



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado,
bajo los lineamientos de la NEC-15**

Jurado Herrera, Edith Alejandra

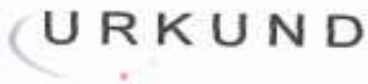
Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil

Ing. Pazmiño Montero, Martha Elizabeth, Mgs.

17 de marzo del 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_JURADO_URKUND.docx (D98415259)
 Submitted: 3/15/2021 3:56:00 PM
 Submitted By: mepazminio@espe.edu.ec
 Significance: 3 %

Sources included in the report:

TESIS_ANDRADE_CAMINO.pdf (D54297256)
 TRABAJO TITULACIÓN VINUEZA CATHERINE.docx (D43961891)
 B 1 proyecto.pdf (D75179791)
 Capitulo a Referencias_final_DaríoArequipa.docx (D62299407)
 correcciones tesis josue quevedo.docx (D83057727)
<http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/#-:text=El%20BIM%20en%20el%20mundo,empresas%20chinas%20se%20ha%20incrementado.&text=La%20metodolog%C3%ADa%20BIM%20no%20es,se%20est%C3%A1%20recomendando%20su%20usBibLus.>
<https://core.ac.uk/download/pdf/211095074.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/160259846.pdf>

Instances where selected sources appear:

20



MARISA ELIZABETH
 PAZMINO MONTERO

Ing. Martha Elizabeth Pazmiño Montero Mgs.
 Directora



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **“Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado, bajo los lineamientos de la NEC-15”**, fue realizado por la señorita **Jurado Herrera, Edith Alejandra** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 17 de Marzo del 2021

Firma



Ing. PAZMIÑO MONTERO
MARTHA ELIZABETH
PAZMIÑO MONTERO

Ing. Pazmiño Montero, Martha Elizabeth, Mgs.

C.C: 1708618036



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Jurado Herrera, Edith Alejandra**, con cédula de ciudadanía n° 1727606533, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado, bajo los lineamientos de la NEC-15”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 17 de Marzo del 2021

Firma

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer 'Edith Alejandra Jurado Herrera'.

Jurado Herrera, Edith Alejandra

C.C: 1727606533



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Jurado Herrera, Edith Alejandra**, con cédula de ciudadanía n° 1727606533, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación "**Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado, bajo los lineamientos de la NEC-15**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 17 de Marzo del 2021

Firma

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Edith Jurado Herrera".

Jurado Herrera, Edith Alejandra

C.C: 1727606533

Dedicatoria

A Cristóbal Jurado, mucho del esfuerzo, dedicación y entrega en mi vida proviene de lo que me alcanzaste a enseñar en vida; quizá el camino aún sea largo pero con este trabajo cumplo una meta que me propuse en honor a ti, cada paso que he dado ha sido para que te sientas tan orgulloso de mi así como yo me siento de ti, de saber que en mi vida tuve al ser más maravilloso del mundo, a quien desde niña vi como un padre. Gracias por todo, esto y cada uno de mis logros, que espero ya sepas de ellos, son para ti; espero que nos volvamos a encontrar algún día, y vivírte más tiempo como siempre he anhelado.

A Willy Jurado, fuiste mi amigo por mucho tiempo, siempre que necesitaba conversar con alguien estabas ahí, amaba verte cuando llegaba de la escuela, amaba verte cuando llegaba del colegio, amaba verte al llegar de la universidad y pese a tu cansancio y tu edad muchas veces estabas cerca de mi hasta que acabe mis tareas y vaya a dormir. Te extraño.

A Dayna Jurado, porque gracias a ese cariño que me brindas desde que llegaste a mi vida, me inspiraste a luchar más por mis sueños, y a levantarme cada vez que caía; por ti entendí que la vida es maravillosa como para sufrir por cosas pequeñas, y el culminar este proyecto es gracias a ti en gran parte.

A Leonardo Vivar, por todo el apoyo brindado desde el momento que te conocí, como siempre diré fue como ganarse la lotería el haberte conocido, porque jamás me has abandonado y cuando más necesito ayuda estas a mi lado. El culminar mi carrera exitosamente, fue en gran parte gracias a ti, y no me refiero a tus enseñanzas que han sido muchísimas, sino a cada momento y experiencia a tu lado que me han hecho crecer como persona. Espero que la vida me alcance, para poder regresar todo lo que has hecho, haces y sé qué harás por mí.

Edith Alejandra Jurado Herrera

Agradecimiento

A Dios, porque ha sido tan grande tu amor hacia mí que has puesto en mi vida seres tan maravillosos de los cuales he aprendido tanto y por todas las bendiciones que me has otorgado; ningún escrito, párrafo o texto puede explicar el amor, respeto y veneración hacia ti, solo puedo afirmar que siento tu cariño en cada paso que doy y te agradezco con todo el corazón por hacer tanto por mí.

A mi familia, por su apoyo brindado cada día de mi vida porque hicieron lo posible por dar lo que podían y necesitaba. Gracias mamá y papá porque aprendí mucho con su ejemplo, ya que me inspiraron a saber en quien quería convertirme mientras crezca; gracias Johana y Cris, soy afortunada por tener unos hermanos como ustedes, y solo espero que sea mi vida un buen ejemplo para la suya y sigan creciendo en su vida personal y profesional con dicha y éxito.

A todos los amigos que he hecho a lo largo de mi vida, porque siempre están disponibles para darme un mano si la necesito y dispuestos a escucharme si lo requiero. Incluso por toda la alegría que han inyectado en mi vida, gracias chicos.

A todos mis maestros de la carrera, en especial a aquellos que conocí desde quinto semestre, quizá conocidos por muchos como los más difíciles, pero por mi parte son el ejemplo de conocimiento y experiencia que todo estudiante debería tener como profesional, pues aprendí mucho de sus exigencias.

Al Ing. Jorge Zúñiga, por sus consejos y todas las enseñanzas en la carrera, muy pocas personas logran ganarse el cariño y respeto de los estudiantes como usted. Gracias por enseñarnos que con responsabilidad, honestidad y perseverancia es posible realizar nuestros sueños.

A la Ing. Martha Pazmiño, por su apoyo brindado en el desarrollo de mi proyecto de titulación, pero en especial por ser una amiga y por el carisma que muestra ante todos, administrando un toque de alegría a quienes se dirigen a usted.

Edith Alejandra Jurado Herrera

Contenido

Urkund	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de tablas	11
Resumen	19
Abstract	20
Capítulo I	21
Generalidades	21
Introducción	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento del problema	23
Justificación	24
Objetivos.....	25
Objetivo General	25
Objetivos Específicos.....	25
Capítulo II	26
Marco teórico	26
Descripción	26
Gestión de Proyectos.....	26
Gestión de Proyectos en la construcción	26
Metodología BIM.....	27
Uso de BIM en el mundo.....	29

Software aplicable a BIM.....	33
Diseño arquitectónico.....	34
Estructura	35
Sistema eléctrico para viviendas	37
Sistema hidrosanitario para viviendas	38
Características de Revit	39
Capítulo III.....	40
Diseños: arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico.....	40
Diseño Arquitectónico	40
Consideraciones generales.....	40
Consideraciones específicas.....	40
Resultados	41
Diseño Estructural.....	42
Parámetros iniciales	42
Pre dimensionamiento de elementos	42
Cortante basal.....	51
Modelamiento	51
Diseño de elementos estructurales	55
Diseño Hidrosanitario.....	57
Parámetros iniciales	57
Red de agua fría y agua caliente.....	57
Red de aguas servidas	63
Sistemas de aguas lluvias.....	65
Diseño Eléctrico	67
Parámetros iniciales	67
Cálculos del sistema eléctrico	68

	10
Capítulo IV	70
Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado	70
Idea	70
Diseño bidimensional de la estructura.....	70
Modelamiento tridimensional de la estructura en Revit	71
Arquitectura.....	71
Ingeniería Estructural	75
Instalaciones Hidrosanitarias y de Aguas Lluvia.....	83
Instalaciones Eléctricas.....	89
Detección de interferencias.....	93
Elaboración de planos.....	95
Creación de topografía.....	99
Colocación de mobiliario	101
Creación de renders y recorridos	101
Propuesta del Plan de Obra.....	107
Control de costos	111
Análisis de eficiencia energética	125
Análisis energético	125
Análisis de iluminación.....	129
Análisis solar.....	132
Mantenimiento	136
Capítulo V	138
Conclusiones y recomendaciones	138
Conclusiones	138
Recomendaciones	140
Bibliografía	141

Índice de tablas

Tabla 1. Combinación de Cargas	36
Tabla 2. Especificaciones diseño arquitectónico	40
Tabla 3. Datos utilizados para diseño	42
Tabla 4. Equivalencias losas macizas y alivianadas.....	43
Tabla 5. Cargas pre dimensionamiento de vigas.....	44
Tabla 6. Momentos aproximados para vigas continuas no pre esforzadas.....	45
Tabla 7. Resultado mosaico de cargas primer piso	46
Tabla 8. Momentos en primer piso vigas 1-4.....	47
Tabla 9. Momentos en primer piso vigas 5-7.....	47
Tabla 10. Secciones de vigas en primer piso	47
Tabla 11. Resultado mosaico de cargas segundo piso	47
Tabla 12. Momentos en segundo piso vigas 1-4	48
Tabla 13. Momentos en segundo piso vigas 5-7	48
Tabla 14. Secciones de vigas en segundo piso.....	48
Tabla 15. Cargas pre dimensionamiento de columnas.....	49
Tabla 16. Secciones de columnas en primer y segundo piso	50
Tabla 17. Valores de ΔM máximos normativos	52
Tabla 18. Derivas inelásticas obtenidas en modelamiento	53
Tabla 19. Secciones definitivas de vigas y columnas en estructura	55
Tabla 20. Caudal instantáneo y unidad mueble por aparato sanitario	58
Tabla 21. Caudales y diámetro de tubería para red de agua fría.....	58
Tabla 22. Presiones y diámetros de aparatos sanitarios	59
Tabla 23. Cálculo de pérdidas por longitud	60
Tabla 24. Cálculo de pérdidas por accesorios.....	60
Tabla 25. Cálculo del consumo diario de agua.....	61
Tabla 26. Resultados cálculo de tanque hidroneumático	62
Tabla 27. Unidades de descarga aparatos sanitarios de vivienda	63

Tabla 28. Diámetros de derivación.....	63
Tabla 29. Diámetros de bajante en edificios de hasta tres pisos	64
Tabla 30. Distancia límite entre pozos.....	64
Tabla 31. Diámetro del pozo	65
Tabla 32. Tubería para sistema de aguas lluvias	66
Tabla 33. Demanda eléctrica	68
Tabla 34. Conductores para elementos eléctricos.....	69
Tabla 35. Presupuesto del proyecto.....	121
Tabla 36. Actividades para mantenimiento en viviendas	136

