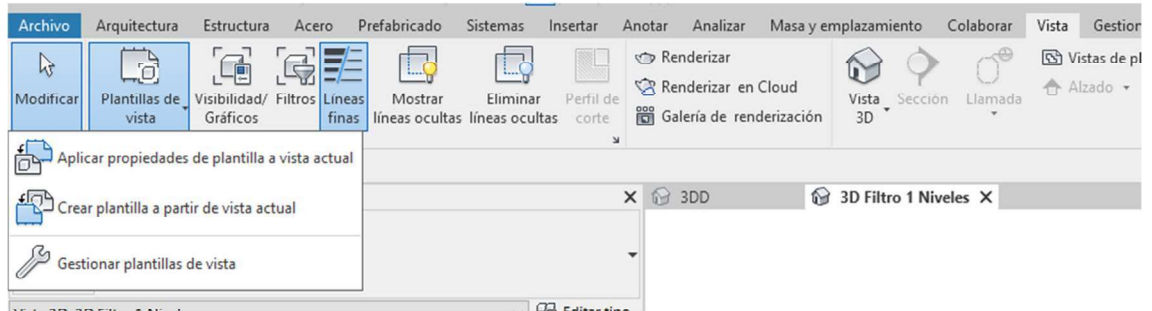
#### 4.7.9.2.2 Creación de plantilla de vista

Las plantillas permiten guardar la configuración de vista y utilizarse en otra vista sin necesidad de hacer de nuevo las configuraciones iniciales, debido a que permite ahorrar tiempo en la documentación.

En el panel de opciones, se ubica en la pestaña “Vista” y se selecciona “Plantilla de vistas”. Se pueden crear plantillas a partir de una vista actual y crear uno nuevo, para este caso se hare uso de una plantilla actual “3D Filtro 1 Niveles” (Figura 221).



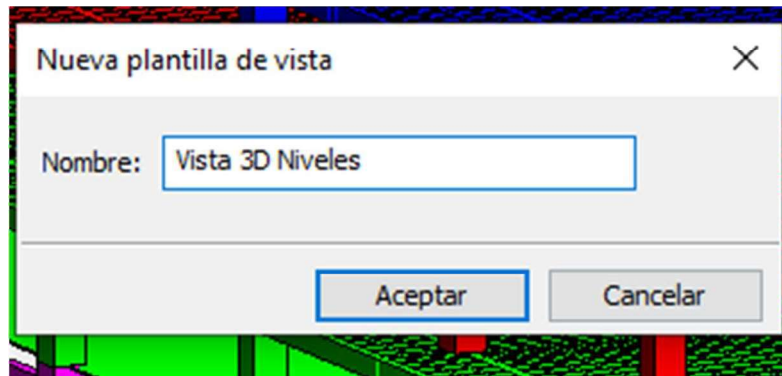
**Figura 221** Pestaña de vista para la creación de plantillas de vista

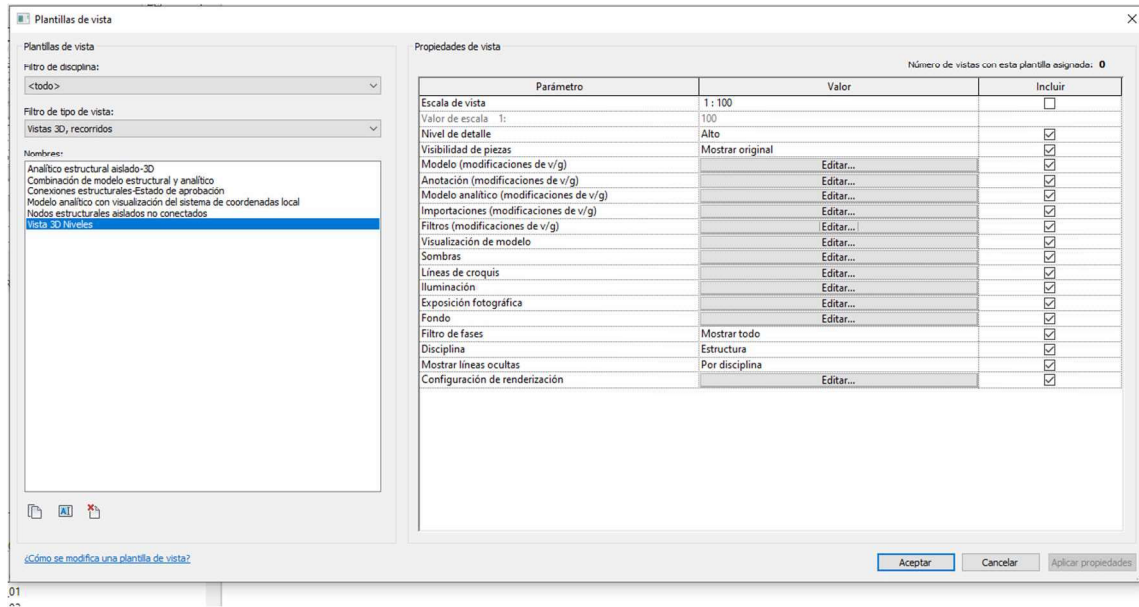


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se debe ingresar un nombre a la plantilla. En la ventana de plantillas de vista se realiza la configuración según la necesidad del proyecto, se puede incluir la modificación de las escalas, nivel de detalle, filtros, etc. (Figura 222).

**Figura 222** Nueva plantilla de vista y configuración de vista

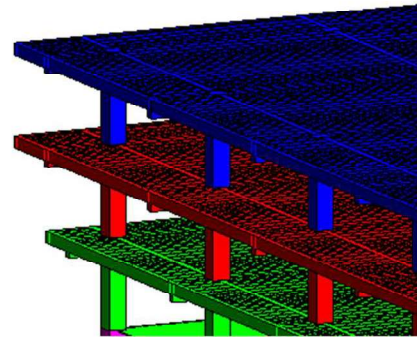
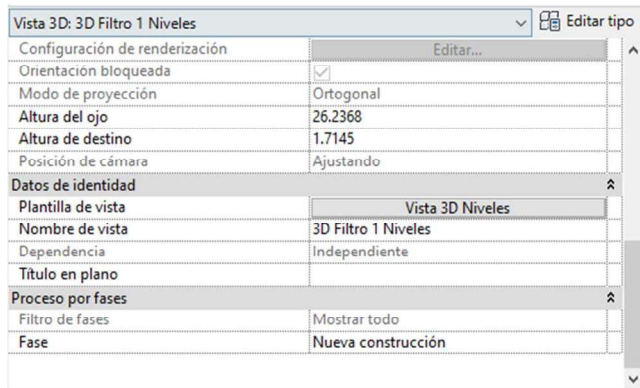




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para utilizar la plantilla de vista, se busca a través del navegador de proyectos y en “Datos de identidad” se elige la plantilla que se desea utilizar (Figura 223).

**Figura 223** Navegador de proyectos para utilizar plantilla de vista



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.10 Cuantificación de materiales

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, el modelado BIM permite extraer información necesaria para el proyecto de manera fácil y rápida en comparación con la forma tradicional. Si bien el modelado exige un mayor tiempo y requiere de conocimientos adicionales y de herramientas específicas, pero al final tiene mayor beneficio en los proyectos que se realiza.

Uno de los usos que se puede dar al modelado BIM es la extracción de cantidades de volúmenes y materiales de los elementos del proyecto. La exactitud de las cantidades depende principalmente del nivel de detalle y la forma del modelado, eso quiere decir, que cuanto mayor detalle tenga el modelo así será la información que se extrae, de la misma forma pasa con el modelado, si los elementos se modelan lo más parecido a la forma en cómo se construyen en la realidad así también serán los datos que se extraen.

##### 4.7.10.1 Cuantificación de materiales para concreto

Para la cuantificación de materiales para el concreto existe fórmulas como la de Fuller que permite estimar la cantidad de cemento Portland, arena y pedrín por metro cúbico de concreto, con base a las proporciones de los ingredientes.

$$\begin{aligned} C &= \frac{57.6}{c+a+p} \\ A &= 0.02675 * C * a \\ P &= 0.02675 * C * p \end{aligned}$$

Donde:

C = Número de bolsas de cemento Portland

A = Número de metros cúbicos de arena de río

P = Número de metros cúbicos de pedrín

c = Número de partes de cemento

a = Número de partes de arena

p = Número de partes de pedrín.

Para el cálculo de la cantidad de agua es necesario conocer también la resistencia del concreto y la relación Agua/Cemento recomendada (Tabla 44).

**Tabla 44** Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm <sup>2</sup> *	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Adaptado del ACI 211.1

Otra forma de estimar cantidades, es por medio de tablas para el cálculo aproximado de materiales para el concreto, se calculan con base a la resistencia utilizada. Los valores en las tablas permiten calcular de manera rápida los materiales para el concreto y tener un estimado (Tabla 45).

**Tabla 45** Tabla para cálculo aproximado de materiales para concreto

CONCRETO (PARA 1 M3 DE CONCRETO)

Tipo	Proporción (Vol.)			Bolsas Cemento	Arena m <sup>3</sup>	Grava m <sup>3</sup>	Agua Litros	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
	Cemento	Arena	Piedrin					
1.00	1.00	1.50	1.50	12.60	0.53	0.55	226.00	303.00
2.00	1.00	1.50	2.00	11.30	0.48	0.64	221.00	270.00
3.00	1.00	1.50	2.50	10.10	0.43	0.71	216.00	245.00
4.00	1.00	1.50	3.00	9.30	0.37	0.79	207.00	230.00
5.00	1.00	2.00	2.00	9.80	0.55	0.55	227.00	217.00
6.00	1.00	2.00	2.50	9.10	0.51	0.64	226.00	195.00
7.00	1.00	2.00	3.00	8.40	0.47	0.71	216.00	165.00
8.00	1.00	2.00	3.50	7.80	0.44	0.76	212.00	164.00
9.00	1.00	2.00	4.00	7.30	0.41	0.82	211.00	140.00
10.00	1.00	2.50	2.50	8.30	0.58	0.58	232.00	156.00
11.00	1.00	2.50	3.00	7.60	0.54	0.65	222.00	147.00
12.00	1.00	2.50	3.50	7.20	0.51	0.71	220.00	132.00
13.00	1.00	2.50	4.00	6.70	0.48	0.77	218.00	118.00
14.00	1.00	3.00	4.00	6.30	0.53	0.71	224.00	94.00
15.00	1.00	3.00	5.00	5.60	0.47	0.79	215.00	80.00

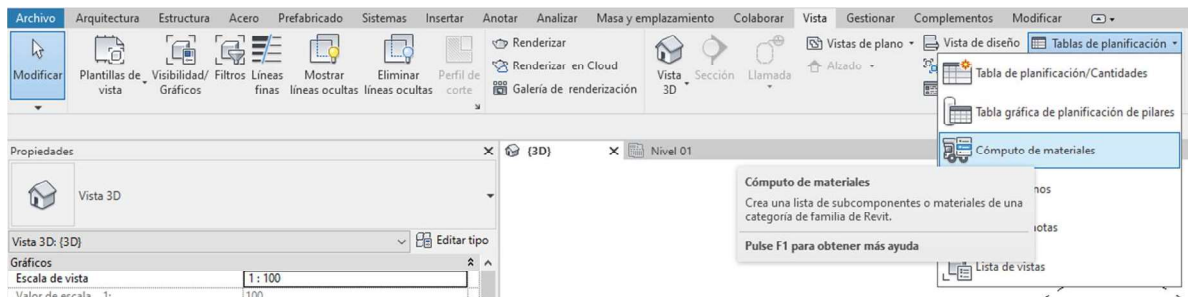
Fuente: Adaptado de (García)

Según especificaciones de materiales utilizados para el concreto en este proyecto, se tiene un concreto de resistencia  $f'c = 4,000$  PSI (281 kg/cm<sup>2</sup>).

Vamos a utilizar la fórmula de Fuller para el caso de estudio suponiendo una relación 1:2:3 para calcular la cantidad de cemento, arena, piedrín y para la cantidad de agua se utilizará una relación de 0.57 sin aire incluido. Estos valores son aproximados para el proyecto a modo de ejemplo para calcularlos en Revit.

En el panel de opciones, se ubica la pestaña “Vista” y luego en “Tabla de planificación”, se elige la opción “Cómputo de materiales” para tener todos los elementos en una misa tabla (Figura 224).