Índice de figuras

Figura 1. Dimensiones de BIM.....	28
Figura 2. Hospital Universitario en Aalborg (Dinamarca).....	30
Figura 3. Torre Shanghái (China)	31
Figura 4. Royal Alberta Museum (Canadá)	32
Figura 5. Perth Stadium (Australia).....	33
Figura 6. Espacio entre piezas sanitarias	41
Figura 7. Anchos de puertas en vivienda	41
Figura 8. Dimensiones de la escalera en vivienda	41
Figura 9. Mosaico de cargas en vigas.....	45
Figura 10. Áreas cooperantes columnas.....	49
Figura 11. Secciones estructura vista en 3D.....	52
Figura 12. Máximas derivas obtenidas en modelamiento.....	53
Figura 13. Relación viga-columna de estructura	54
Figura 14. Planta de primer piso de vivienda	54
Figura 15. Vista en planta y corte de escalera	56
Figura 16. Planos de diseños arquitectónico, eléctrico e hidrosanitario	70
Figura 17. Planos de diseño estructural.....	71
Figura 18. Unidades de medida con las que se trabaja en el proyecto	71
Figura 19. Niveles arquitectónicos y estructurales hasta el primer nivel.....	71
Figura 20. Muro para interiores con acabados.....	72
Figura 21. Muro apilado para interiores	73
Figura 22. Dibujo de contornos Muro apilado para interiores	73
Figura 23. Ventana para Cargar familias	74
Figura 24. Vista de detalles arquitectónicos de primera planta	74
Figura 25. Muros de acabados exteriores de fachada posterior.....	75
Figura 26. Materiales de concreto que se usan en el diseño estructural	76
Figura 27. Vista 3D de vigas, columnas y zapatas aisladas de la estructura.....	76

Figura 28. Estructura de contrapiso a colocarse en el modelamiento	77
Figura 29. Función de dibujar contornos en la sección Modificar	77
Figura 30. Contorno de losa del nivel N+3.10 m	78
Figura 31. Sección modificar uniones de elementos	78
Figura 32. Vista de las losas tras verificar las uniones de elementos.....	79
Figura 33. Opciones para cambiar geometría de escaleras	79
Figura 34. Propiedades de tipo para modificarse en escaleras.....	79
Figura 35. Carpeta de armadura estructural de las librerías de Revit	80
Figura 36. Recubrimientos a utilizarse en los elementos estructurales	80
Figura 37. Navegador de formas de armadura	81
Figura 38. Orientación de colocación de acero	81
Figura 39. Sección transversal de viga de cimentación	82
Figura 40. Función de editar boceto en armaduras.....	82
Figura 41. Datos de identidad de refuerzo	83
Figura 42. Configuración en ángulos de uniones de tubería	83
Figura 43. Creación de un nuevo segmento de tubería	84
Figura 44. Vista de segmento creado	84
Figura 45. Preferencias de enrutamiento del segmento agua potable	85
Figura 46. Planos de planta en coordinación fontanería	85
Figura 47. Elementos de fontanería.....	86
Figura 48. Barra Modificar/Colocar tubería	86
Figura 49. Barra para colocar pendiente en tuberías	87
Figura 50. Sección comprobar sistemas de instalaciones.....	87
Figura 51. Icono de alerta en detección de desconexiones de la red.....	88
Figura 52. Sección para análisis de dirección del flujo de la red de agua	88
Figura 53. Dirección de flujo de la red de agua.....	88
Figura 54. Configuración de tipos de cable.....	89
Figura 55. Definición de los valores del voltaje y sus rangos	89

Figura 56. Creación de Sistemas de distribución	90
Figura 57. Planos de planta y techo en coordinación electricidad	90
Figura 58. Elementos de electricidad	91
Figura 59. Barra Crear sistemas para crear circuitos	91
Figura 60. Barra Herramientas del sistema eléctrico.....	92
Figura 61. Barra Convertir a alambre.....	92
Figura 62. Barra Coordinar para revisar interferencias de elementos	93
Figura 63. Configuración de tipos de cable	93
Figura 64. Ventana de Revit con informe de interferencias.....	94
Figura 65. Informe de interferencias exportado.....	94
Figura 66. Resultado de corregir interferencias	95
Figura 67. Creación de planos	95
Figura 68. Cuadro de selección de planos en proyecto	96
Figura 69. Lista de planos disponibles en librerías.....	96
Figura 70. Pestaña Vista para crear cortes de plantas.....	96
Figura 71. Pestaña Anotar, sección Cota.....	97
Figura 72. Editar parámetros de etiqueta	98
Figura 73. Campos disponibles para colocar en etiquetas	98
Figura 74. Importar topografía en Revit	99
Figura 75. Pestaña Modificar para topografía	100
Figura 76. Ventana con capas del proyecto topográfico de AutoCAD	100
Figura 77. Planta segundo nivel con mobiliario de vivienda	101
Figura 78. Creación de vistas para generar renders	102
Figura 79. Cámara en planta para generar vistas	102
Figura 80. Botones de detalle y estilo visual	102
Figura 81. Vista exterior en Revit con detalle alto y estilo realista.....	103
Figura 82. Presentación de la sección Vista	103
Figura 83. Cuadro de opciones a configurar en Renderización.....	103

Figura 84. Resultado de Renderización de primer nivel.....	104
Figura 85. Recorrido visto en planta de primer nivel	104
Figura 86. Acceso a Editar recorrido de la sección Modificar	105
Figura 87. Sección Editar recorrido.....	105
Figura 88. Ventana de visualización de recorrido	105
Figura 89. Exportar recorridos de Revit	106
Figura 90. Duración/ Formato de video de recorrido	106
Figura 91. Compresión de video de recorrido	106
Figura 92. Vista Diagrama de Gantt de obras preliminares en Project.....	108
Figura 93. Pestaña Gestionar para creación de fases	108
Figura 94. Creación de fases del proyecto y su descripción	109
Figura 95. Filtros de fases constructivas.....	109
Figura 96. Modificaciones de gráficos a visualizarse en las fases constructivas ...	110
Figura 97. Proceso por fases disponible en bandeja de propiedades	110
Figura 98. Vista 3D para fases constructivas.....	111
Figura 99. Creación de tablas de planificación/cantidades.....	112
Figura 100. Categorías para una nueva tabla de planificación/cantidades.....	112
Figura 101. Campos de propiedades en tablas de planificación/cantidades	113
Figura 102. Iconos para crear un nuevo campo.....	113
Figura 103. Propiedades para crear un campo nuevo	114
Figura 104. Ventana para generar un campo calculado.....	114
Figura 105. Campos a escoger para crear fórmula de cálculo	115
Figura 106. Filtro de propiedades en tablas de planificación/cantidades.....	115
Figura 107. Clasificación/agrupación de propiedades en tablas de planificación ..	116
Figura 108. Tabla de cantidades de zapatas con totales generales.....	116
Figura 109. Formato de propiedades en tablas de planificación/cantidades	117
Figura 110. Apariencia de propiedades en tablas de planificación/cantidades.....	117
Figura 111. Casilla aspecto para modificar letra de tablas.....	118

Figura 112. Propiedades de tabla de planificación/cantidades.....	118
Figura 113. Creación de tablas de materiales.....	119
Figura 114. Categorías para una nueva tabla de materiales.....	119
Figura 115. Sección para exportar tablas	120
Figura 116. Datos de tabla exportada en formato txt	120
Figura 117. Datos de tabla exportada en formato Excel	121
Figura 118. Sección Habitación y área de la pestaña Arquitectura	125
Figura 119. Vista de habitaciones en planta	125
Figura 120. Vista en corte de habitaciones	126
Figura 121. Casillas de iluminación en bandeja de Propiedades	126
Figura 122. Barra de Optimización de energía.....	127
Figura 123. Ubicación del proyecto en Revit.....	127
Figura 124. Configuración de energía.....	127
Figura 125. Opciones avanzadas de Configuración de energía.....	128
Figura 126. Barra de sesión abierta en Revit.....	128
Figura 127. Mensaje recibido a correo de análisis completado.....	128
Figura 128. Resultados de análisis energético.....	129
Figura 129. Barra de Insight en Revit	129
Figura 130. Ventana para realizar análisis de iluminación	129
Figura 131. Tipos de análisis de iluminación.....	130
Figura 132. Resultados después de ejecutar proceso de análisis.....	130
Figura 133. Selección de resultados a observar	131
Figura 134. Resultados de análisis de iluminación	131
Figura 135. Vista 3D con resultados de iluminación.....	132
Figura 136. Cinta de opciones pantalla inferior Revit.....	132
Figura 137. Configuración de sol	132
Figura 138. Botón para activar sombras en el modelo	133
Figura 139. Activación de camino del sol.....	133

Figura 140. Recorrido del sol en vivienda de ese proyecto	133
Figura 141. Ventana con datos para análisis solar	134
Figura 142. Reporte de resultados de análisis solar	134
Figura 143. Vista 3D con resultados de análisis solar	135
Figura 144. Leyenda de resultados del análisis solar	135

Resumen

El avance del tiempo siempre ha exigido a la humanidad mejorar su estilo de vida, y esto implica aplicar mejores estrategias en todos los ámbitos posibles. El sector de la construcción, al ser uno de los más importantes para el desarrollo económico del país, necesita una mejora constante en sus procesos para lograr mejores resultados a menores costos; así es como BIM, se ha posicionado a nivel mundial con su propuesta de aplicación de siete dimensiones, que facilitan manejar una mayor cantidad de información antes, durante y después de una construcción.

En Ecuador, solo pocas empresas privadas han dado el paso de usar BIM para sus proyectos; sin embargo, en vista de sus beneficios se presenta un manual, que mediante software adaptables a BIM, indica cómo aplicar las siete dimensiones en estructuras destinadas a ser viviendas, con la finalidad de que con este manual se impulse el aprendizaje de esta metodología, para que muchos más profesionales que deseen aprender y beneficiarse de BIM, empiecen a aplicarla.

Este trabajo de titulación presenta las consideraciones a tomarse en cuenta en el diseño arquitectónico, estructural y de instalaciones antes de realizar el modelo BIM; y un manual en donde se detallan los pasos a seguir para dar cumplimiento a las dimensiones en Revit, detección de interferencias entre los elementos del proyecto, y la documentación de los resultados en planos.

Palabras clave:

- **MANUAL DE BIM**
- **SIETE DIMENSIONES**
- **REVIT**

Abstract

The advancement of time has always required humanity to improve its lifestyle, and this implies applying better strategies in all possible area. The construction sector, being one of the most important for the economic development of the country, needs constant improvement in its processes in order to achieve better results at lower costs; this is how BIM has been positioning itself worldwide with its seven-dimensional application proposal, which facilitates the handling of a greater amount of information before, during and after construction.

In Ecuador, only few private companies have taken the step of using BIM for their projects; however, in view of its benefits, a manual is presented that through software adaptable to BIM, indicates how to apply the seven dimensions in structures intended to be dwellings, with the purpose that this manual will promote the learning of this methodology, so that many more professionals who want to learn and benefit from BIM, start applying it.

This degree work presents the considerations to be taken into account in the architectural, structural and facilities design before carrying out the BIM model; and a manual detailing the steps to follow to comply with the dimensions in Revit, detection of interferences between the elements of the project, and the documentation of the results in drawings.

Keywords:

- **BIM MANUAL**
- **SEVEN DIMENSIONS**
- **REVIT**

Capítulo I

Generalidades

Introducción

En la actualidad el sector de la construcción cuenta con un mayor número de desafíos y retos causados por los requerimientos de los clientes, ya que no solo buscan un diseño arquitectónico único sino también altos estándares en instalaciones, materiales e insumos para obtener como resultado una estructura acorde a lo soñado (Fajardo, 2016).

Frente a estos requerimientos exigentes es necesario la aplicación de herramientas de gestión y planificación de proyectos que permitan tener un control de la obra desde su etapa de diseño, construcción, puesta en marcha y mantenimiento; de esta forma se rompe el esquema habitual de diseñar e inmediatamente construir, y en el caso de presentarse problemas mientras la obra avanza dar soluciones respectivas, que por lo general influyen de una manera negativa en los costos de la obra así como los plazos de ejecución.

Para solventar estas necesidades, BIM se está presentando en todo el mundo como la mejor estrategia a implementar, debido al gran número de casos exitosos en países que optaron por utilizarlo en proyectos de la construcción. Esta metodología propone una gestión de información basada en la digitalización de este sector, mediante la aplicación de herramientas tecnológicas que permitan un diseño óptimo y un control de la ejecución de las distintas actividades junto a la ayuda de expertos en las distintas áreas que componen a la estructura.

Antecedentes

La construcción constituye una de las actividades más antiguas, que a lo largo de los años, ha presentado distintos desarrollos en sus técnicas constructivas entre estas: tecnologías, materiales, equipos, etc., con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de la humanidad. Actualmente, no solo se requiere emplear recursos como mano de obra, materiales y equipos altamente calificados; sino,

alcanzar altos estándares de producción al planificar adecuadamente la ejecución de las obras, mediante una gestión de proyectos constructivos, donde se logre el óptimo funcionamiento de todas las áreas.

La gestión de proyectos constructivos, permite tener control del desarrollo de una obra desde su inicio hasta su fin, por lo tanto resulta imprescindible determinar un conjunto de fases que pueden determinar el éxito o fracaso de las obras (Ameijide García, 2016). Una adecuada gestión consiste en aumentar el control de procesos, mediante un análisis previo de planos y especificaciones técnicas, implementar tecnologías de apoyo que mejoren el desempeño de cada actividad, monitorear los resultados mediante herramientas metodológicas, realizar una planificación de recursos, proveedores y plazos, etc. Estos ayudan a obtener una producción de proyectos eficientes, y un resultado final que supere expectativas de los clientes sin que este signifique un mayor costo para las empresas constructoras (American Express, 2017).

Existen herramientas que facilitan la gestión de proyectos, que al pasar los años siguen perfeccionándose y han ampliado las posibilidades de éxito de las obras. Dentro del campo de la construcción la metodología BIM ha tomado un puesto muy importante, ya que desde 1975 ha venido desarrollándose y posicionándose a nivel mundial, pues permite una coordinación de distintas tecnologías que a través de modelos digitales se ajustan a un trabajo multidisciplinario, que logra optimizar procesos y racionalizar fases (AGi architects, 2019).

BIM a nivel internacional ha demostrado su alto grado de eficiencia con varios casos de éxito en distintas construcciones, como el Metro de Riad ubicado en Arabia Saudita que al seguir los lineamientos de esta metodología permitió culminar la obra sin contratiempos durante sus cinco años de construcción. Otro ejemplo muy reconocido es la Clínica Angloamericana en Lima-Perú, que gracias a esta plataforma en el proceso de planificación permitió detectar puntos conflictivos que

representan un ahorro significativo de tiempo en el proceso de construcción (Gobierno de España, 2016).

Evidentemente el número de obras exitosas sigue en aumento, y es de esperarse que muchos países en unos pocos años declaren obligatorio el uso de esta metodología para construcciones, uniéndose a países como España y Reino Unido en proyectos de obras públicas (González, 2019).

Planteamiento del problema

Para todos los países los sectores de producción constituyen en conjunto un rol muy importante para su economía nacional, y uno de los más importantes es el de la construcción debido a su efecto multiplicador, pues no solo dinamiza la economía sino también genera fuentes de trabajo. Al crecer el sector de la construcción también las industrias conexas obtienen mayores ganancias, a causa de que este sector requiere de los fabricantes de los distintos materiales, equipos y herramientas que se emplean durante los procesos constructivos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012).

Ecuador hasta la actualidad no ha tenido avances significativos en la incorporación de BIM, sin embargo el sector privado tomó la delantera en su utilización. Uribe & Schwarzkopf es una constructora que implementó esta herramienta por primera vez en el Ecuador, para todos sus proyectos desde su planificación hasta su mantenimiento, con el fin de cumplir cada dimensión de esta metodología y posicionarse a nivel nacional como líderes en innovación y eficiencia (INHAUS, 2018). Otras empresas privadas que pretenden ayudar a implementar BIM son las fabricantes de productos constructivos como SIKA y Plastigama, que en sus portales web permiten descargar objetos BIM de su catálogo de productos para implementarlos en el modelo bidimensional y tridimensional de la estructura (METRO, 2019).

En el sector público es en donde se necesita un mayor impulso para aplicar esta metodología, debido a que aún no existen reformas a las leyes para obras de

construcción en este sector, que señalen la importancia y necesidad de implementar BIM en proyectos públicos (Morales, 2018). Frente a la situación actual del Ecuador es indispensable que las instituciones de educación superior fomenten la utilización de esta plataforma, para que en unos años adelante el país también sea participe de todos los beneficios de esta metodología.

Justificación

En la última década se ha dado mayor importancia al conocimiento de gestión de proyectos, por lo tanto, las aptitudes y conocimientos sobre dirección y gestión de obra se colocaron como un requerimiento muy importante en distintas empresas a nivel mundial, pues ahora no se busca un director de proyectos con un perfil técnico que haya ascendido dentro del organigrama de la empresa, sino una persona con un perfil profesional con habilidades y conocimientos de gestión (BIM Community, 2018).

Con el avance tecnológico es posible encontrar distintas metodologías que estén orientadas en el área digital, para ofrecer un mejor manejo de información; en este caso, se desea optar por la metodología digital BIM, dónde se utiliza y produce un único modelo de información del edificio, elaborado bajo la colaboración de todas las áreas implicadas en la construcción, con la finalidad de obtener una sola base de datos (Del Olmo, 2016).

Mediante la utilización de un software se puede obtener una visualización del proyecto en todas sus dimensiones con la característica que esta indica a su vez como estará construida la estructura, ya que cada línea dibujada constituye un elemento constructivo real, que al ser modificado automáticamente se adecuan las demás áreas, ya sean cambios en materiales, usos o costos (Aragón & Caibinagua, 2018).

Esta tecnología propone un trabajo colaborativo, dónde las distintas áreas se encuentran constantemente comunicadas, para ayudar a prevenir situaciones críticas al anticiparse a distintos escenarios que podrían presentarse durante la

ejecución de obra; además de que cada elemento contiene todo tipo de información, que facilita en las tareas que suelen ser posteriores a la etapa de dibujo, pues permite a todos los implicados en la ejecución del proyecto tener información visual y documental en las distintas etapas del mismo.

De esta forma, la razón principal para la realización de la presente investigación, es ofrecer una guía a todos los profesionales que estén involucrados en el sector de la construcción, para que puedan implementar esta nueva metodología conocida como BIM, que ya es muy usada en muchos países del mundo, y así mejorar los procesos, planificación y dirección constructiva con el fin de optimizar tiempo y costos.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un manual de gestión de proyectos para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado bajo los lineamientos de la NEC-15, mediante la aplicación de la metodología BIM, para ofrecer a los profesionales del área de la construcción en general, una guía que les permita mejorar la aplicación de procesos.

Objetivos Específicos

- Crear un modelo digital mediante un software que simule el proceso colaborativo de las distintas áreas participantes.
- Elaborar un cronograma y presupuesto del proyecto.
- Establecer parámetros que permitan a profesionales del área de la construcción utilizar la metodología BIM.

Capítulo II

Marco teórico

Descripción

El proyecto contempla la elaboración de un manual para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado; dónde, se aplicó un modelamiento tridimensional de la estructura, planificación de fases del proyecto, control de plazos de ejecución y de gastos (BuildingSmart Spanish Charter, 2017).

Como apoyo se utilizó la herramienta BIM, que constituye una metodología digital que recopila en una base de datos toda la información del proyecto arquitectónico y civil, al integrar todas las disciplinas que intervengan en el desarrollo del mismo. Además, se optó por un software que permita trabajar bajo los parámetros de BIM, para que todo el equipo cuente con información visual y documental de las fases de los procesos constructivos, y así cumplir con las etapas de interés en el proyecto.

Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos constituye un conjunto de técnicas de planificación y dirección de procesos en un proyecto. Cada uno posee una variedad de operaciones ya establecidas, y todas estas acumuladas buscan el cumplimiento de los objetivos planteados (European Knowledge Center for Information Technology, 2018).

Básicamente podemos hablar que la gestión de proyectos se plantea los siguientes propósitos: gestionar el inicio y evolución de la obra, reconocer problemas que puedan ocurrir durante su ejecución y dar la solución adecuada, finalizar tras el cumplimiento del objetivo general.

Gestión de Proyectos en la construcción

La gestión de proyectos dentro del sector de la construcción está compuesto por un conjunto de procesos para planificar, dirigir y controlar el desarrollo de la obra en base a los diseños, con la menor cantidad de costos y dentro del período determinado (EADIC, 2015).

Descomponer el proyecto en diferentes áreas, permite la participación de cada especialista con la finalidad de buscar una buena coordinación entre estos, y cumplir con los objetivos del mismo. En la actualidad las nuevas tecnologías de información juegan un papel muy importante dentro de la construcción, ya que permiten precisamente obtener una adecuada gestión de la obra a construir. Se ha llegado a conocer que la implementación de estas nuevas tecnologías introducen procesos automatizados, que resultan en un mejor rendimiento y una disminución de los costos en coordinación y monitoreo de operaciones así como en la logística constructiva (ERP, 2018).