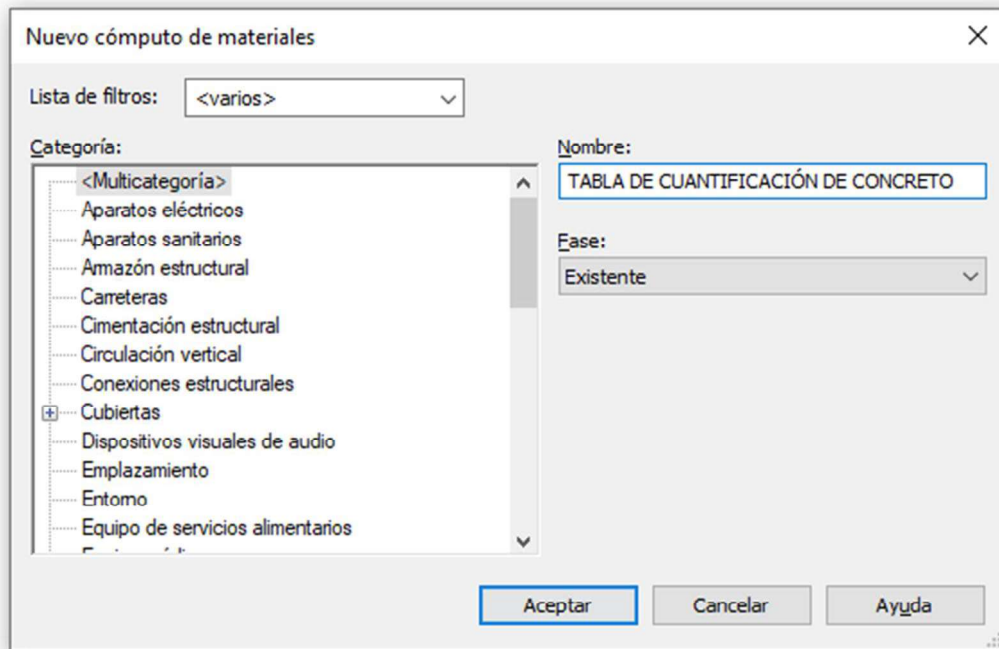
**Figura 224** Pestaña de vista para cómputo de materiales



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En categoría, se utiliza la opción “Multicategoría” para utilizar todos los elementos del modelo. Se le asigna un nombre y en fase, “Existete” ya que el proyecto que se trabaja se modela como existente.

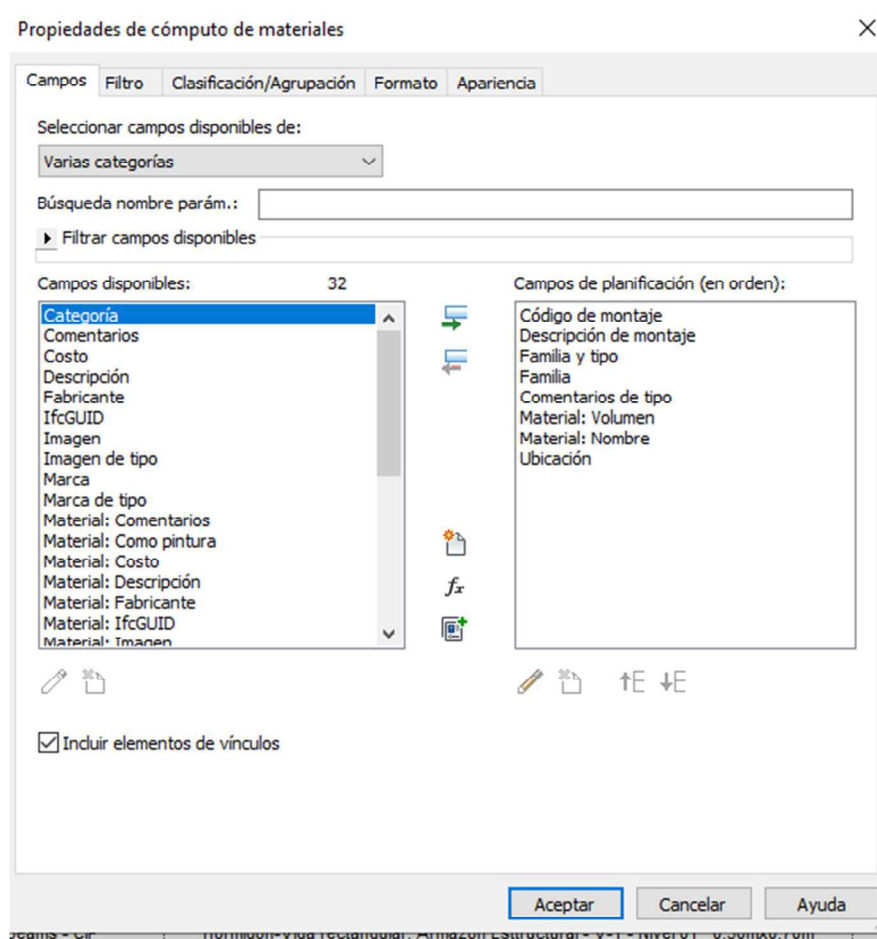
**Figura 225** Ventana de nuevo cómputo de materiales



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En las propiedades de cómputo de materiales, en el apartado de Campos disponibles, agrega los parámetros de Código de montaje, Descripción de montaje, Familita y Tipo, Familia, Comentarios de tipo, Material: Volumen, Material: Nombre, Ubicación (Figura 226).

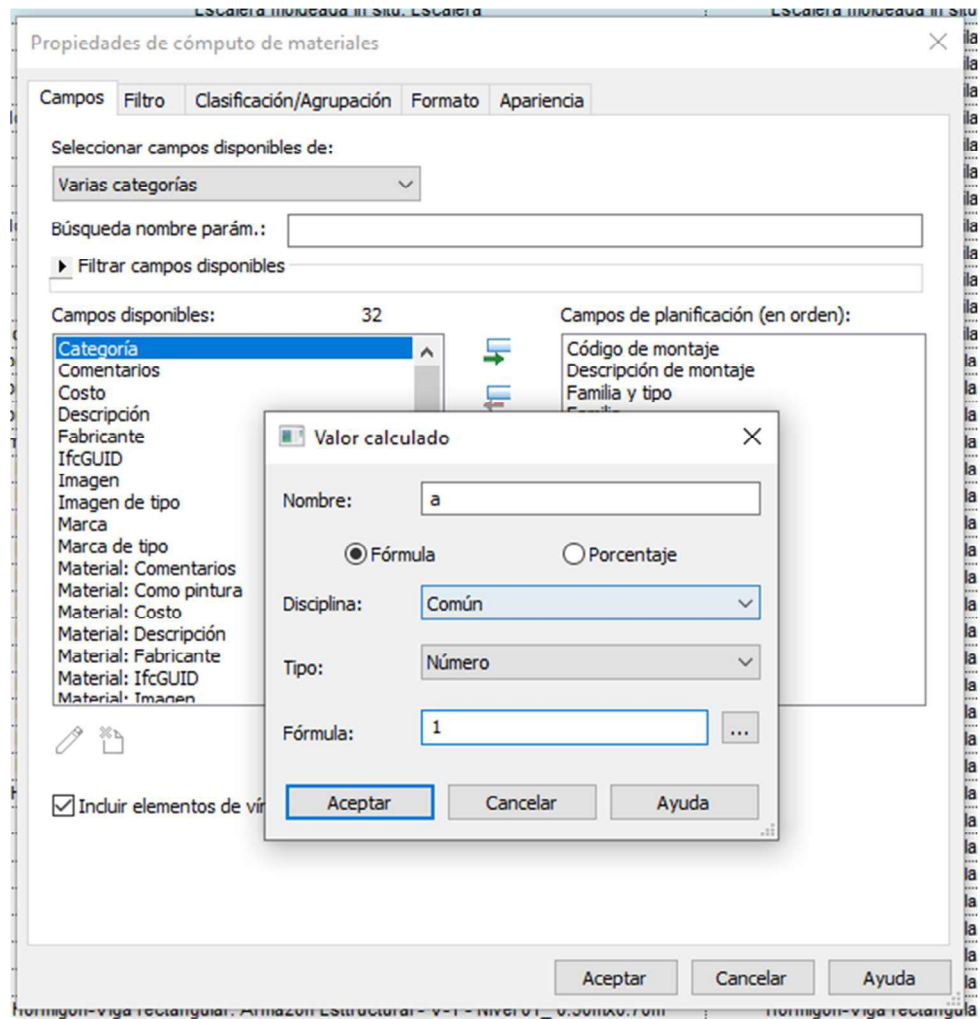
**Figura 226** Propiedades de cómputo de materiales



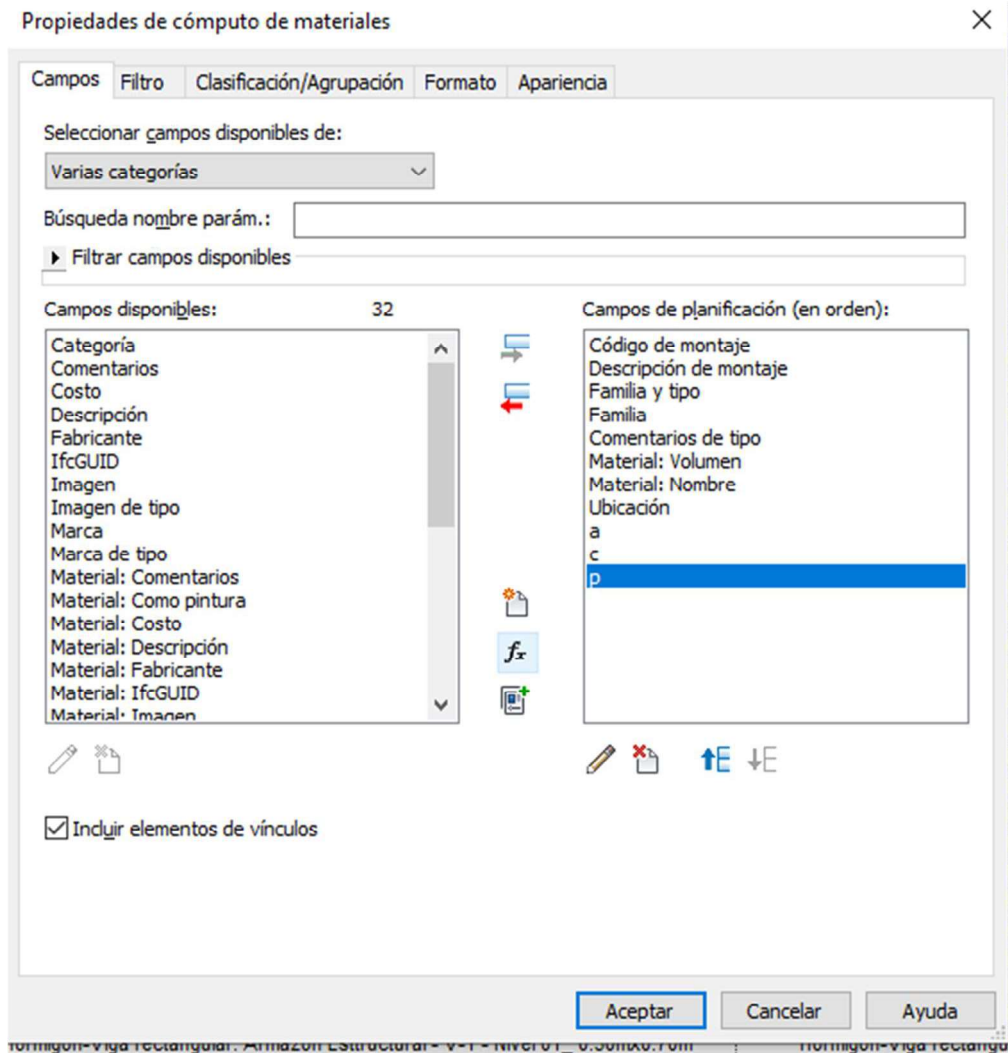
Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se crearán parámetros calculados para las proporciones c, a y p para calcular los valores de C, A, P. En el campo de planificación (en orden) se selecciona “Añadir parámetro calculado”, ingresa un Nombre, Disciplina común, Tipo número y Formula 1(relación 1:2:3), se repite el procedimiento para los parámetros de c y p (Figura 227).