Metodología BIM

Definición

BIM (Building Information Modeling) es una metodología tecnológica que a través de simulaciones digitales gestiona las obras de construcción. Esta metodología permite crear y almacenar cada uno de los procesos que operan en las fases del proyecto (ITeC, 2019).

Los modelos BIM parten del modelo bidimensional y tridimensional, en donde cada elemento es creado con sus propios atributos físicos, obtenidos tras el diseño arquitectónico y estructural. Los elementos son conocidos como objetos BIM, que poseen un registro de datos específicos sobre sus materiales, medios y recursos que están implicados dentro de la gestión del proyecto (ITeC, 2019).

Dimensiones de BIM

Para gestionar toda la información, el sistema BIM incorpora un análisis del tiempo y costos del proyecto, con el objetivo de conseguir una automatización de procesos desde el inicio hasta el final de la obra. Esta metodología posee una serie de dimensiones visibles en la Figura 1 y descritas a continuación:

Figura 1.

Dimensiones de BIM



Nota: Esta figura indica la representación gráfica de las dimensiones de BIM .Tomado de: (Tech, 2019)

- 1D (Idea). Frente a una idea para realizar un proyecto constructivo se requiere inicialmente de un estudio de viabilidad, determinación de la ubicación y estimaciones geométricas y de costos (Terán, 2018).
- 2D (Boceto). Se realiza un boceto inicial del proyecto, se establecen materiales, se realizan los cálculos de cada área del proyecto y se prepara los procesos a seguir para la modelización en BIM (Editeca, 2019).
- 3D (Modelado). Consiste en el modelo geométrico de la estructura en tres dimensiones mediante un software, y representa la coordinación de las disciplinas que forman el proyecto (Editeca, 2019).
- 4D (Planificación). Se realiza la planificación de obra de todos los trabajos que son necesarios para construirla y se establecen los plazos de ejecución. Suele tomar en cuenta a la logística del proyecto, e intenta prever toda clase de problema que pueda darse en el lugar de construcción (BIMnD, 2019).
- 5D (Costo). Comprende la estimación y control de costos del proyecto; mediante la generación de presupuestos (Editeca, 2019).

- 6D (Sostenibilidad). Parte de una simulación del comportamiento energético de la estructura, para escoger las técnicas que optimicen el consumo de energía. Se refiere a todo lo concerniente con la eco eficiencia (BIMnD, 2019).
- 7D (Seguimiento/Mantenimiento). En esta dimensión se abarcan todos los procesos de conservación del edificio, para saber cuándo y de qué manera se realizaran los mantenimientos de las áreas que sean necesarias (Editeca, 2019).

Uso de BIM en el mundo

- **Europa:**

Los países europeos han sido los mayores impulsores de la implementación de BIM en proyectos de construcción que empleen fondos públicos, conociéndose que para el año 2016 todos los países de la Unión Europea que han implementado BIM han generado cerca de 18 millones de empleos con sus proyectos constructivos (BibLus, 2019).

En el continente europeo los países nórdicos lideran la implementación de BIM, casi a la par se encuentran los países occidentales y finalmente se encuentran los países del este. Dinamarca, para la actualidad, representa un líder para el continente europeo frente a la utilización de BIM, ya que desde el 2007 implantó requisitos de esta metodología en la ley de contratación pública, y hasta la actualidad un porcentaje mayor al 80% de proyectos constructivos han implementado BIM, de los cuales el más conocido es el Hospital Universitario en Aalborg de la Figura 2. Otro país que ha avanzado de manera significativa en la utilización de BIM es Francia, ya que más del 40% de empresas constructivas usan esta metodología para sus proyectos (BibLus, 2019).

Figura 2.*Hospital Universitario en Aalborg (Dinamarca)*

Nota: Se muestra un render del Hospital Universitario en Aalborg. Tomado de: (BibLus, 2018).

La Unión Europea en el año 2015 ya solicitó a sus países miembros la adopción de esta metodología, y con el transcurso de los años ciertos países han requerido de manera obligatoria utilizar BIM para proyectos de fondos públicos, por ejemplo Reino Unido, España, Dinamarca, Rusia, Finlandia y Suecia. Sin embargo, se espera que a finales del 2021 todos los países europeos ya tengan implementada esta metodología en sus proyectos del sector de la construcción (BibLus, 2019).

- **Asia:**

Los países orientales líderes en el uso de BIM son China, Singapur y Corea del Sur. Por su parte China a partir del 2016 ha demostrado un incremento exponencial en la implementación de BIM para sus proyectos constructivos en un 89%, destacándose la Torre Shanghai por su diseño, ya que es la segunda más alta del mundo y una de las primeras obras realizadas en China que usó BIM (Figura 3); sin embargo esta metodología todavía no es obligatoria, pero se espera que su utilización siga en ascenso (ACCA SOFTWARE, 2016).

Figura 3.

Torre Shanghái (China)



Nota: Esta figura corresponde a una fotografía de la Torre Shanghái, que fue trabajado con BIM. Tomado de: (BibLus, 2018)

Singapur a partir del 2010 ha impulsado la implementación de BIM en el sector de la construcción, mediante un fondo de \$6'000.000 destinados a cubrir costos de capacitación en esta metodología; y desde 2015 se convirtió en obligatorio para nuevas construcciones con áreas superiores a 5000 m² (Pérez, 2019).

Otro país muy conocido por la utilización de BIM es Corea del Sur, en donde se empezó a promover esta metodología desde el 2010, y desde el 2016 es obligatorio su uso para proyectos públicos que sobrepasen el valor de \$50M (A&E, 2017).

- **América:**

Dentro de Norteamérica los países más destacados por la implementación de BIM son Estados Unidos y Canadá; el primero es un pionero desde el 2003 en la implementación de BIM a nivel mundial, y a partir del 2007 es exigencia utilizar esta metodología para proyectos públicos, de tal manera que hasta la actualidad ya cuenta con una gran cantidad de realizados bajo esta metodología. Canadá cuenta con el Institute for BIM (IBC) desde el 2010, que corresponde una entidad en este país que proporciona directrices, guías y normativas de la utilización de BIM, para

que se vea incrementado el número de usuarios (A&E, 2017); sin embargo hasta la actualidad no existe una normativa para obras públicas, y es por esa razón que se han lanzado proyectos pilotos como el Royal Alberta Museum de la Figura 4.

Figura 4.

Royal Alberta Museum (Canadá)



Nota: Se muestra un render del Royal Alberta Museum. Tomado de: (BibLus, 2019)

En Latinoamérica la metodología BIM no presenta un desarrollo homogéneo, probablemente por desconocimiento del alto número de ventajas que podría significar su uso en el sector de la construcción (Gomez R. , 2018).

Los mayores exponentes de BIM en Latinoamérica son Chile, México, Colombia y Perú; dónde ya se ha implementado la utilización de esta metodología en la construcción para proyectos públicos y privados (Editeca, 2019).

Chile posee un alto nivel de aceptación de la metodología BIM en instituciones privadas y públicas, y se espera que hasta el segundo semestre del 2021 su implementación sea obligatoria para proyectos del sector público. Este país, para impulsar el uso de BIM, implementó el programa “Construye 2025”, con el que se busca fomentar su utilización para proyectos de construcción públicos y privados (Editeca, 2019).

Se espera que pese al desarrollo lento de BIM en Latinoamérica, para finales del 2021 la utilización de esta metodología aumente hasta un 11% en esta región (Editeca, 2019).

- **Oceanía:**

En Oceanía los mayores exponentes de BIM son Australia y Nueva Zelanda debido a que ambos países ofrecen guías desde 2014 para poder impulsar la utilización de esta metodología. Actualmente en ambos países no es requisito obligatorio para todos los proyectos públicos; sin embargo para proyectos con mayor grado de complejidad y costo si es requerido, por ejemplo el Perth Stadium en Australia de la Figura 5 (BibLus, 2018).

Figura 5.

Perth Stadium (Australia)



Nota: Esta figura corresponde a una fotografía del Perth Stadium, que fue trabajado con BIM. Tomado de: (BibLus, 2018)

Software aplicable a BIM

La plataforma BIM permite el modelamiento de las estructuras en sus tres dimensiones, dónde a su vez, se puede incluir datos de su geometría, sus elementos estructurales con sus propiedades, costos, etc., y así abarcar las siete dimensiones que posee BIM para un proyecto constructivo (Escuela de Diseño de Madrid, 2018).

Fundamentalmente lo indispensable de BIM es crear un único proyecto que permita el trabajo colaborativo de todas las áreas implicadas en el mismo, con la finalidad de que al realizar algún cambio, todas las áreas se modifiquen de manera automática.

Diseño arquitectónico

Consideraciones generales

El arquitecto es el encargado de plasmar su creatividad en cada obra, convirtiéndolas en únicas, sin embargo, de manera general se puede establecer ciertas consideraciones a tener presentes en cualquier obra de arquitectura:

- El habitante: antes de realizar cualquier diseño arquitectónico es necesario saber los requerimientos biológicos (temperatura, luminosidad, etc.), sociales, culturales, antropológicos, etc. (Manrique, 2013).
- Las ideas proyectuales: son los requisitos que surgen de la mente del habitante, y son transmitidas al arquitecto para que pueda realizar los esquemas iniciales del proyecto.
- Los materiales: se necesita definir con exactitud que materiales se van emplear en la construcción de la estructura, para que el diseñador arquitectónico sepa tomar las consideraciones necesarias en su diseño.

Pasos a seguir

- 1) Enlistar las necesidades de la vivienda. Se encuentran en función de los requisitos de la familia, por ejemplo el número de habitaciones y de baños, el espacio destinado para áreas sociales, la necesidad de una cocina funcional o con su espacio independiente, etc. (CONSTRUYE HOGAR, 2018).
- 2) Zonificación de ambientes. Se divide la vivienda en tres zonas: la zona social (comedor y sala), la zona privada (dormitorios y baños) y la zona de servicios (cocina y lavandería). (CONSTRUYE HOGAR, 2018).
- 3) Esquema de distribución. En función a los pasos anteriores se procede a realizar un dibujo inicial a mano alzada de la vivienda (CONSTRUYE HOGAR, 2018).

- 4) Digitalización. Este último paso consiste en realizar el diseño de la casa al usar cualquier software que permita la elaboración de planos arquitectónicos (CONSTRUYE HOGAR, 2018).

Software BIM en la arquitectura

En la construcción, la arquitectura juega un papel muy importante al encargarse de la distribución de espacios de las estructuras, ya que se ajusta a las necesidades de los habitantes para mejorar su calidad de vida (Diario La Libertad, 2020). Los proyectos arquitectónicos dentro del campo de BIM, constituyen la transformación de conceptos bidimensionales en diseños precisos que permitirán a las demás áreas trabajar bajo este modelo.

Un parámetro importante es la elección de un software que se ajuste a los requerimientos de BIM, de ellos Revit es el más conocido y utilizado para este trabajo debido a que aprovecha al máximo los beneficios de esta metodología, pues permite elaborar elementos 3D automáticamente al partir de elementos bidimensionales; además las fachadas y cortes del plano arquitectónico se pueden generar inmediatamente tras realizar el modelo de la estructura, y cualquier cambio realizado en el modelo no requiere de modificación en los planos ya que estos se actualizan sin intervención del usuario por cada cambio que se ejecute (Autodesk, 2019).

Estructura

Definición

Una estructura es un conjunto de elementos con dimensiones, formas y materiales diferentes, capaces de resistir el peso de las cargas actuantes en el sistema.

Cargas y combinaciones de cargas

Las cargas son las fuerzas a las que se encuentran sometidos los elementos estructurales, y pueden ser generadas por su peso propio así como por factores externos; de una manera general tenemos:

- Cargas permanentes. También conocidas como cargas muertas, se encuentran compuestas por los pesos propios de todos los elementos integrados a lo largo de la vida útil de la estructura (NEC-SE-CG, 2015).
- Cargas variables. O cargas vivas, representan el conjunto de cargas dependientes de la función que tendrá la estructura, y pueden ser personas, mobiliarios, equipos, etc. (NEC-SE-CG, 2015).
- Cargas accidentales. Suelen ocurrir eventualmente durante la vida útil de la estructura y ocurren por períodos cortos, sin embargo, pueden alcanzar altas magnitudes (Proaño, 2019).

Para que las cargas actúen simultáneamente se emplean las combinaciones de cargas normadas, con la finalidad de prevenir errores humanos en la ejecución de la obra. Las combinaciones de cargas se indican en el Tabla 1.

Tabla 1.

Combinación de Cargas

Combinaciones de Cargas	
1.	$1.4D$
2.	$1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
3.	$1.2D + 1.6(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (1.0L \text{ ó } 0.5W)$
4.	$1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
5.	$1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$
6.	$0.9D + 1.0W$
7.	$0.9D + 1.0E$

Nota: Se observan las combinaciones de carga, que establece la NEC para el diseño de estructuras. Tomado de: (NEC-SE-CG, 2015).

Conforme a lo expuesto en la Tabla 1, se presenta a continuación los símbolos con su respectiva notación:

- D: Carga Muerta
- E: Carga de sismo
- L: Carga Viva

- Lr: Carga Viva en techo
- S: Carga de granizo
- W: Carga de viento

Software BIM en el diseño estructural

Esta parte después de la elaboración del diseño arquitectónico, y usa un software que permite trabajar a los elementos estructurales dentro del modelo de arquitectura. Como se mencionó con anterioridad, Revit intenta maximizar el uso de BIM con la característica de poder utilizar en un solo modelo distintos elementos, para lograr un trabajo colaborativo de distintas áreas como arquitectura, ingeniería estructural e instalaciones (mecánica, eléctrica, fontanería).

Este software permite al diseñador estructural crear todos los elementos del proyecto como vigas, columnas, zapatas, etc., y modelar su respectiva armadura en 3D; además, el usuario puede acceder a documentación de los elementos y de su reforzamiento que podrá ser utilizada como detalles en los planos estructurales, útiles durante la construcción (Autodesk, 2019).

Sistema eléctrico para viviendas

Las instalaciones eléctricas comprenden un conjunto de conexiones para poder conducir y distribuir la corriente en una estructura. Este diseño se realiza de acuerdo a los planos arquitectónicos, con la finalidad de abarcar todos los requerimientos eléctricos que puedan tener los habitantes de la obra (NEC-SB-IE, 2018).

El MIDUVI ofrece al sector de la construcción el código NEC-SB-IE, el cual ofrece los lineamientos mínimos a cumplirse para un diseño de instalaciones eléctricas. Este código sirvió como fuente para la ejecución de este proyecto.

Software BIM en instalaciones eléctricas

Revit con su aplicación llamada "Revit MEP", permite a los usuarios generar todo el sistema eléctrico de una estructura, en un solo archivo que se actualizara por

todos los espacios correspondientes frente a cualquier modificación; además de que su visualización podrá restringirse si deseamos observar otros diseños de la estructura como por ejemplo el hidrosanitario. Junto a este software es posible diseñar conexiones monofásicas y trifásicas, colocar los ductos de transporte del cableado, y todos los elementos que intervengan en la instalación como luminarias, interruptores, tomacorrientes, tableros de distribución, etc. (Buscador de Arquitectura, 2018).

Sistema hidrosanitario para viviendas

El sistema hidrosanitario está compuesto por dos ramas principales que son el sistema de distribución y el de evacuación. El sistema de distribución es conocido como el sistema de instalaciones hidráulicas, que se encargan de proveer de agua a los distintos servicios de la estructura; y el sistema de evacuación corresponde al de instalaciones sanitarias destinadas al desalojo de las aguas residuales (Martínez, 2011).

El Ecuador cuenta con el código NHE Agua emitido en 2011, en donde se ofrecen lineamientos para el diseño hidrosanitario. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó como guía este código de la NEC, en su versión del 2011 que constituye la última emitida, ya que en el 2015 no se realizó ninguna actualización a este capítulo.

Software BIM en instalaciones hidrosanitarias

Revit MEP también se encarga del diseño hidrosanitario del proyecto, en donde se pueden colocar los diámetros de las tuberías de acuerdo a los cálculos y permite poner los aparatos sanitarios que necesitemos como lavamanos, inodoros, duchas, etc.; además, se encarga de colocar todos los accesorios necesarios para las conexiones. Estos diseños pueden observarse dentro del modelo arquitectónico; y a su vez, también se pueden generar vistas isométricas que pueden incorporarse a los planos que se generan con este software (Editorial Viadas S.A. de C.V., 2019).

Características de Revit

Revit a diferencia de otros programas que permiten modelar estructuras tridimensionales, presenta atributos muy importantes dentro de sus características, conocidas como familias.

Todos los elementos que se colocan en un proyecto de Revit, son conocidos como familias, y se caracterizan porque contienen distintos parámetros que pueden ser modificados, para que se ajusten a las necesidades específicas de cada diseño, es decir, se puede modificar dimensiones, materiales, etc.; sin embargo, su mayor función en este software es almacenar información dentro de una base de datos, a la que se puede acceder con la creación de tablas de cantidades, materiales y de planificación, en donde se cuantifican los parámetros de las familias, permitiendo a los usuarios obtener cantidades para presupuestos de obras (Montilla, 2017).

Adicionalmente, Revit ofrece generar vistas con las fases constructivas que tenga el proyecto en función a un cronograma; también se puede realizar análisis energéticos en el proyecto, gracias a programas complementarios que trabajan junto a Revit; y además existen opciones que permiten exportar información a otros programas, que pueden resultar de utilidad a los usuarios en el control de costos y la planificación de la obra. Frente a todos estos aspectos, este software proporciona la posibilidad de abarcar varias dimensiones de BIM en un solo modelo digital, que constituye una gran ayuda para todos los usuarios que deseen aplicar esta metodología en sus proyectos.

Trabajo colaborativo multidisciplinario en Revit

Es un servicio dado por la plataforma Revit que permite la sincronización de cada una de las etapas que componen un proyecto dentro de sus distintas disciplinas. Cada profesional encargado de su área comparte información en tiempo real por medio de un archivo local, este a su vez, se transmite a un archivo central cargado a los servidores de Autodesk-Revit, reduciendo los periodos de diseño y planificación (Autodesk, 2020).

Capítulo III

Diseños: arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico

Diseño Arquitectónico

Consideraciones generales

- Función de estructura: vivienda de dos pisos
- Tipo de estructura: vivienda en hormigón armado
- Necesidades: 3 habitaciones, 2 baños completos, ½ baño para área social, área compartida de sala y comedor, cocina integrada a área de máquinas.
- Zonificación: la zona social y de servicios serán destinadas al primer piso, y la zona privada para el segundo piso.
- Ubicación proyecto: Quito

Consideraciones específicas

Se tomó como guía la ordenanza metropolitana 3746 “Normas de Arquitectura y Urbanismo”, para establecer ciertos parámetros arquitectónicos que se ajusten a las necesidades del proyecto, enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2.

Especificaciones diseño arquitectónico

Especificaciones mínimas en diseño arquitectónico		
Espacios/Elementos	Ancho mín.	Altura mín.
Entrepisos	-	2.3 m
Espacio entre proyección de piezas sanitarias consecutivas	0.10 m	-
Espacio entre proyección de piezas sanitarias y pared lateral	0.15 m	-
Lado libre ducha	0.70 m	-
Fondo ropero	0.60 m	-
Escaleras en viviendas	0.90 m	2.3 m
Puerta ingreso a vivienda	0.96 m	2.03 m
Puerta interiores	0.86 m	2.03 m
Puerta de baño	0.76 m	2.03 m

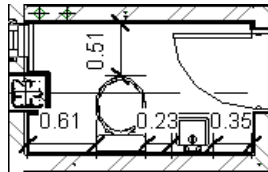
Nota: Se muestra un resumen de los requisitos arquitectónicos. Tomado de: (Consejo Metropolitano de Quito, 2009).

Resultados

El diseño arquitectónico de la vivienda del proyecto se encuentra disponible en la sección de Anexos, sin embargo, a continuación se indica el cumplimiento de las especificaciones mínimas presentadas anteriormente, en las Figuras 6, 7 y 8.

Figura 6.

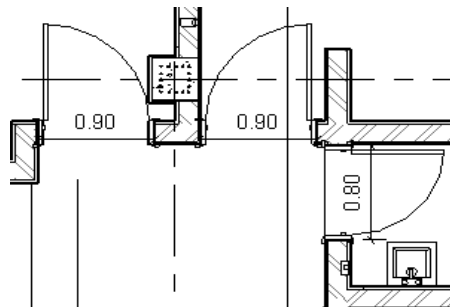
Espacio entre piezas sanitarias



Nota: Dimensiones en Revit de baño social de vivienda. Tomado de: (Propio).

Figura 7.

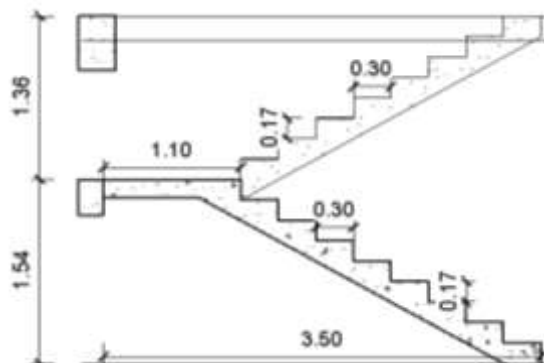
Anchos de puertas en vivienda



Nota: Dimensiones en Revit de puertas de dormitorios y un baño. Tomado de: (Propio)

Figura 8.