**Figura 227** Campos de planificación en cómputo de materiales



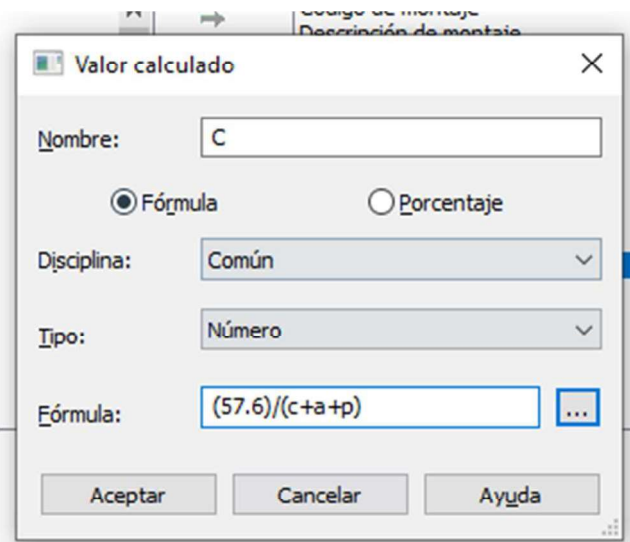
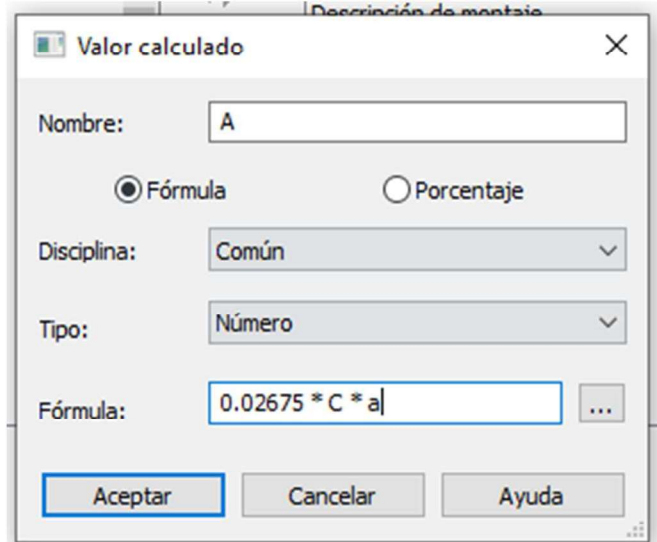




Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Ahora se crean los parámetros calculados para C, A y P con las fórmulas de Fuller presentados anteriormente (Figura 228).

**Figura 228** Valor calculado para crear los parámetros según el método de Fuller

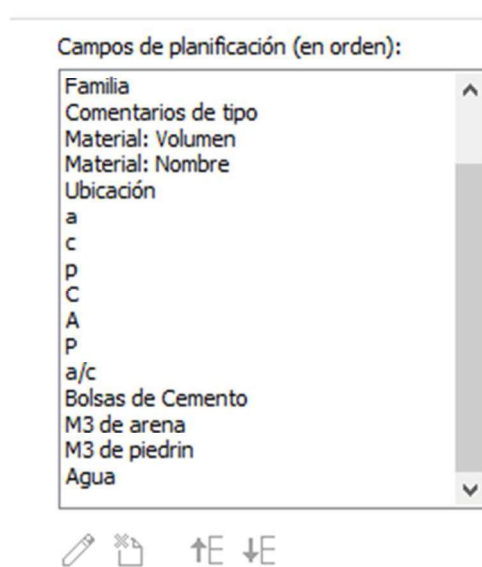
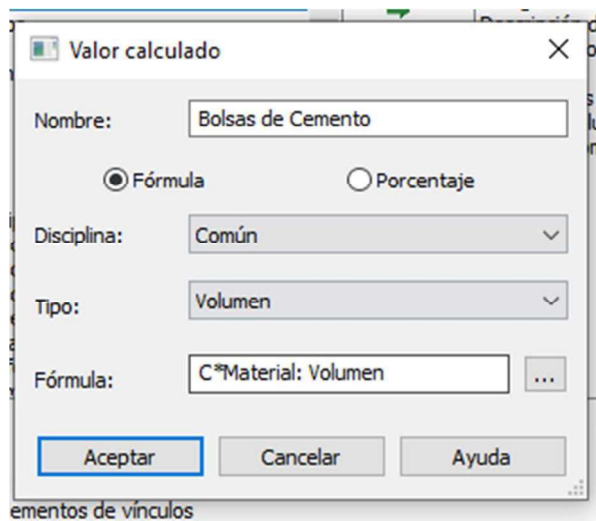


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Esos valores son para 1 m<sup>3</sup> de concreto. Para calcular los valores totales solo queda multiplicar los valores de C, A y P por el volumen de los elementos. Se crean los parámetros

correspondientes, por ejemplo, para la cantidad de cemento se utiliza el parámetro “Bolsas de Cemento” con la fórmula C\*Material: Volumen. Se hace lo mismo para la cantidad de arena, piedrín y agua (Figura 229).

**Figura 229** Valor calculado y campos de planificación para la cuantificación de materiales

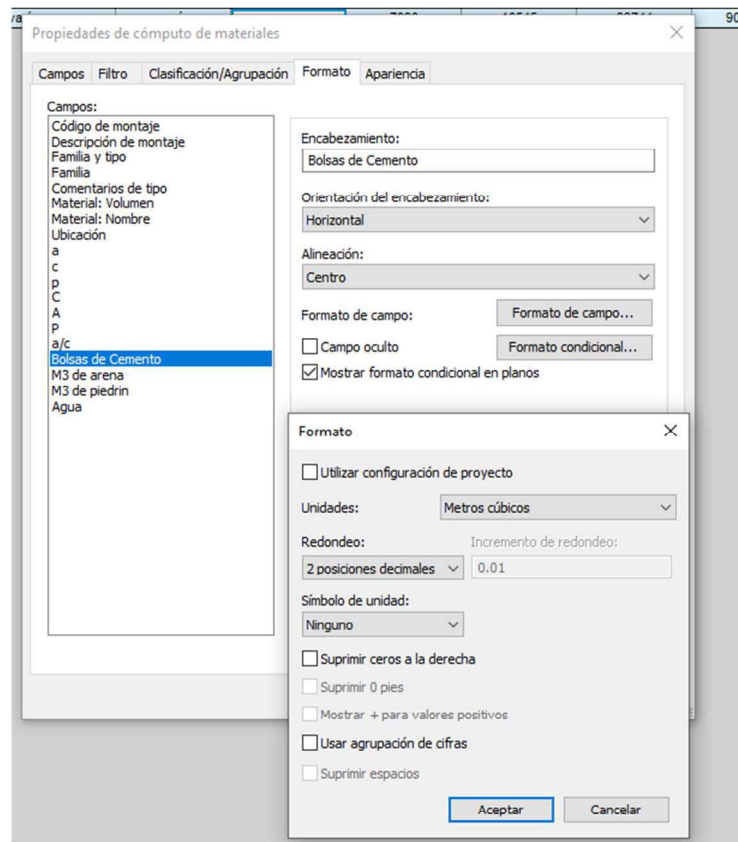


Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En las fórmulas se utilizan el “Tipo” Volumen, que hace que Revit le asigne las unidades de m3, pero en realidad para las bolsas de cemento son valores adimensionales. Para ocultar las

unidades en las tablas, se debe dirigir a la pestaña de “Formato” y “Formato de campo” se ubica la opción “Símbolo de unidad” y selecciona Ninguno. Se realiza lo mismo para M3 de arena, M3 de piedrín y Agua (que según la fórmula de Fuller están en litros).

**Figura 230** Formato de unidades en tabla de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

En la tabla de planificación se pueden apreciar todos los parámetros que muestran la información básica utilizada para la cuantificación de los elementos y cantidad de materiales de concreto (Figura231). La tabla de planificación contiene demasiada información, se recomienda ordenarla y activar la opción de “Totales generales” para tener una tabla reducida (Figura 232).

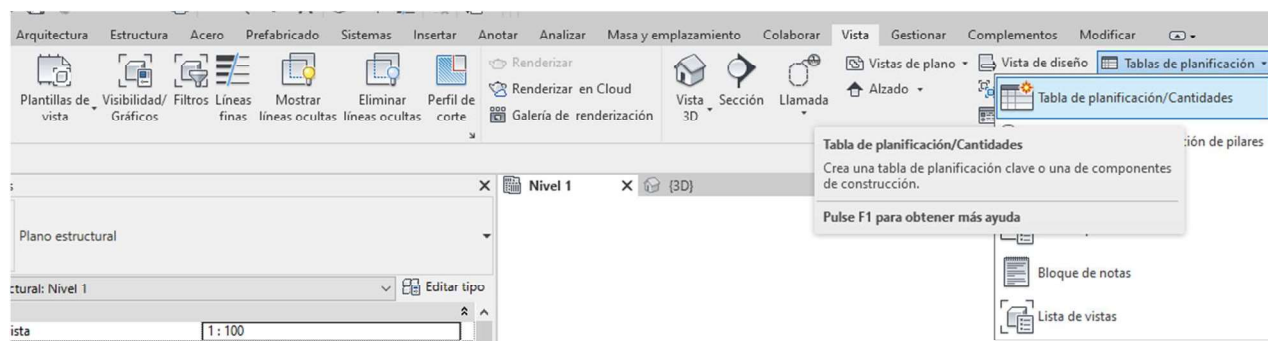




#### 4.7.10.2 Cuantificación de acero

Para la cuantificación del acero de refuerzo se utilizará la “Tabla de planificación /Cantidades” para la extracción de las cantidades de acero por quintal y por varillas (Figura 233).

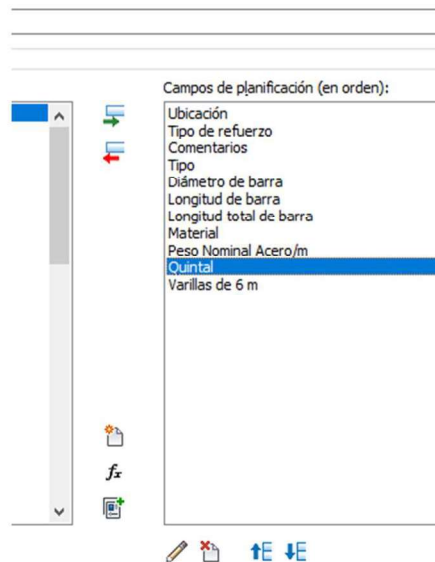
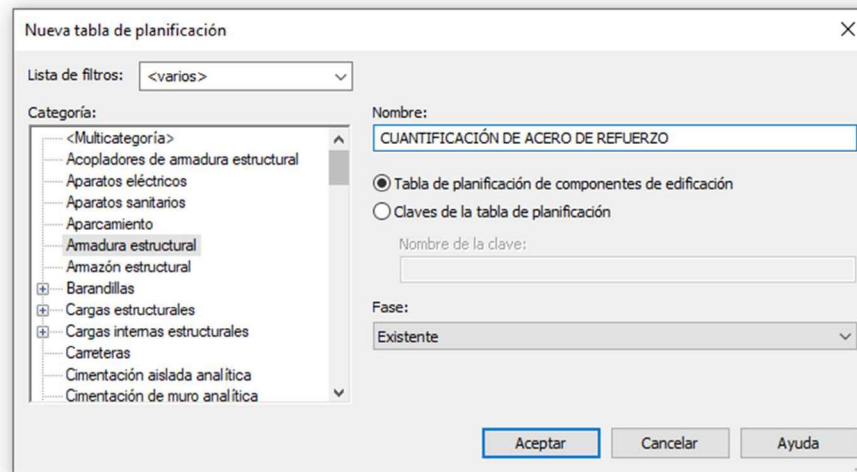
**Figura 233** Pestaña de vista para tabla de planificación y cantidades



Fuente: Elaboración propia, Autodesk Revit

En categoría se selecciona “Armadura estructural”, se le asigna un nombre y en fase se elige “Existente”, debido a que el modelado lo asignamos a esa fase. Se crea un parámetro calculado para el Quintal de acero seleccionando la Disciplina “Estructural”, en Tipo “Masa” y utilizamos la fórmula “([Peso Nominal Acero/m] \* Longitud total de barra) / 45.35”. Para las varillas de 6 m, se crea un parámetro calculado con Disciplina “Común”, Tipo “Número” y en fórmula “Longitud total de barra/6 m” (Figura 234).