Dimensiones de la escalera en vivienda



Nota: Dimensiones en Revit de vista en corte de escalera. Tomado de: (Propio).

Diseño Estructural

Parámetros iniciales

- Normativa empleada: NEC-15 y ACI318-19.
- Datos de materiales:

Tabla 3.

Datos utilizados para diseño

O's = 10 T/m²	O's = Esfuerzo portante del suelo
D	Tipo de perfil del suelo
f'c = 210 Kg/cm²	f'c = Resistencia del hormigón
fy = 4200 Kg/cm²	fy = Esfuerzo de fluencia del acero varillas
h = 3,00 m	h = Altura de desplante

Nota. Se usaron estos valores de la tabla, debido a que la vivienda de este proyecto no cuenta con una ubicación específica. Tomado de: (Propia)

Pre dimensionamiento de elementos

Losa

En primer lugar necesitamos determinar si la losa es unidireccional o bidireccional, de tal manera se tomara el valor de las luces de la planta del diseño arquitectónico:

$$\frac{\text{LADO LARGO}}{\text{LADO CORTO}} = \frac{430}{350} = 1.23 \rightarrow \text{BIDIRECCIONAL}$$

Como la relación lado largo y lado corto es menor a 2, se diseña la losa como bidireccional.

- **Altura losa**

Para poder determinar la altura de la losa alivianada se debe encontrar la altura de la losa maciza y su equivalente como alivianada (Tabla4), pero se necesita conocer el vano de mayor longitud (ln) y el esfuerzo de fluencia del acero (fy):

$$h_{\min} = l_n * \frac{(800 + 0,0712 * f_y)}{36000}$$

$$h_{\min} = (430) * \frac{(800 + 0,0712 * 4200)}{36000} = 13,13 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

Tabla 4.*Equivalencias losas macizas y alivianadas*

Altura losa maciza (cm)	Altura losa alivianada (cm)
< 14.5	20 cm
14.6 – 18.06	25 cm
18.1 – 21.54	30 cm

Nota: Los valores de la tabla se obtienen al calcular las inercias equivalentes en losas macizas y alivianadas. Tomado de: (Propio).

De tal manera se diseña la losa alivianada con una altura de 20 cm.

- **Análisis de cargas**

- a. **Carga Muerta (D)**

$$\text{Peso p. carpeta de compresión} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.05\text{m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. nervios} = 3.60\text{m} * 0.10\text{m} * 0.15\text{m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 129.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. alivianamientos} = 8 * (0.20\text{m} * 0.40\text{m} * 0.15\text{m}) * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. losa} = (120 + 129.6 + 96) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 345.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Para continuar con el pre dimensionamiento de los demás elementos estructurales es necesario la consideración de otras cargas provenientes de los acabados, instalaciones, paredes y los pesos propios de vigas y columnas; de tal manera se parte con asumir estos valores para continuar con el análisis.

$$\text{Peso p. paredes} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. instalaciones} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. acabados} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. vigas} = 0.20 * 345.60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 69.12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. columnas} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

b. Carga Viva (L)

$$\text{Peso losas entrepiso} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso cubierta} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Vigas

- **Análisis de cargas**

Para el pre dimensionamiento de vigas, se consideran las siguientes cargas:

Tabla 5.

Cargas pre dimensionamiento de vigas

Descripción	Peso (kg/m ²)
CM: Peso p. losa	345.6
CM: Peso p. vigas	69.12
CM: Peso p. paredes	150
CM: Peso p. instalaciones	60
CM: Peso p. acabados	120
CV: Peso losas entrepiso (primer piso)	200
CV: Peso cubierta (segundo piso)	100

Nota: Valores de cargas para pre dimensionamiento de vigas. Tomado de: (Propio).

$$W_u \text{ primera planta} = 1.2 * 744.72 + 1.6 * 200 = 1213.66 \text{ kg/m}^2$$

$$W_u \text{ segunda planta} = 1.2 * 594.72 + 1.6 * 100 = 873.66 \text{ kg/m}^2$$

- **Formulas a utilizarse**

De acuerdo a (Aguiar, 2014) las cargas actuantes sobre las vigas se reparten a 45° y se forma un mosaico de cargas trapezoidales y triangulares (Figura 9), sin embargo, para obtener las secciones de las vigas se transforman estas cargas a rectangulares equivalentes, al aplicar las siguientes fórmulas.

$$q_1 = \frac{W * s}{3} \rightarrow \text{triangular}$$

$$q_2 = \frac{W * s}{3} * \left(\frac{3 - m^2}{2} \right); m = \frac{s}{L} \rightarrow \text{trapezoidal}$$

$$d = \sqrt{\frac{1.3 * Mu}{\phi * Ru * b}} \rightarrow \text{altura efectiva vigas}$$

Donde:

W = carga última o carga total

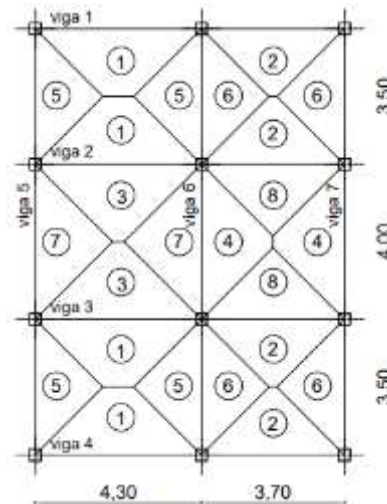
s = longitud menor de vano

L = longitud mayor de vano

Mu = momento último

Figura 9.

Mosaico de cargas en vigas



Nota: Mosaico de cargas en planta de vivienda del proyecto. Tomado de: (Propio).

Como se puede observar en la fórmula previa, para determinar la altura efectiva de las vigas se necesita el valor de R_u y M_u . El valor de R_u depende de la resistencia del hormigón, para el presente caso se tiene $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, por lo tanto $R_u=39,71$; para encontrar los momentos se utiliza las fórmulas del ACI para momentos aproximados en vigas continuas, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 6.

Momentos aproximados para vigas continuas no pre esforzadas

Momento	Localización	Condición	Mu
		Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$\frac{Wu * ln^2}{14}$

Momento	Localización	Condición	Mu	
Positivo	Vanos extremos	El extremo discontinuo no está restringido	$\frac{Wu * ln^2}{11}$	
	Vanos interiores	Todos	$\frac{Wu * ln^2}{16}$	
Negativo	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monóticamente con viga dintel de apoyo	$\frac{Wu * ln^2}{24}$	
	Cara exterior del primer apoyo interior	Miembros construidos monóticamente con columna como apoyo	$\frac{Wu * ln^2}{16}$	
	Las demás caras de apoyos	Dos vanos		$\frac{Wu * ln^2}{9}$
		Más de dos vanos		$\frac{Wu * ln^2}{10}$
	Cara de todos los apoyos que cumplen (a) o (b)	Todas		$\frac{Wu * ln^2}{11}$
		(a) Losas con luces que no exceden de 3m	(b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	$\frac{Wu * ln^2}{12}$

Nota: Se presentan los momentos del ACI, que son de utilidad para definir las secciones de las vigas. Tomado de: (ACI 318-19, 2019).

- **Resultados**

Tabla 7.

Resultado mosaico de cargas primer piso

Área	Tipo	S (m)	L (m)	Carga (kg/m)
1	Trapezoidal	3,50	4,30	1654,86
2	Trapezoidal	3,50	3,70	1490,41
3	Trapezoidal	4,00	4,30	1727,17
4	Trapezoidal	3,70	4,00	1604,90

Área	Tipo	S (m)	L (m)	Carga (kg/m)
5	Triangular	3,50	-	1415,94
6	Triangular	3,50	-	1415,94
7	Triangular	4,00	-	1618,21
8	Triangular	3,70	-	1496,85

Nota: Cargas para pre dimensionamiento de vigas primer piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 8.

Momentos en primer piso vigas 1-4

# Viga	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m
1 - 4	2185,60	3059,84	1968,40
2 - 3	4466,70	6253,38	3945,31

Nota: Momentos negativos y positivos de vigas 1-4 primer piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 9.

Momentos en primer piso vigas 5-7

# Viga	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m
5	1084,08	1238,94	2589,14	1618,21	2589,14	1238,94	1084,08
6	2168,15	2477,89	5156,98	3223,11	5156,98	2477,89	2168,15
7	1084,08	1238,94	2567,84	1604,90	2567,84	1238,94	1084,08

Nota: Momentos negativos y positivos de vigas 5-7 primer piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 10.

Secciones de vigas en primer piso

# Viga	M. máx. (kg-m)	b (cm)	d (cm)	h (cm)
1 - 4	3059,84	20	23,59	25,00
2 - 3	6253,38	25	30,16	30,00
5	2589,14	20	21,70	25,00
6	5156,98	25	27,39	30,00
7	2567,84	20	21,61	25,00

Nota: Secciones de pre dimensionamiento de vigas primer piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 11.

Resultado mosaico de cargas segundo piso

Área	Tipo	S (m)	L (m)	Carga (kg/m)
1	Trapezoidal	3,50	4,30	1191,26
2	Trapezoidal	3,50	3,70	1072,88

Área	Tipo	S (m)	L (m)	Carga (kg/m)
3	Trapezoidal	4,00	4,30	1243,32
4	Trapezoidal	3,70	4,00	1155,30
5	Triangular	3,50	-	1019,27
6	Triangular	3,50	-	1019,27
7	Triangular	4,00	-	1164,88
8	Triangular	3,70	-	1077,51

Nota: Cargas para pre dimensionamiento vigas segundo piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 12.

Momentos en segundo piso vigas 1-4

# Viga	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m
1 - 4	1573,32	2202,64	1416,96
2 - 3	3215,38	4501,53	2840,05

Nota: Momentos negativos y positivos vigas 1-4 segundo piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 13.

Momentos en segundo piso vigas 5-7

# Viga	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m	M(+) - kg.m	M(-) - kg.m
5	780,38	891,86	1863,81	1164,88	1863,81	891,86	780,38
6	1560,76	1783,72	3712,28	2320,18	3712,28	1783,72	1560,76
7	780,38	891,86	1848,48	1155,30	1848,48	891,86	780,38

Nota: Momentos negativos y positivos vigas 5-7 segundo piso. Tomado de: (Propio).

Tabla 14.

Secciones de vigas en segundo piso

# Viga	M. máx. (kg-m)	b (cm)	d (cm)	h (cm)
1 - 4	2202,64	20	20,02	25,00
2 - 3	4501,53	25	25,59	30,00
5	1863,81	20	18,41	25,00
6	3712,28	25	23,24	30,00
7	1848,48	20	18,34	25,00

Nota: Secciones de pre dimensionamiento vigas segundo piso. Tomado de: (Propio).

Columnas

- **Análisis de cargas**

En el pre dimensionamiento de columnas, se consideró las siguientes cargas:

Tabla 15.

Cargas pre dimensionamiento de columnas

Descripción	Peso (kg/m ²)
CM: Peso p. losa	345.6
CM: Peso p. vigas	69.12
CM: Peso p. columnas	100
CM: Peso p. paredes	150
CM: Peso p. instalaciones	60
CM: Peso p. acabados	120
CV: Peso losas entrepiso (primer piso)	200
CV: Peso cubierta (segundo piso)	100

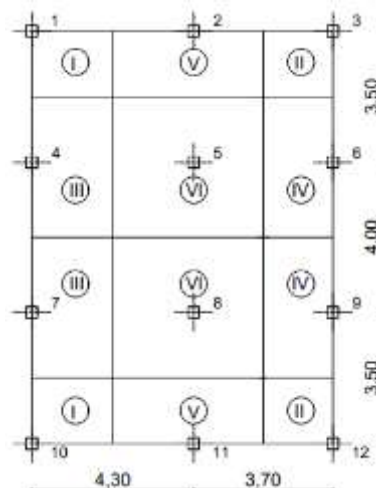
Nota: Valores de cargas para pre dimensionamiento columnas. Tomado de: (Propio).

$$W_u \text{ primera planta} = 1.2 * 844.72 + 1.6 * 200 = 1333.66 \text{ kg/m}^2$$

$$W_u \text{ segunda planta} = 1.2 * 694.72 + 1.6 * 100 = 993.66 \text{ kg/m}^2$$

Figura 10.

Áreas cooperantes columnas



Nota: Áreas cooperantes en columnas de la planta de vivienda. Tomado de: (Propio).

- **Formulas a utilizarse**

Para el pre dimensionamiento se utilizó la fórmula de la resistencia axial de columnas del (ACI 318-19, 2019), y se despejó el área gruesa a manera de obtener las secciones:

$$P = QT * \# \text{ pisos} * A \text{ coop}$$

$$\phi Pn = 0,80 \phi (0,85 f'c Ac + fy As)$$

Donde:

P = carga de columnas por área cooperante

QT = carga ultima por piso o nivel

ϕPn = resistencia de diseño por carga axial

ϕ = factor de reducción de resistencia

f_y = resistencia a la fluencia del acero

$f'c$ = resistencia del concreto a compresión

A_c = área de la sección de concreto

A_s = área de refuerzo longitudinal

- **Resultados**

Tabla 16.

Secciones de columnas en primer y segundo piso

Tipo	Posición	Área coop. (m2)	P (T)	Ag (cm2)	b = h	Dimensiones adoptadas (b x h)
Primer Piso						
I	1, 10	3,76	10,04	200,72	14,17	30 x 30
II	3, 12	3,24	8,64	172,71	13,14	30 x 30
III	4, 7	8,06	21,51	430,11	20,74	30 x 30
IV	6, 9	6,94	18,50	370,09	19,24	30 x 30
V	2, 11	7,00	18,67	373,42	19,32	30 x 30
VI	5, 8	15,00	40,01	800,20	28,29	30 x 30
Segundo Piso						
I	1, 10	3,76	7,48	149,55	12,23	30 x 30
II	3, 12	3,24	6,43	128,68	11,34	30 x 30
III	4, 7	8,06	16,02	320,46	17,90	30 x 30
IV	6, 9	6,94	13,79	275,74	16,61	30 x 30
V	2, 11	7,00	13,91	278,22	16,68	30 x 30
VI	5, 8	15,00	29,81	596,20	24,42	30 x 30

Nota: Secciones de pre dimensionamiento de columnas. Tomado de: (Propio).

Cortante basal

Para poder determinar el cortante basal se utilizó como guía la (NEC-SE-DS, 2015), y los parámetros necesarios son:

- Factor de zona sísmica: $Z=0.40$
- Coef. de amplificación del suelo en zona de período corto: $F_a=1.20$
- Coef. de amplificación de las ordenadas del espectro elástico: $F_d=1.19$
- Coef. de comportamiento no lineal en los suelos: $F_s=1.28$
- Relación de amplificación espectral: $\eta=2.48$
- Coef. de importancia: $I=1.00$
- Altura máxima de la edificación: $h_n=6.20$
- Coef. de irregularidad en planta: $\phi_P=0.90$
- Coef. de irregularidad en elevación: $\phi_E=1.00$
- Coef. del tipo de edificio: $C_t=0.055 - \alpha=0.90$
- Factor de reducción sísmica: $R=8$
- Carga muerta de estructura: W

$$W = CM * \text{Área losa} * N^\circ \text{Pisos} = 142.45 \text{ [Tn]}$$

$$T_a = C_t * h_n^\alpha = (0.055) * (6.20)^{(0.9)} = 0.2841 \text{ [seg]}$$

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.1 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20} = 0.1269 \text{ [seg]}$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20} = 0.6981 \text{ [seg]}$$

$$S_a = \eta * z * F_a = 2.48 * 0.40 * 1.20 = 1.1904$$

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W = \frac{1 * 1.1904}{8 * 0.9 * 1} * W = 0.1653 * W$$

$$V = 0.1653 * 142.45 \text{ [Tn]} = 23.55 \text{ [Tn]}$$

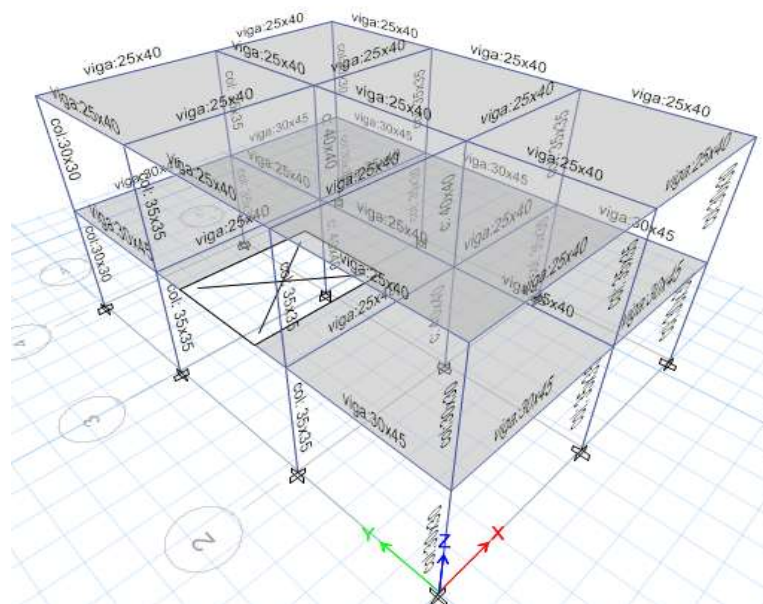
Modelamiento

En todo diseño estructural es necesario realizar un modelamiento en un software que permita determinar las secciones definitivas de los elementos, así

como el cumplimiento normativo de ciertos parámetros que se indican a continuación:

Figura 11.

Secciones estructura vista en 3D



Nota: Esta imagen corresponde a un resultado del programa Etabs. Tomado de: (Propio).

- **Derivas de piso**

De acuerdo a la norma ecuatoriana de construcción NEC-SE-DS, los valores de derivas de piso no podrán exceder a los presentados en la Tabla 17.

Tabla 17.

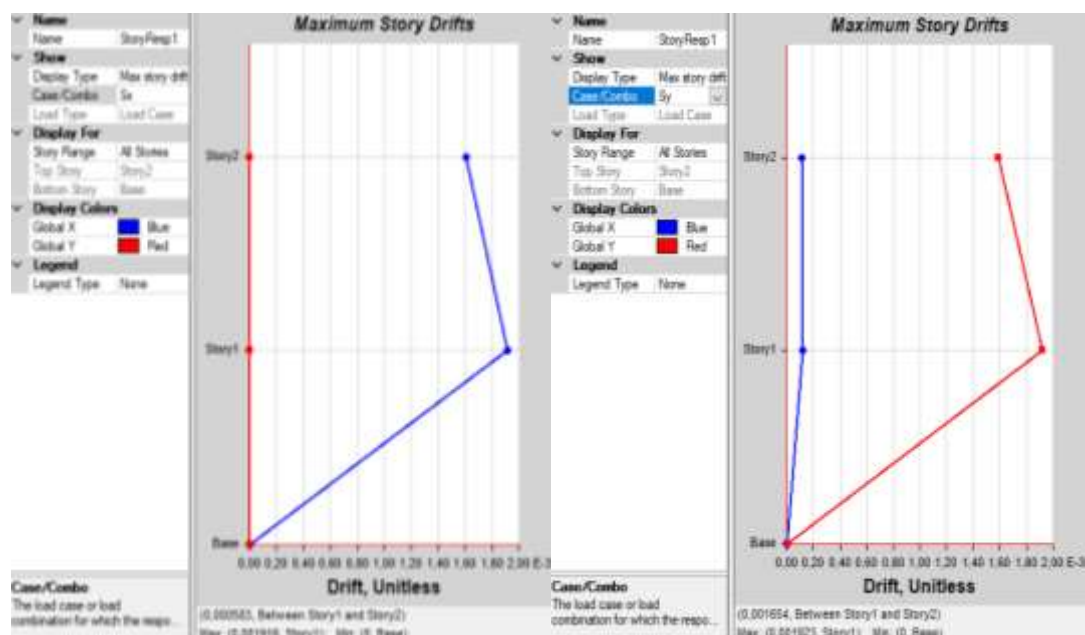
Valores de ΔM máximos normativos

Estructuras de:	ΔM máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: Derivas recomendadas por la NEC. Tomado de: (NEC-SE-DS, 2015).

Figura 12.

Máximas derivas obtenidas en modelamiento



Nota: Esta imagen corresponde a un resultado del programa Etabs. Tomado de: (Propio).

En base a los resultados obtenidos en el modelamiento estructural, se procede a calcular el valor de las derivas tanto para S_x como para S_y , y en este caso se puede observar que ambas poseen un valor inferior a 0.02 en la Tabla 18.

Tabla 18.

Derivas inelásticas obtenidas en modelamiento

Derivas inelásticas				
SX			SY	
ϕ		0.75	ϕ	0.75
R		8.00	R	8.00
δ software		0.001916	δ software	0.001923
δ inelástica		0.011496	δ inelástica	0.011538

Nota: Derivas presentes en vivienda de proyecto. Tomado de: (Propio).