**Figura 234** Nueva tabla y campos de planificación para el cálculo del refuerzo de acero



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se pueden elegir los parámetros que más se adecuen al proyecto que se trabaja, en este caso se escogieron los que se muestran en la tabla de cuantificación de acero.



Figura 235 Tablas de planificación del acero de refuerzo

<QUANTIFICACIÓN DE ACERO DE REFUERZO>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios	Tipo	Diámetro de barra	Longitud de barra	Longitud total de barra	Material	Peso Nominal Acero	Quintal	Varillas de 6 m
Nivel 01	Eslabón en Columnas	Eslabón en C1	#3_C1_N01	3/8"	0.87 m	556.80 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	6.88	92.80
Nivel 02	Eslabón en Columnas	Eslabón en C1	#3_C1_N02	3/8"	0.87 m	417.60 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	5.18	69.60
Nivel 03	Eslabón en Columnas	Eslabón en C1	#3_C1_N03	3/8"	0.87 m	417.60 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	5.18	69.60
Nivel 01	Eslabón en Columnas	Eslabón en C2	#3_C2_N01	3/8"	0.87 m	2115.84 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	26.13	352.64
Nivel 02	Eslabón en Columnas	Eslabón en C2	#3_C2_N02	3/8"	0.87 m	1586.88 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	19.60	264.48
Nivel 03	Eslabón en Columnas	Eslabón en C2	#3_C2_N03	3/8"	0.87 m	1586.88 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	19.60	264.48
Nivel 01	Eslabón en Columnas	Eslabón en C3	#3_C3_N01	3/8"	0.87 m	445.44 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	5.50	74.24
Nivel 02	Eslabón en Columnas	Eslabón en C3	#3_C3_N02	3/8"	0.87 m	334.08 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	4.13	55.68
Nivel 03	Eslabón en Columnas	Eslabón en C3	#3_C3_N03	3/8"	0.87 m	334.08 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	4.13	55.68
						7795.20 m			96.26	1299.20
						7795.20 m			96.26	1299.20
Eslabón en Columnas						7795.20 m			96.26	1299.20
Nivel 01	Escribo en VA	Refuerzo en VA	#3_Escalera_VA1_N01	3/8"	1.36 m	223.04 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	2.75	37.17
Nivel 01	Escribo en VA	Refuerzo en VA	#3_Escalera_VA1_N01	3/8"	1.36 m	55.76 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	0.69	9.29
Nivel 02	Escribo en VA	Refuerzo en VA	#3_Escalera_VA1_N02	3/8"	1.36 m	167.28 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	2.07	27.88
						446.08 m			5.51	74.35
Escribo en VA						446.08 m			5.51	74.35
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#3_C1_N03	3/8"	<varía>	206.10 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	2.55	34.35
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#3_C2_N03	3/8"	<varía>	783.18 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	9.67	130.53
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#3_C3_N03	3/8"	<varía>	164.88 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	2.04	27.48
						1154.16 m			14.25	192.36
						1154.16 m			14.25	192.36
Escribo en VA						1154.16 m			14.25	192.36
Nivel 01	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C1_N01	1/2"	<varía>	936.85 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	20.53	156.14
Nivel 02	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C1_N02	1/2"	<varía>	754.05 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	16.53	125.68
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C1_N03	1/2"	<varía>	548.40 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	12.02	91.40
Nivel 01	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C2_N01	1/2"	<varía>	3560.03 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	78.03	563.34
Nivel 02	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C2_N02	1/2"	<varía>	2865.39 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	62.80	477.57
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C2_N03	1/2"	<varía>	2083.92 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	45.68	347.32
Nivel 01	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C3_N01	1/2"	<varía>	749.48 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	16.43	124.91
Nivel 02	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C3_N02	1/2"	<varía>	603.24 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	13.22	100.54
Nivel 03	Escribos en Columnas	<varía>	#4_C3_N03	1/2"	<varía>	438.72 m	Acero Fy=Grado 60	0.99	9.62	73.12
						12540.08 m			274.86	2090.01
Escribo en Columnas						12540.08 m			274.86	2090.01
						13694.24 m			289.11	2282.37
Escribo en Nervios						13694.24 m			289.11	2282.37
Nivel 01	Escribos en Nervios	Losa Primer Entrepiso	#2_Nervio_N01	1/4"	<varía>	34665.48 m	Acero Fy=Grado 33	0.25	190.34	5777.58
Nivel 02	Escribos en Nervios	Losa Segundo Entrepiso	#2_Nervio_N02	1/4"	0.82 m	39201.74 m	Acero Fy=Grado 33	0.25	215.24	6533.62
Nivel 03	Escribos en Nervios	Losa Final Tercer Entrepiso	#2_Nervio_N03	1/4"	0.82 m	40514.56 m	Acero Fy=Grado 33	0.25	222.45	6752.43
						114381.78 m			628.03	19163.63
Escribo en Nervios						114381.78 m			628.03	19163.63
Cimentación						114381.78 m			628.03	19163.63
Escribo en SA						1625.40 m			20.07	270.90
						1625.40 m			20.07	270.90
Escribo en SA						1625.40 m			20.07	270.90
Nivel 01	Escribos en VA1	Refuerzo en VA1	#3_Escalera_VA1_N01	3/8"	1.66 m	152.72 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	1.89	25.45
Nivel 02	Escribos en VA1	Refuerzo en VA1	#3_Escalera_VA1_N02	3/8"	1.66 m	152.72 m	Acero Fy=Grado 60	0.56	1.89	25.45
						305.44 m			3.77	50.91
Escribo en VA						305.44 m			3.77	50.91

<b>Estrijos en VA1</b>										305.44 m	3.77	50.91
Nivel 01	Estrijos en VA2	Refuerzo en VA2	#3_Escalera_VA2_N01	1.66 m	152.72 m	Acero fy=Grado 60	0.56	1.89	25.45			
Nivel 02	Estrijos en VA2	Refuerzo en VA2	#3_Escalera_VA2_N02	1.66 m	149.40 m	Acero fy=Grado 60	0.56	1.84	24.90			
<b>Estrijos en VA2</b>										302.12 m	3.73	50.35
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-1	#3_V-1_N01	<varia>	1220.91 m	Acero fy=Grado 60	0.56	15.08	203.49			
Nivel 02	Estrijos en Vigas	V-1	#3_V-1_N02	<varia>	1297.35 m	Acero fy=Grado 60	0.56	16.02	216.23			
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-2	#3_V-2_N01	2.06 m	1281.32 m	Acero fy=Grado 60	0.56	15.82	213.55			
Nivel 02	Estrijos en Vigas	V-2	#3_V-2_N02	<varia>	1365.30 m	Acero fy=Grado 60	0.56	16.86	227.55			
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-3	#3_V-3_N01	2.06 m	1153.60 m	Acero fy=Grado 60	0.56	14.25	192.27			
Nivel 02	Estrijos en Vigas	V-3	#3_V-3_N02	<varia>	1305.12 m	Acero fy=Grado 60	0.56	16.12	217.52			
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-4	#3_V-4_N01	1.86 m	916.98 m	Acero fy=Grado 60	0.56	11.32	152.83			
Nivel 02	Estrijos en Vigas	V-4	#3_V-4_N02	1.86 m	989.52 m	Acero fy=Grado 60	0.56	12.22	164.92			
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-5	#3_V-5_N01	2.06 m	1038.24 m	Acero fy=Grado 60	0.56	12.82	173.04			
Nivel 02	Estrijos en Vigas	V-5	#3_V-5_N02	2.06 m	1124.76 m	Acero fy=Grado 60	0.56	13.89	187.46			
Nivel 03	Estrijos en Vigas	V-6	#3_V-6_N03	<varia>	1285.56 m	Acero fy=Grado 60	0.56	15.87	214.26			
Nivel 01	Estrijos en Vigas	V-7	#3_V-7_N03	2.06 m	1351.36 m	Acero fy=Grado 60	0.56	16.69	225.23			
Nivel 03	Estrijos en Vigas	V-8	#3_V-8_N03	<varia>	1263.92 m	Acero fy=Grado 60	0.56	15.61	210.65			
Nivel 03	Estrijos en Vigas	V-9	#3_V-9_N03	1.86 m	985.80 m	Acero fy=Grado 60	0.56	12.17	164.30			
Nivel 03	Estrijos en Vigas	V-10	#3_V-10_N03	2.06 m	1116.52 m	Acero fy=Grado 60	0.56	13.79	185.09			
<b>Estrijos en Vigas</b>										17696.26 m	218.52	2949.38
Nivel 01	Estrijos en VP	VP	#3_VP_N01	1.36 m	2422.16 m	Acero fy=Grado 60	0.56	29.91	403.69			
Nivel 02	Estrijos en VP	VP	#3_VP_N02	1.36 m	2503.76 m	Acero fy=Grado 60	0.56	30.92	417.29			
Nivel 03	Estrijos en VP	VP	#3_VP_N03	1.36 m	2505.12 m	Acero fy=Grado 60	0.56	30.93	417.52			
<b>Estrijos en VP</b>										7431.04 m	91.76	1238.51
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C2	#6_C2_N03	<varia>	726.37 m	Acero fy=Grado 60	2.24	35.80	121.06			
Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C3	#6_C3_N02	4.23 m	135.36 m	Acero fy=Grado 60	2.24	6.67	22.56			
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C3	#6_C3_N03	<varia>	152.92 m	Acero fy=Grado 60	2.24	7.54	25.49			
<b>Estrijos en Columnas</b>										1014.65 m	50.01	169.11
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C1	#7_C1_N03	<varia>	191.20 m	Acero fy=Grado 60	3.04	12.83	31.87			
Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C2	#7_C2_N01	<varia>	1116.77 m	Acero fy=Grado 60	3.04	74.91	106.13			
Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C2	#7_C2_N02	4.23 m	642.96 m	Acero fy=Grado 60	3.04	43.13	107.16			
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C2	#7_C2_N03	<varia>	726.56 m	Acero fy=Grado 60	3.04	48.74	121.09			
Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C3	#7_C3_N01	<varia>	232.90 m	Acero fy=Grado 60	3.04	15.62	38.82			
Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C3	#7_C3_N02	4.23 m	135.36 m	Acero fy=Grado 60	3.04	9.08	22.56			
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C3	#7_C3_N03	<varia>	152.96 m	Acero fy=Grado 60	3.04	10.26	25.49			
<b>Estrijos en Columnas</b>										3198.71 m	214.56	533.12
Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C1	#8_C1_N01	<varia>	290.83 m	Acero fy=Grado 60	3.97	25.48	48.47			
Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C1	#8_C1_N02	4.23 m	169.20 m	Acero fy=Grado 60	3.97	14.82	28.20			
Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C1	#8_C1_N03	<varia>	190.40 m	Acero fy=Grado 60	3.97	16.68	31.73			
Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C2	#8_C2_N01	<varia>	1115.10 m	Acero fy=Grado 60	3.97	97.69	165.85			
Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C2	#8_C2_N02	4.23 m	642.96 m	Acero fy=Grado 60	3.97	56.33	107.16			
Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C3	#8_C3_N01	<varia>	232.59 m	Acero fy=Grado 60	3.97	20.38	38.77			
<b>Estrijos en Columnas</b>										2641.08 m	231.38	440.18



Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-1	#7_V-1_N01	7/8"	<var>	708.72 m	Acero fy=Grado 60	3.04	47.54	118.12
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-1	#7_V-1_N02	7/8"	<var>	729.10 m	Acero fy=Grado 60	3.04	48.92	121.55
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	#7_V-2_N01	7/8"	<var>	292.78 m	Acero fy=Grado 60	3.04	19.84	48.80
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	#7_V-2_N02	7/8"	<var>	300.00 m	Acero fy=Grado 60	3.04	20.12	50.00
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-3	#7_V-3_N01	7/8"	6.00 ft	72.00 m	Acero fy=Grado 60	3.04	4.83	12.00
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-3	#7_V-3_N02	7/8"	<var>	422.98 m	Acero fy=Grado 60	3.04	29.04	72.16
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-4	#7_V-4_N01	7/8"	<var>	454.72 m	Acero fy=Grado 60	3.04	30.50	75.79
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-4	#7_V-4_N02	7/8"	<var>	232.00 m	Acero fy=Grado 60	3.04	15.60	38.75
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	#7_V-5_N01	7/8"	<var>	239.72 m	Acero fy=Grado 60	3.04	16.08	39.95
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	#7_V-5_N02	7/8"	<var>	600.72 m	Acero fy=Grado 60	3.04	40.28	100.02
Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-6	#7_V-6_N03	7/8"	<var>	456.04 m	Acero fy=Grado 60	3.04	30.55	76.01
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-7	#7_V-7_N03	7/8"	<var>	240.20 m	Acero fy=Grado 60	3.04	16.11	40.03
Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-8	#7_V-8_N03	7/8"	<var>	407.40 m	Acero fy=Grado 60	3.04	27.33	67.92
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-9	#7_V-9_N03	7/8"	<var>	479.02 m	Acero fy=Grado 60	3.04	32.17	79.94
Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-10	#7_V-10_N03	7/8"	<var>	5718.20 m	Acero fy=Grado 60	3.04	383.57	953.03
5718.20 m										
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-1	#8_V-1_N01	1"	<var>	141.52 m	Acero fy=Grado 60	3.97	12.40	23.59
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-1	#8_V-1_N02	1"	<var>	43.04 m	Acero fy=Grado 60	3.97	3.77	7.17
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	#8_V-2_N01	1"	<var>	235.02 m	Acero fy=Grado 60	3.97	20.55	39.17
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	#8_V-2_N02	1"	<var>	241.52 m	Acero fy=Grado 60	3.97	21.16	40.35
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-3	#8_V-3_N01	1"	<var>	721.46 m	Acero fy=Grado 60	3.97	63.21	120.24
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-3	#8_V-3_N02	1"	<var>	776.02 m	Acero fy=Grado 60	3.97	67.95	129.34
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-4	#8_V-4_N01	1"	<var>	224.02 m	Acero fy=Grado 60	3.97	19.70	37.47
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-4	#8_V-4_N02	1"	<var>	239.14 m	Acero fy=Grado 60	3.97	20.97	39.89
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	#8_V-5_N01	1"	<var>	341.24 m	Acero fy=Grado 60	3.97	29.90	56.87
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	#8_V-5_N02	1"	<var>	355.40 m	Acero fy=Grado 60	3.97	31.14	59.23
Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-8	#8_V-8_N03	1"	<var>	324.00 m	Acero fy=Grado 60	3.97	28.38	54.00
3643.38 m										
319.19										
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	#9_V-2_N01	1 1/8"	<var>	86.18 m	Acero fy=Grado 60	5.06	9.62	14.36
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	#9_V-2_N02	1 1/8"	<var>	99.14 m	Acero fy=Grado 60	5.06	11.06	16.52
Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	#9_V-5_N01	1 1/8"	<var>	79.94 m	Acero fy=Grado 60	5.06	8.92	13.32
Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	#9_V-5_N02	1 1/8"	<var>	94.48 m	Acero fy=Grado 60	5.06	10.54	15.75
359.74 m										
11664.02 m										
829.90										
Nivel 01	Longitudinal en VP	VP	#6_VP_N01	3/4"	<var>	2255.44 m	Acero fy=Grado 60	2.24	111.05	375.91
Nivel 02	Longitudinal en VP	VP	#6_VP_N02	3/4"	<var>	2320.24 m	Acero fy=Grado 60	2.24	114.35	386.71
Nivel 03	Longitudinal en VP	VP	#6_VP_N03	3/4"	<var>	2320.24 m	Acero fy=Grado 60	2.24	114.35	386.71
6895.92 m										
1149.32										
Longitudinal en VP	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	<var>	6895.92 m	Acero fy=Grado 60	3.04	339.85	1149.32
3953.48 m										
285.19										
658.91										
658.91										
Refuerzo Zapata	Nivel 01	Reliezo en Escalera	Amado de Escalera	3/8"	<var>	842.36 m	Acero fy=Grado 60	0.56	10.40	140.35
Nivel 02	Reliezo en Escalera	Amado de Escalera	#2_Escalera_N01	3/8"	<var>	842.36 m	Acero fy=Grado 60	0.56	10.40	140.35
1684.72 m										
1684.72 m										
20.80										
280.79										
5762.23										
306685.71 m										

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se puede organizar y ocultar columnas para una mejor presentación. También se calcularon los totales de Quintales y las varillas de 6 metros de longitud (Figura 236).

**Figura 236** Tabla de armadura ordenada por diámetro, material, quinta y varillas

A	B	C	D
Diámetro de barra	Material	Quinta	Varillas de 6 m
1/4"	Acero fy=Grado 33	627.78	19055.98
		627.78	19055.98
3/8"	Acero fy=Grado 60	658.29	8884.97
		658.29	8884.97
1/2"	Acero fy=Grado 60	2314.60	17600.13
		2314.60	17600.13
5/8"	Acero fy=Grado 60	89.98	438.23
		89.98	438.23
3/4"	Acero fy=Grado 60	551.58	1865.33
		551.58	1865.33
7/8"	Acero fy=Grado 60	887.23	2204.46
		887.23	2204.46
1"	Acero fy=Grado 60	550.43	1047.15
		550.43	1047.15
1 1/8"	Acero fy=Grado 60	91.39	136.52
		91.39	136.52
		5771.28	51232.78

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

#### 4.7.10.3 Cuantificación de muros

Para la cuantificación de muros se hace el mismo procedimiento, se genera una tabla de planificación/cantidades y se eligen Muros. Para el caso de estudio solo se modelaron los muros ubicados en los módulos de gradas y son de mampostería estructural. Se crean los parámetros de Cantidad de Block por 1 metro cuadrado utilizando la fórmula = Área\*13.5 (Figura 237).

**Figura 237** Tabla de cuantificación de muros

A	B	C	D	E	F	G	H
Código de montaje	Descripción de montaje	Comentarios de tipo	Familia	Ubicación	Área	Material estructural	Cantidad de Block
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 01	137 m²	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm2)	1844
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 02	56 m²	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm2)	752
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 03	55 m²	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm2)	739
Total general					247 m²		3335

Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

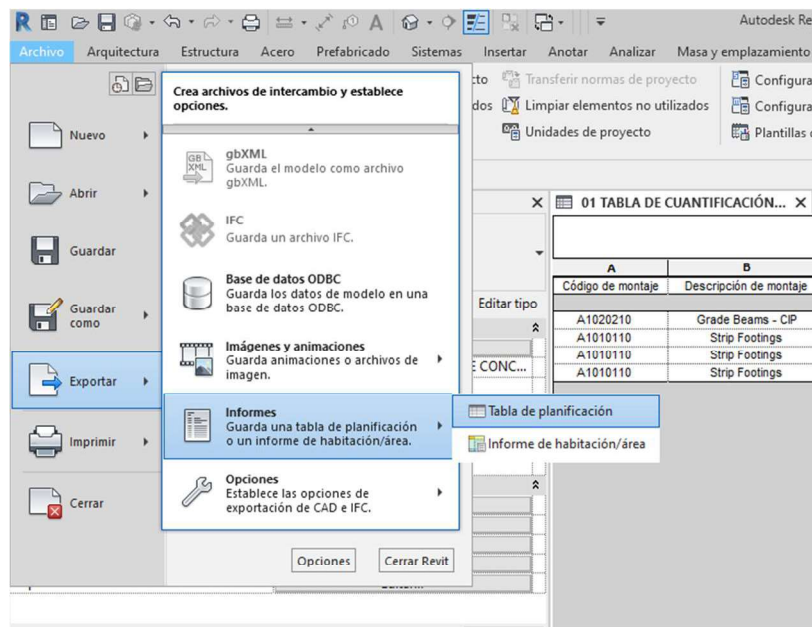
#### 4.7.11 Exportación de tablas de planificación o cuantificación

Cuando se realiza la cuantificación y presupuesto de un proyecto con la metodología BIM es recomendable entender las herramientas con la que se trabajan para poder establecer una estrategia capaz de generar información válida y funcional. En capítulos anteriores se mencionó que existen varios tipos de softwares BIM que se utiliza para la creación del presupuesto de un proyecto.

Si se decide utilizar Revit como herramienta BIM para el modelado, se usa el modelo paramétrico para generar y extraer información y Microsoft Excel para importar la tabla de cuantificación y realizar un presupuesto, es necesario organizar la información en función de las necesidades del proyecto.

En capítulos anteriores se explicó la forma de exportar tablas de planificación a Excel. En la pestaña de “Archivos”, en la opción “Exportar”, seleccionamos “Informes” y luego en “Tabla de planificación” (Figura 238).

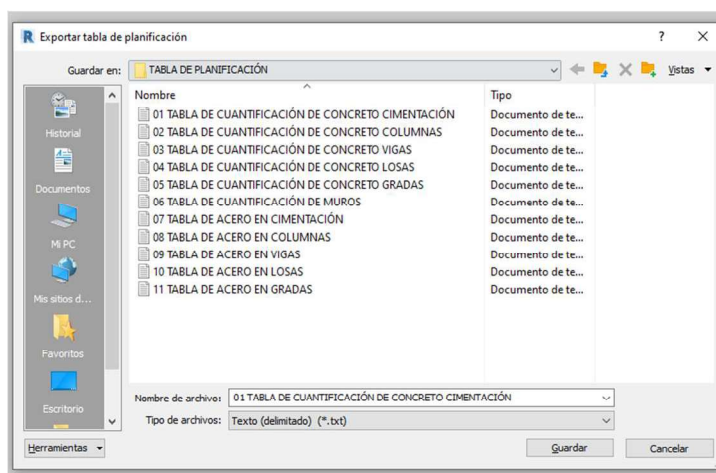
**Figura 238** Pestaña para exportar tablas de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Se procede a guardar cada tabla de planificación en formato de Texto (delimitado) para importarlo a Excel. También se puede guardar en formato CSV (delimitado), quedando a criterio la forma en cómo se quiere exportar las tablas de planificación (Figura 239).

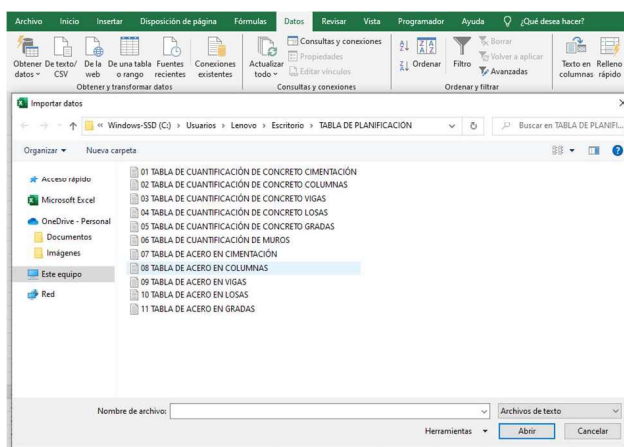
**Figura 239** Ventana para guardar tablas de planificación



Fuente: Elaboración propia, AutoDesk Revit

Para importar las tablas a Excel, se selecciona la pestaña “Datos” y en “De texto/CSV” y se elige la tabla una por una (Figura 240).

**Figura 240** Ventana para importar tablas de planificación a Excel



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

Figura 241 Tablas de cuantificación en Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
01	TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE CONCRETO CIMENTACIÓN									
	Código de montaje									
	Descripción de montaje	Ubicación	Recuento	Comentarios de tipo	Volumen Total	Material: Nombre	Bolsas de Cemento	M3 de arena	M3 de piedrin	Agua
5	A1020210	Grade Beams - CIP	42	SA	34.82	Concreto Fc=4,000 PSI	334.29	8.94	26.83	190.54
6	A1010110	Strip Footings	4	Z1	60.92	Concreto Fc=4,000 PSI	584.79	15.64	46.93	333.33
7	A1010110	Strip Footings	20	Z2	232.42	Concreto Fc=4,000 PSI	2231.20	59.68	179.05	1271.78
8	A1010110	Strip Footings	4	Z3	35.11	Concreto Fc=4,000 PSI	337.03	9.02	27.05	192.11
9			70		363.26		3487.31	93.29	279.86	1987.77
10	Total general		70		363.26		3487.31	93.29	279.86	1987.77

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
02	TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE CONCRETO COLUMNAS									
	Código de montaje									
	Descripción de montaje	Ubicación	Comentarios de tipo	Material: Volumen	Material: Nombre	Recuento	Bolsas de Cemento	M3 de arena	M3 de piedrin	Agua
5	B1010240	Columnns - CIP	C1	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
6	B1010240	Columnns - CIP	C1	1.84	Concreto Fc=4,000 PSI	4	17.64	0.47	1.42	10.05
7	B1010240	Columnns - CIP	C2	35.18	Concreto Fc=4,000 PSI	21	337.75	9.03	27.10	192.52
8	B1010240	Columnns - CIP	C2	9.16	Concreto Fc=4,000 PSI	19	87.96	2.35	7.06	50.14
9	B1010240	Columnns - CIP	C3	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
10	B1010240	Columnns - CIP	C3	1.86	Concreto Fc=4,000 PSI	4	17.88	0.48	1.43	10.19
11				61.96		56	594.82	15.91	47.73	339.05
12	B1010240	Columnns - CIP	C1	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
13	B1010240	Columnns - CIP	C2	34.79	Concreto Fc=4,000 PSI	20	333.98	8.93	26.80	190.37
14	B1010240	Columnns - CIP	C3	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
15				48.71		28	467.58	12.51	37.52	266.52
16	B1010240	Columnns - CIP	C1	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
17	B1010240	Columnns - CIP	C2	34.79	Concreto Fc=4,000 PSI	20	333.98	8.93	26.80	190.37
18	B1010240	Columnns - CIP	C3	6.96	Concreto Fc=4,000 PSI	4	66.80	1.79	5.36	38.07
19				48.71		28	467.58	12.51	37.52	266.52
20	Total general			159.37		112	1529.98	40.93	122.78	872.09
21										



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Column1	Column2	Column	Column	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
03 TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE CONCRETO VIGAS	Descripción de montaje	Ubicación	Recuento	Comentarios de tipo	Material: Volumen	Material: Nombre	Bolsas de Cemento	M3 de arena	M3 de piedra	Agua
Código de montaje										
1										
2										
3										
4										
5	B1010310	Beams - CIP	14	V1	18.70	Concreto f'c = 4,000 PSI	179.50	4.80	14.41	102.32
6	B1010310	Beams - CIP	14	V2	20.07	Concreto f'c = 4,000 PSI	192.67	5.15	15.46	109.82
7	B1010310	Beams - CIP	18	V3	16.40	Concreto f'c = 4,000 PSI	157.46	4.21	12.64	89.75
8	B1010310	Beams - CIP	12	V4	14.16	Concreto f'c = 4,000 PSI	135.91	3.64	10.91	77.47
9	B1010310	Beams - CIP	12	V5	16.33	Concreto f'c = 4,000 PSI	156.81	4.19	12.58	89.38
10	B1010310	Beams - CIP	2	VA1	2.61	Concreto f'c = 4,000 PSI	25.02	0.67	2.01	14.26
11	B1010310	Beams - CIP	2	VA2	2.58	Concreto f'c = 4,000 PSI	24.77	0.66	1.99	14.12
12	B1010310	Beams - CIP	8	VP	26.83	Concreto f'c = 4,000 PSI	257.58	6.89	20.67	146.82
13			82		117.68		1129.73	30.22	90.66	643.94
14	B1010310	Beams - CIP	14	V1	19.49	Concreto f'c = 4,000 PSI	187.08	5.00	15.01	106.64
15	B1010310	Beams - CIP	14	V2	20.88	Concreto f'c = 4,000 PSI	200.45	5.36	16.09	114.26
16	B1010310	Beams - CIP	18	V3	17.62	Concreto f'c = 4,000 PSI	169.13	4.52	13.57	96.40
17	B1010310	Beams - CIP	12	V4	14.86	Concreto f'c = 4,000 PSI	142.65	3.82	11.45	81.31
18	B1010310	Beams - CIP	12	V5	17.14	Concreto f'c = 4,000 PSI	164.59	4.40	13.21	93.82
19	B1010310	Beams - CIP	2	VA1	2.60	Concreto f'c = 4,000 PSI	24.98	0.67	2.00	14.24
20	B1010310	Beams - CIP	2	VA2	2.60	Concreto f'c = 4,000 PSI	24.93	0.67	2.00	14.21
21	B1010310	Beams - CIP	8	VP	27.61	Concreto f'c = 4,000 PSI	265.03	7.09	21.27	151.07
22			82		122.80		1178.84	31.53	94.60	671.94
23	B1010310	Beams - CIP	3	V3	2.94	Concreto f'c = 4,000 PSI	28.19	0.75	2.26	16.07
24	B1010310	Beams - CIP	14	V6	19.49	Concreto f'c = 4,000 PSI	187.08	5.00	15.01	106.64
25	B1010310	Beams - CIP	14	V7	20.88	Concreto f'c = 4,000 PSI	200.45	5.36	16.09	114.26
26	B1010310	Beams - CIP	15	V8	14.68	Concreto f'c = 4,000 PSI	140.94	3.77	11.31	80.33
27	B1010310	Beams - CIP	12	V9	14.86	Concreto f'c = 4,000 PSI	142.65	3.82	11.45	81.31
28	B1010310	Beams - CIP	12	V10	17.14	Concreto f'c = 4,000 PSI	164.59	4.40	13.21	93.82
29	B1010310	Beams - CIP	8	VP	27.61	Concreto f'c = 4,000 PSI	265.03	7.09	21.27	151.07
30			78		117.60		1128.93	30.20	90.60	643.49
31	Total general		242		358.07		3437.49	91.95	275.86	1959.37

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
04	TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE CONCRETO LOSAS									
Código de montaje	Descripción de montaje	Ubicación	Recuento	Comentarios de tipo	Material: Volumen	Material: Nombre	Bolsas de Cemento	M3 de arena	M3 de piedrín	Agua
B1010418	CIP Slabs - Waffle	Nivel 01	48	Capa de concreto f'c=0.07 m	99.60	Concreto f'c = 4,000 PSI	956.15	25.58	76.73	545.00
B1010310	Beams - CIP	Nivel 01	963	Nervio en Losa Primer Entrepiso	169.43	Concreto f'c = 4,000 PSI	1626.53	43.51	130.53	927.12
			1011		269.03		2582.68	69.09	207.26	1472.12
B1010418	CIP Slabs - Waffle	Nivel 02	48	Capa de concreto f'c=0.07 m	110.42	Concreto f'c = 4,000 PSI	1060.04	28.36	85.07	604.23
B1010310	Beams - CIP	Nivel 02	1015	Nervio en Losa Segundo Entrepiso	190.36	Concreto f'c = 4,000 PSI	1827.43	48.88	146.65	1041.63
			1063		300.78		2887.47	77.24	231.72	1645.86
B1010418	CIP Slabs - Waffle	Nivel 03	42	Capa de concreto f'c=0.07 m	115.08	Concreto f'c = 4,000 PSI	1104.77	29.55	88.66	629.72
B1010310	Beams - CIP	Nivel 03	957	Nervio en Losa Final	198.10	Concreto f'c = 4,000 PSI	1901.79	50.87	152.62	1084.02
			999		313.18		3006.55	80.43	241.28	1713.74
Total general			3073		882.99		8476.70	226.75	680.26	4831.72

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
05	TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE CONCRETO GRADAS									
Código de montaje	Descripción de montaje	Ubicación	Recuento	Comentarios de tipo	Material: Volumen	Material: Nombre	Bolsas de Cemento	M3 de arena	M3 de piedrín	Agua
C2010110	Stairs - CIP	Nivel 01	2	Escalera	9.86	Concreto f'c = 4,000 PSI	94.61	2.53	7.59	53.93
B1010310	Beams - CIP	Nivel 01	4	VA	2.34	Concreto f'c = 4,000 PSI	22.46	0.60	1.80	12.80
			6		12.20		117.07	3.13	9.40	66.73
C2010110	Stairs - CIP	Nivel 02	2	Escalera	9.88	Concreto f'c = 4,000 PSI	95.80	2.56	7.69	54.60
B1010310	Beams - CIP	Nivel 02	4	VA	2.28	Concreto f'c = 4,000 PSI	21.89	0.59	1.76	12.48
			6		12.26		117.69	3.15	9.44	67.08
Total general			12		24.45		234.76	6.28	18.84	133.81

A	B	C	D	E	F	G	H
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8
06	TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MUROS						
Código de montaje	Descripción de montaje	Comentarios de tipo	Familia	Ubicación	Área	Material estructural	Cantidad de Block
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 01	137 m <sup>2</sup>	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm <sup>2</sup> )	1844
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 02	56 m <sup>2</sup>	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm <sup>2</sup> )	752
C1010110	Partitions - Brick, Solid	Muro M1	Muro básico	Nivel 03	55 m <sup>2</sup>	Block Clase B - 19x19x39 cm (100 kg/cm <sup>2</sup> )	739
Total general					247 m <sup>2</sup>		3335

	A	B	C	D	E
1	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
2	<b>07 TABLA DE ACERO EN CIMENTACIÓN</b>				
3	Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios	Diámetro de barra	Varillas 6 mts
4					
5	#3_SA				
6	Cimentación	Estribos en SA	Solera de Amarre SA	3/8"	266.63
7					266.63
8	#5_SA				
9	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	5/8"	63.52
10	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	5/8"	63.80
11	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	5/8"	132.56
12					259.88
13					
14	#6_SA				
15	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	3/4"	63.94
16	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	3/4"	128.15
17	Cimentación	Longitudinal en SA	Solera de Amarre SA	3/4"	64.21
18					256.30
19	#7_Zapata				
20	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	8.74
21	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	61.59
22	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	11.22
23	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	22.68
24	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	34.10
25	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	387.52
26	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	11.99
27	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	12.08
28	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	16.37
29	Cimentación	Refuerzo Zapata	Zapata	7/8"	82.25
30					648.54
31	Total general				1431.35
32					

	A	B	C	D	E
1	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
2	08 TABLA DE ACERO EN COLUMNAS				
3	Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios de tipo	Diámetro de barra	Varillas 6 mts
4					
5	Nivel 01	Eslabón en Columnas	C1	3/8"	91.34
6	Nivel 02	Eslabón en Columnas	C1	3/8"	68.50
7	Nivel 03	Eslabón en Columnas	C1	3/8"	68.50
8	Nivel 01	Eslabón en Columnas	C2	3/8"	347.09
9	Nivel 02	Eslabón en Columnas	C2	3/8"	260.31
10	Nivel 03	Eslabón en Columnas	C2	3/8"	260.31
11	Nivel 01	Eslabón en Columnas	C3	3/8"	73.07
12	Nivel 02	Eslabón en Columnas	C3	3/8"	54.80
13	Nivel 03	Eslabón en Columnas	C3	3/8"	54.80
14					1278.74
15	Eslabón en Columnas: 1120				1278.74
16	Nivel 03	Estribos en Columnas	C1	3/8"	33.81
17	Nivel 03	Estribos en Columnas	C2	3/8"	128.47
18	Nivel 03	Estribos en Columnas	C3	3/8"	27.05
19					189.33
20	Nivel 01	Estribos en Columnas	C1	1/2"	153.68
21	Nivel 02	Estribos en Columnas	C1	1/2"	123.70
22	Nivel 03	Estribos en Columnas	C1	1/2"	89.96
23	Nivel 01	Estribos en Columnas	C2	1/2"	583.99
24	Nivel 02	Estribos en Columnas	C2	1/2"	470.04
25	Nivel 03	Estribos en Columnas	C2	1/2"	341.85
26	Nivel 01	Estribos en Columnas	C3	1/2"	122.95
27	Nivel 02	Estribos en Columnas	C3	1/2"	98.96
28	Nivel 03	Estribos en Columnas	C3	1/2"	71.97
29					2057.10
30	Estribos en Columnas: 728				2246.43
31	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C2	3/4"	119.16
32	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C3	3/4"	22.20
33	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C3	3/4"	25.09
34					166.45
35	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C1	7/8"	31.36
36	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C2	7/8"	183.20
37	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C2	7/8"	105.47
38	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C2	7/8"	119.19
39	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C3	7/8"	38.21
40	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C3	7/8"	22.20
41	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C3	7/8"	25.09
42					524.72
43	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C1	1"	47.71
44	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C1	1"	27.76
45	Nivel 03	Longitudinal en Columnas	C1	1"	31.23
46	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C2	1"	182.92
47	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C2	1"	105.47
48	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C3	1"	38.15
49					433.25
50	Nivel 01	Longitudinal en Columnas	C1	1 1/8"	47.60
51	Nivel 02	Longitudinal en Columnas	C1	1 1/8"	27.76
52					75.36
53	Longitudinal en Columnas: 1344				1199.77
54	Total general				4724.94

	A	B	C	D	E
1	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
2	09 TABLA DE ACERO EN VIGAS				
3	Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios de tipo	Diámetro de barra	Varillas 6 mts
4					
5	Nivel 01	Estribo en VA	VA	3/8"	45.73
6	Nivel 02	Estribo en VA	VA	3/8"	27.44
7					73.18
8	Estribo en VA				73.18
9	Nivel 01	Estribos en VA1	VA	3/8"	25.05
10	Nivel 02	Estribos en VA1	VA-1	3/8"	25.05
11					50.10
12	Estribos en VA1				50.10
13	Nivel 01	Estribos en VA2	VA-2	3/8"	25.05
14	Nivel 02	Estribos en VA2	VA-2	3/8"	24.51
15					49.56
16	Estribos en VA2				49.56
17	Nivel 01	Estribos en Vigas	V-1	3/8"	200.28
18	Nivel 02	Estribos en Vigas	V-1	3/8"	212.82
19	Nivel 01	Estribos en Vigas	V-2	3/8"	210.19
20	Nivel 02	Estribos en Vigas	V-2	3/8"	223.97
21	Nivel 01	Estribos en Vigas	V-3	3/8"	189.24
22	Nivel 02	Estribos en Vigas	V-3	3/8"	214.09
23	Nivel 01	Estribos en Vigas	V-4	3/8"	150.42
24	Nivel 02	Estribos en Vigas	V-4	3/8"	162.32
25	Nivel 01	Estribos en Vigas	V-5	3/8"	170.31
26	Nivel 02	Estribos en Vigas	V-5	3/8"	184.51
27	Nivel 03	Estribos en Vigas	V-6	3/8"	210.89
28	Nivel 03	Estribos en Vigas	V-7	3/8"	221.68
29	Nivel 03	Estribos en Vigas	V-8	3/8"	207.34
30	Nivel 03	Estribos en Vigas	V-9	3/8"	161.71
31	Nivel 03	Estribos en Vigas	V-10	3/8"	183.16
32					2902.93
33	Estribos en Vigas				2902.93
34	Nivel 01	Estribos en VP	VP	3/8"	397.34
35	Nivel 02	Estribos en VP	VP	3/8"	410.72
36	Nivel 03	Estribos en VP	VP	3/8"	410.94
37					1219.00
38	Estribos en VP				1219.00
39	Nivel 01	Longitudinal en VA	VA	5/8"	47.69
40	Nivel 02	Longitudinal en VA	VA	5/8"	27.87
41					75.56
42	Longitudinal en VA				75.56
43	Nivel 01	Longitudinal en VA1	VA1	7/8"	29.19
44	Nivel 02	Longitudinal en VA1	VA1	7/8"	29.19
45					58.37
46	Longitudinal en VA1				58.37
47	Nivel 01	Longitudinal en VA2	VA2	3/4"	29.23
48	Nivel 02	Longitudinal en VA2	VA2	3/4"	29.23
49					58.45
50	Longitudinal en VA2				58.45
51	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-1	5/8"	15.75
52	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-1	5/8"	15.75
53	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-4	5/8"	10.50
54	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-4	5/8"	10.50
55	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	5/8"	10.50
56	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	5/8"	10.50
57	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-6	5/8"	5.91
58	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-7	5/8"	15.75
59					95.14

60	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	3/4"	48.71
61	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	3/4"	49.90
62	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-7	3/4"	47.24
63	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-8	3/4"	34.98
64	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-9	3/4"	15.09
65	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-10	3/4"	27.61
66					223.54
67	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-1	7/8"	116.26
68	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-1	7/8"	119.64
69	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	7/8"	48.03
70	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	7/8"	49.21
71	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-3	7/8"	11.81
72	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-3	7/8"	11.81
73	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-4	7/8"	71.03
74	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-4	7/8"	74.59
75	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	7/8"	38.14
76	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	7/8"	39.32
77	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-6	7/8"	98.44
78	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-7	7/8"	74.81
79	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-8	7/8"	39.40
80	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-9	7/8"	66.85
81	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-10	7/8"	78.68
82					938.02
83	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-1	1"	23.22
84	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-1	1"	7.06
85	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	1"	38.55
86	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	1"	39.62
87	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-3	1"	118.35
88	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-3	1"	127.30
89	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-4	1"	36.88
90	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-4	1"	39.26
91	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	1"	55.98
92	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	1"	58.30
93	Nivel 03	Longitudinal en Vigas	V-8	1"	53.15
94					597.67
95	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-2	1 1/8"	14.14
96	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-2	1 1/8"	16.26
97	Nivel 01	Longitudinal en Vigas	V-5	1 1/8"	13.11
98	Nivel 02	Longitudinal en Vigas	V-5	1 1/8"	15.50
99					59.01
100	Longitudinal en Vigas				1913.39
101	Nivel 01	Longitudinal en VP	VP	3/4"	369.99
102	Nivel 02	Longitudinal en VP	VP	3/4"	380.62
103	Nivel 03	Longitudinal en VP	VP	3/4"	380.62
104					1131.22
105	Longitudinal en VP				1131.22
106	Total general				7531.77
107					

	A	B	C	D	E
1	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
2	10 TABLA DE ACERO EN LOSAS				
3	Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios de tipo	Diámetro de barra	Varillas 6 mts
4					
5	Nivel 01	Estribos en Nervios	N	1/4"	5686.59
6	Nivel 02	Estribos en Nervios	N	1/4"	6430.73
7	Nivel 03	Estribos en Nervios	N	1/4"	6646.09
8					18763.42
9	Estribos en Nervios				18763.42
10	Nivel 03	Longitudinal en Nervio	N	3/8"	2313.84
11					2313.84
12	Nivel 01	Longitudinal en Nervio	N	1/2"	5352.65
13	Nivel 02	Longitudinal en Nervio	N	1/2"	5986.70
14	Nivel 03	Longitudinal en Nervio	N	1/2"	3928.30
15					15267.65
16	Longitudinal en Nervio				17581.49
17	Total general				36344.91
18					

	A	B	C	D	E
1	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
2	11 TABLA DE ACERO EN GRADAS				
3	Ubicación	Tipo de refuerzo	Comentarios de tipo	Diámetro de barra	Varillas 6 mts
4					
5	Nivel 01	Refuerzo en Escalera	E	3/8"	138.18
6	Nivel 02	Refuerzo en Escalera	E	3/8"	138.18
7					276.36
8	Refuerzo en Escalera				276.36
9	Total general: 28				276.36

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel

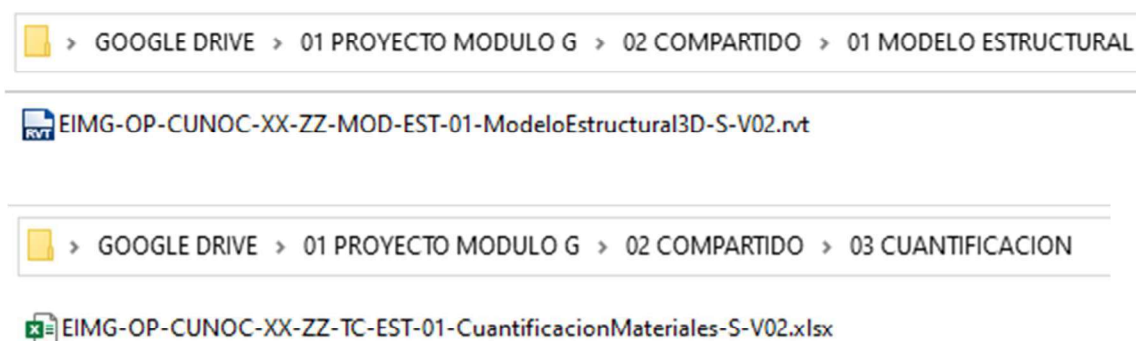
#### 4.7.12 Entregables del proyecto

Después de realizar el modelado y la gestión de la información se debe de presentar los entregables del proyecto realizado por el equipo de trabajo almacenados el entorno común de datos CDE. Los entregables se nombran de acuerdo a lo establecido en el Plan de Ejecución BIM-BEP del proyecto.

El CDE elegido según el BEP es la plataforma de Google Drive y se propuso el nombramiento de las carpetas que contienen los entregables.

Solo se presentan dos archivos almacenados en el CDE, pero pueden ser más por ejemplo planos estructurales CAD que sirvieron para exportar a Revit y generar el modelo, detalles de armado de elementos, tablas de planificación, etc. que se deben almacenar en la carpeta correspondiente a la fase y utilizar el nombramiento siguiendo el mismo procedimiento.

**Figura 242** Entregables del proyecto y estructura de carpetas



Fuente: Elaboración propia





## CONCLUSIONES

- El análisis y descripción del programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente CUNOC, ha permitido establecer los criterios para proponer cambios e incorporación de nuevos temas en el capítulo 5 después de la unidad de presupuestos y antes de programación de proyectos, que se relacionen con la metodología BIM en beneficio de los estudiantes.
- En la descripción de los prerrequisitos el curso de Costos, Presupuestos y Avalúos que establece el pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente CUNOC se observó que no existe ningún contenido que se relacione con la metodología BIM.
- Los resultados obtenidos de la investigación han permitido la integración y adaptación de los temas de introducción a la metodología BIM y la Norma ISO 19650, el modelado de la información de edificaciones de un caso de estudio, la gestión de la información del modelo BIM y la cuantificación de materiales de construcción, que servirán para aumentar la calidad del programa de estudio del curso de Costos, Presupuesto y Avalúos.
- En apoyo para desarrollar los temas propuestos incorporados al programa de estudio del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos se elaboró una guía didáctica que complementa la comprensión y aprendizaje sobre la gestión y cuantificación de materiales de construcción de edificios de concreto armado modelado con la metodología BIM y la Norma ISO 19650.



## RECOMENDACIONES

- Promover la actualización de los contenidos de los diferentes programas de cursos de la carrera de Ingeniería Civil para fomentar la implementación de la metodología BIM en las distintas áreas de especialidad.
- Impulsar y motivar a los estudiantes en la innovación tecnológica, así mismo fomentar la investigación sobre la aplicación de la metodología BIM en las distintas disciplinas de la Ingeniería Civil.
- Definir previamente los recursos disponibles antes de implementar la metodología BIM en cualquier proyecto a fin de poder desarrollar todo el trabajo de manera eficiente.
- Definir el nivel de información necesaria y apropiada de todos los elementos del modelo según los objetivos y usos BIM para obtener los resultados esperados del proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

- AEC (UK) BIM Technology. (June 2015). *Practical Implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. Version 2.1.1.*  
Recuperado el 16 de 01 de 2024, de AEC (UK) CAD & BIM Standards Site:  
<https://aecuk.wordpress.com/2015/06/19/aec-uk-bim-technology-protocol-update-published/>
- Asociación Guatemalteca de Estándares BIM. (Febrero de 2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2. Vol 1.* Recuperado el 10 de 12 de 2022, de Asociación Guatemalteca de Estándares BIM Agebim: <https://agebim.org.gt/>
- Autodesk. (s.f.). *COMPARACIÓN DEL SOFTWARE DE BIM Y CAD. REVIT Y AUTOCAD.*  
Recuperado el 27 de 10 de 2023, de Autodesk:  
<https://www.autodesk.es/solutions/revit-vs-autocad>
- BIM Forum Chile. (Abril de 2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones. 1ra Edición.* Recuperado el 19 de 01 de 2024, de BIM Forum Chile:  
<https://bimforum.cl/download/guia-inicial-para-implementar-bim-en-las-organizaciones/>
- BIM Forum Uruguay. (s.f.). *Introducción al BIM.* Recuperado el 19 de 01 de 2024, de BIM Forum Uruguay: <http://www.bimforum.org.uy/documentos/>
- BIMForum. (2023). *Level of Development (LOD) Specification. For Building Information Models. Part I, Guide, & Commentary.* Recuperado el 19 de 01 de 2024, de <https://bimforum.org/resource/lo-d-level-of-development-lod-specification/>
- BuildingSmart. (07 de Octubre de 2014). *Guía de Usuarios BIM. Documento 11. Gestión de un proyecto BIM.* Recuperado el 19 de 11 de 2023, de buildingSMART:  
<https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/>
- BuildingSMART Spain. (s.f.). *¿Qué es BIM?* Recuperado el 11 de 08 de 2023, de BuildingSMART Spain: <https://www.buildingsmart.es/bim/>

- BuildingSMART Spain. (Mayo de 2021). *Introducción a la serie EN ISO 19650*. Recuperado el 19 de 01 de 2024, de buildingSMART Spain:  
<https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>
- Buitrago, E. D., Vargas, W. E., & Zambrano, A. M. (2023). *Metodología BIM Conceptos y su aplicación en proyectos de infraestructura vial 1 Ed.* ECOE EDICIONES.
- COGUANOR NTG 36011. (2013). *Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Especificaciones*. Recuperado el 20 de 01 de 2024, de Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED:  
<https://conred.gob.gt/nrd-3/>
- CUNOC. (20 de 01 de 2015). *Pensa de Estudios*. Recuperado el 01 de 02 de 2024, de Division de Ciencias de la Ingenieria CUNOC: <http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Second Edition*. WILEY.
- García, N. W. (s.f.). *Método práctico para la elaboración de presupuestos de construcción*. Guatemala: Expresion Gráfica.
- Lacaze, L. (Enero de 2021). *Encuesta BIM. América Latina y El Caribe 2020*.  
doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0003023>
- PennState College of Engineering. (2024). *BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0*. Recuperado el 19 de 01 de 2024, de PennState College of Engineering:  
<https://bim.psu.edu/downloads/>
- Planbim. (Junio de 2021). *Estándar BIM para proyectos públicos. Intercambio de información entre solicitante y proveedores. Versión 1.1*. Recuperado el 15 de 11 de 2023, de Planbim: <https://planbim.cl/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>
- Planbim, Comité de Transformación Digital, Corfo. (Junio de 2019). *Roles BIM y Matriz de Roles BIM*. Recuperado el 19 de 10 de 2023, de Planbim:  
<https://planbim.cl/documentos/matriz-roles/>





## ANEXOS

Programa propuesto para el curso de Costos, Presupuestos y Avalúos.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**División de Ciencias de la Ingeniería**  
**Centro Universitario de Occidente**  
**Quetzaltenango**

### I. Identificación general del curso

Nombre del curso	Costos, Presupuestos y Avalúos
Sección	
Prerrequisito	190 créditos
Carrera	Ingeniería Civil
Responsable	
Código	911
Horas de Docencia Directa/Indirecta	
Créditos	06
Ciclo	
Horario	

### II. Descripción del Curso

El curso proporciona a los estudiantes las habilidades y herramientas para alcanzar las competencias necesarias para planificar, organizar, ejecutar y supervisar proyectos de infraestructuras, aplicar la metodología BIM para la gestión y cuantificación de materiales de construcción.

### III. Competencias

#### 1. Competencias genéricas

- CG1. Capacidad de aplicar los conocimientos en la practica
- CG2. Capacidad para identificar, planear y resolver problemas
- CG3. Compromiso con la preservación del ambiente
- CG4. Capacidad de gestionar y formular proyectos
- CG5. Capacidad de investigación
- CG6. Compromiso con la calidad

## **2. Competencias Específicas**

- CE1. Ampliación de las ciencias básicas y del área profesional de ingeniería civil
- CE2. Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles
- CE3. Identificar, evaluar e implementar las tecnologías más apropiadas para su contexto
- CE4. Propone soluciones que contribuyan al progreso de las comunidades
- CE5. Previene y evalúa los riesgos en las obras de Ingeniería Civil

## **IV. Contenidos**

- 1. Antecedentes del Trabajo de ingeniería
  - 1.1.Generalidades
  - 1.2.Razones para la planeación de proyectos
  - 1.3.Fases y procesos en un proyecto
  - 1.4.¿Qué es Gestión?
  - 1.5.Gestión de proyectos
  - 1.6.¿Qué es la Ingeniería de Costos?
  
- 2. Aspectos Legales
  - 2.1.Reglamentos de construcción
  - 2.2.Plan de Ordenamiento Territorial
  - 2.3.Impuesto al valor agregado
  - 2.4.Impuesto sobre la renta
  - 2.5.Ley de contratación del estado
  - 2.6.Registro general de adquisiciones del estado
  - 2.7.Guatecompras
  - 2.8.Timbre de Ingeniería
  
- 3. Análisis e Integración de costos
  - 3.1.Estructura Desglosada de Trabajo
  - 3.2.Cuantificación
  - 3.3.Costos Directos e Indirectos
  
- 4. Presupuestos
  - 4.1.Precios Unitarios
  - 4.2.Integración
  - 4.3.Proyectos Individuales
  - 4.4.Proyectos Urbanización
  - 4.5.Prestaciones laborales
  
- 5. Introducción a la metodología BIM
  - 5.1.Generalidades
  - 5.2.Introducción a la norma ISO 19650

- 5.3.Caso de estudio Edificio de Ingeniería Módulo G
- 5.4.Modelado BIM del Edificio de Ingeniería con Revit Estructura
- 5.5.Gestión de la información del modelado
- 5.6.Tablas de cuantificación de materiales de construcción
- 5.7.Exportación de tablas de cuantificación
  
- 6. Programación de proyectos
  - 6.1.Métodos de programación lineal
  - 6.2.PERT-CPM
  - 6.3.Diagrama de Gantt
  - 6.4.Avance Físico -Financiero
  - 6.5.Análisis Financiero de empresas constructoras
  
- 7. Análisis económico y social del Registro de Desastres y el Cambio Climático en la planeación de proyectos
  - 7.1.Análisis Económico de los Desastres en Guatemala
  - 7.2.Importancia de la Adaptación al Cambio Climático y la Gestión integral del Riesgo de Desastres en los proyectos de ingeniería
  
- 8. Introducción a la Valuación de Bienes Inmuebles
  - 8.1.Métodos de valuación
  - 8.2.Aranceles timbre de ingeniería

## V. Requisitos de asistencia

80%

## VI. Recursos para el aprendizaje

### Tecnológicos

Moodle  
 Computadora  
 Hojas de cálculo  
 BIM (Revit)

## VII. Cronograma de actividades docente

Semanas	Contenido	Estrategia de enseñanza (Actividades del docente)	Estrategias de aprendizaje (Actividades del estudiante)	Estrategias evaluativas y resultados de aprendizaje	Ponderación/ acreditación
<b>Semana 1</b>	Unidad 1. Antecedentes del trabajo de ingeniería	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experiencias y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10

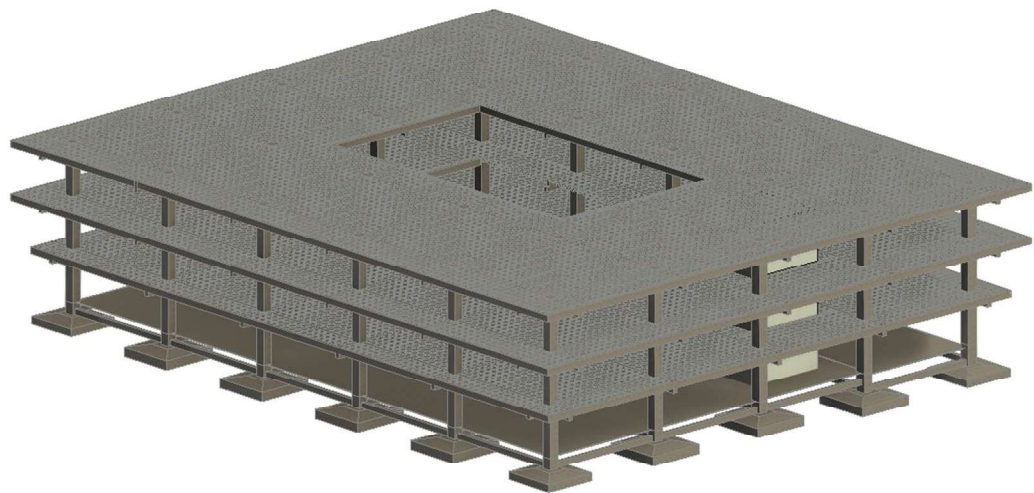
<b>Semana 2</b>	Unidad 2. Aspectos legales	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
<b>Semana 3</b>	Unidad 3. Análisis e integración de costos.	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
<b>Semana 4</b>	Unidad 4. Presupuestos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
<b>Semana 5</b>	Unidad 5. Introducción a la metodología BIM	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	11
<b>Semana 6</b>	Unidad 6. Programación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
<b>Semana 7</b>	Unidad 7. Análisis económico y social del riesgo de desastres y el cambio climático en la planeación de proyectos	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10
<b>Semana 8</b>	Unidad 8. Introducción a la valuación de Bienes Inmuebles	Clase magistral. Análisis de documentos. Socialización de experimentos y análisis de casos.	Análisis de documentos, discusiones grupales y elaboración de modelos.	Evaluaciones cortas y comprensión de lecturas. Establece parámetros para definir y garantizar la calidad de la obra de infraestructura, tomando en cuenta los conceptos aprendidos.	10

## VIII. Cronograma de actividades de Investigación y Extensión

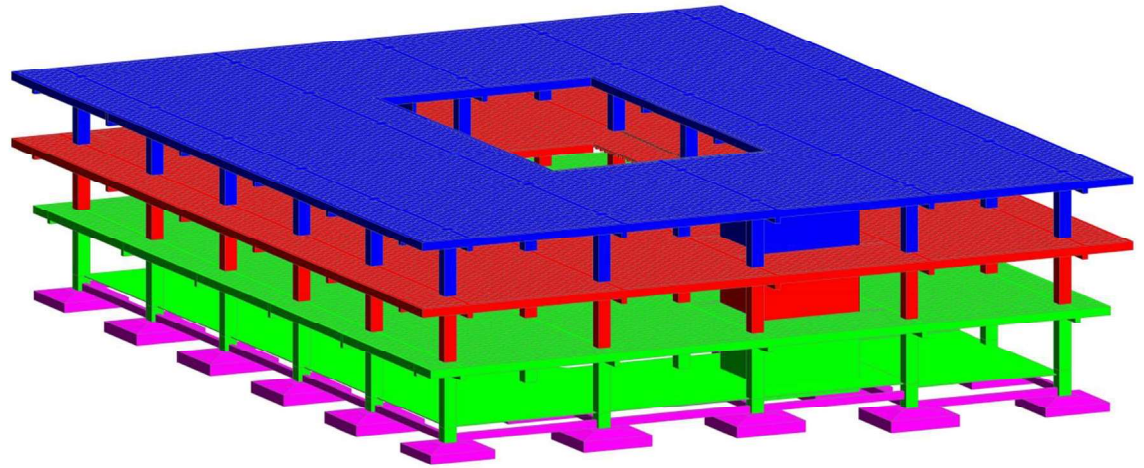
Fecha de realización	Tema	Eje a ejecutar	Descripción de las actividades	Resultados Esperados
Inicio hasta el final del semestre	Gestión y cuantificación de materiales de construcción utilizando la metodología BIM y la norma ISO 19650	Investigación	El estudiante deberá de buscar una estructura cualquiera que sea, edificio, vivienda, centro de salud, hospital, puente, carretera, etc.	Modelado (20pts)

Contenido	Tema	Descripción de actividades	Resultados de aprendizaje
1	Introducción a la metodología BIM	Conocer las generalidades de la metodología, Nivel de Desarrollo, usos y Roles BIM, entre otros.	4 pts.
2	Introducción a las Normas ISO 19650	Generalidades y partes de la norma ISO, Objetivos, principios de la gestión de la información, realizar un plan de ejecución BIM-BEP del proyecto.	4 pts.
3	Modelado de la Información de un caso de estudio	Realizar el modelado de la información de una edificación para la cuantificación de materiales con herramienta BIM.	4 pts.
4	Gestión de la información del modelo	Gestionar la información del modelo de acuerdo a los objetivos establecidos en el Plan de Ejecución BIM-BEP del proyecto.	4 pts.
5	Cuantificación de materiales de construcción	Generar las cantidades de los materiales de construcción en el modelo de la edificación.	4 pts.
Total			20 pts.

### Modelo BIM estructural del edificio de ingeniería Módulo G.



### Vista del Modelo BIM por niveles y colores



01 3D Filtro 1 Niveles



### Vista 3D en sección del edificio de Ingeniería Módulo G