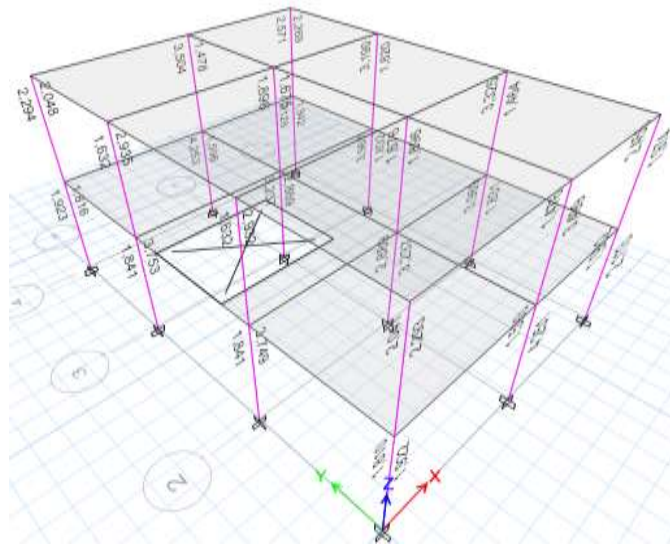
- **Relación viga-columna**

En función a los requisitos de la NEC para cumplir con la relación columna fuerte-viga débil, la capacidad de la columna debe ser como mínimo un 20%

superior a la de la viga (MIDUVI, 2015). Por lo tanto se revisa que en cada nudo la relación viga-columna sea mayor a 1.20, como se observa en la Figura a continuación:

Figura 13.

Relación viga-columna de estructura

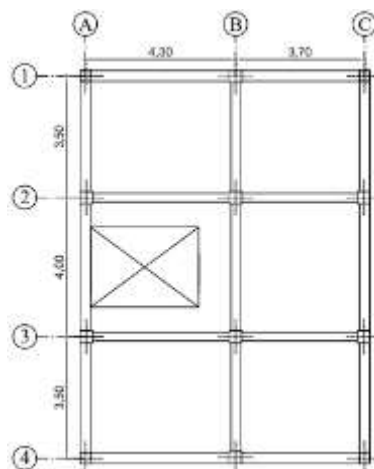


Nota: Esta imagen corresponde a un resultado del programa Etabs. Tomado de: (Propio).

- **Secciones definitivas**

Figura 14.

Planta de primer piso de vivienda



Nota: Planta con dimensiones de vigas y columnas definitivas. Tomado de: (Propio)

Con el cumplimiento de los parámetros indicados anteriormente se puede definir las secciones a utilizar en el diseño estructural para el cálculo de la armadura de los elementos, de tal manera se presenta a continuación las secciones definitivas de vigas y columnas (Tabla 19), en función de su posición de acuerdo a la planta presentada en la Figura 14.

Tabla 19.

Secciones definitivas de vigas y columnas en estructura

b	h	Posición
Primer piso		
Columnas		
30	30	A1, C1, A4, C4
35	35	B1, A2, B2, C2, A3, B3, C3, B4
Vigas		
25	40	Eje 2, Eje 3, Eje B
30	45	Eje 1, Eje 4, Eje A, Eje C
Segundo piso		
Columnas		
30	30	A1, C1, A4, C4
35	35	B1, A2, B2, C2, A3, B3, C3, B4
Vigas		
25	40	Eje 1, 2, 3, 4, A, B, C

Nota: Secciones definitivas por cada piso. Tomado de: (Propio)

Diseño de elementos estructurales

En el modelamiento se obtuvo las secciones definitivas de vigas y columnas de la estructura; de tal manera, para continuar con el cálculo de los aceros de refuerzo primero necesitamos conocer el peso real de los elementos:

Carga Muerta (D)

$$\text{Peso p. losa} = 345,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. paredes} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. instalaciones} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. acabados} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. vigas} = \frac{0,25 * 0,4 * (11 + 8 * 2) * 2400 + 0,3 * 0,45 * (11 * 2 + 8 * 2) * 2400}{11 * 8} + \frac{0,25 * 0,4 * (11 * 3 + 8 * 4) * 2400}{11 * 8} = 390,82 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso p. columnas} = \frac{(0,3 * 0,3 * 4 + 0,35 * 0,35 * 8) * 6,2 * 2400}{11 * 8} = 226,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga Viva (L)

$$\text{Peso losas entrepiso} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso cubierta} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Con la obtención de los pesos anteriormente enlistados se procede al cálculo de la armadura de losas, vigas, columnas y cimentaciones disponibles en la sección de Anexos. Para la escalera se optó por un modelo de escalera maciza, y para su respectivo diseño las cargas consideradas son las siguientes:

Características de la escalera:

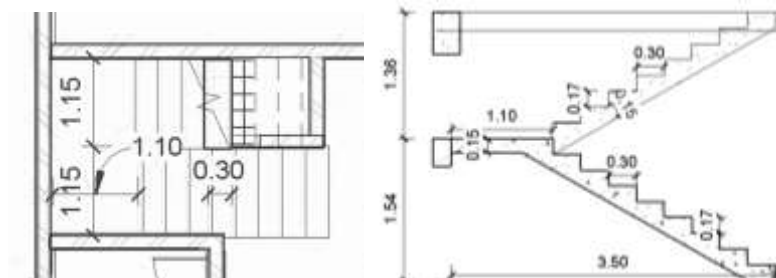
La altura de la escalera es definida mediante los espesores mínimos de losas macizas del (ACI 318-19, 2019), y para las dimensiones de los escalones se usa de guía la fórmula recomendada por (Consejo Metropolitano de Quito, 2009). En la

Figura 15 se muestran los resultados:

- h. escalera = $\frac{320}{24} = 13,33\text{cm} \approx 15 \text{ cm}$
- Dim. huella = 17 cm
- Dim. contrahuella = $64 - 17 * 2 = 30 \text{ cm}$

Figura 15.

Vista en planta y corte de escalera



Nota: Vistas generadas en Revit. Tomado de: (Propio)

Cargas:

$$\text{Peso losa descanso} = 1 * 1,15 * 0,15 * 2400 = 414,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso escalones} = 1,15 * 0,5 * 0,3 * 0,17 * \frac{1}{0,3} * 2200 = 215,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso enlucido + masillado} = 1 * 1,15 * 0,02 * 2200 = 50,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso p. acabados} = 1 * 1,15 * 0,02 * 2200 = 50,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso pasamanos} = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga viva} = 500 * 1,15 = 575 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\mathbf{q_u = (CV + CM) * 1,50 = 1355,25 * 1,50 = 2032,88 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

Los resultados del cálculo del refuerzo de cada uno de los elementos estructurales son representados gráficamente en planos, que llevan la armadura de los elementos así como sus planillas. Estos planos sirvieron para el cumplimiento del objetivo de esta investigación.

Diseño Hidrosanitario***Parámetros iniciales***

- Habitantes vivienda: 4
- Sistema de abastecimiento: directo de la red pública y mediante cisterna

Red de agua fría y agua caliente

En el diseño de la red de agua fría se utilizó el método Americano y Hunter, con la finalidad de compararlos con el método del capítulo 16 de la NEC-11 y así seleccionar el caudal que sirva para determinar el diámetro de tubería. Para diseñar la red de agua caliente se tomó en cuenta la sugerencia de la NEC-11 de considerar el 67% del caudal instantáneo mínimo de la red de agua fría.

Tabla 20.

Caudal instantáneo y unidad mueble por aparato sanitario

Nivel	Tipo de aparato	Cantidad	Caudal inst. unitario (lt/seg)	UM unitario	Caudal total (lt/seg)	UM total
1	Lavabo	1	0,1	1	0,1	1
	Inodoro	1	0,1	6	0,1	6
	Fregadero de cocina	1	0,2	2	0,2	2
	Lavadora	1	0,2	3	0,2	3
2	Lavabo	2	0,1	1	0,2	2
	Inodoro	2	0,1	6	0,2	12
	Ducha	2	0,2	2	0,4	4
TOTAL					1,4	30

Nota: Unidades muebles de cada piso de la vivienda. Tomado de: (NHE AGUA, 2011)

Tabla 21.

Caudales y diámetro de tubería para red de agua fría

Calculo de diámetros de tubería		
Método Americano	C. instantáneo (l/min)	84,00
	C. máximo probable (l/min)	37,20
	C. máximo probable (l/s)	0,62
Método Hunter	UM total	30,00
	C. máximo probable (l/s)	1,55
	F	2,00
NEC 2011	n	10,00
	ks	0,41
	C. máximo probable (l/s)	0,58
Caudal seleccionado (l/s)		0,58
v (m/s)		2,00
D (cm)		1,92
D tubería (pulg)		3/4"

Nota: Se selecciona el método de la NHE Agua para determinar el diámetro de la tubería de agua fría. Tomado de: (Propio)

En el diseño de la red de agua fría se seleccionó el método de la NEC-11 para determinar el diámetro de tubería, y la velocidad seleccionada se encuentra en

el rango de 0,6 m/s a 2,5 m/2, sugerido por la (NHE AGUA, 2011). El caudal de diseño de la red de agua caliente es de 0,39 l/s y el diámetro de ½”.

Como indicaciones generales para los diámetros de conexión de los aparatos sanitarios se usaran los diámetros establecidos en la Tabla 22, solo en el caso de que el aparato lo requiera se usara otro valor; además se coloca una llave de corte en cada aparato sanitario para reparaciones y mantenimiento.

Tabla 22.

Presiones y diámetros de aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Presión recomendada (mca)	Presión mínima (mca)	Diámetro (pulg)
Lavabo	5	2	1/2
Inodoro	7	2,8	1/2
Fregadero de cocina	4	2	1/2
Lavadora	7	2,8	1/2
Ducha	10,33	2	1/2

Nota: Datos de diámetros necesarios para Revit. Tomado de: (Pérez Carmona, 2010)

- **Cálculo de pérdidas**

De acuerdo a (NHE AGUA, 2011), el cálculo de pérdidas se realizara en función a su longitud y accesorios, tanto para tuberías de agua fría como para tuberías de agua caliente, y los resultados se presentan en la Tabla 23 y Tabla 24.

Las formulas a aplicar son las siguientes:

$$hf = m * L * \left(\frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \right)$$

$$Le = \left(A * \left(\frac{d}{25,4} \right) \pm B \right) * \left(\frac{120}{C} \right)^{1,8519}$$

Donde:

hf = pérdida de carga por longitud (m.c.a.)

m = constante del material del tubo (m=0,00054 plástico)

L =longitud de tubería (m)

V = velocidad (m/s)

D = diámetro (m)

Le = longitud equivalente (m)

A, B = factores dependientes del tipo de accesorio

d = diámetro interno (mm)

C = coeficiente según material de tubería (C=150 plástico)

Tabla 23.

Cálculo de pérdidas por longitud

Pérdidas de carga por longitud		
	Agua fría	Agua caliente
L (m)	15,67	19,63
V (m/s)	2,00	2,00
D (m)	0,02	0,02
hf (mca)	4,02	5,04

Nota: Pérdidas por longitud red fría y caliente. Tomado de: (Propio)

Tabla 24.

Cálculo de pérdidas por accesorios

Pérdidas de carga por accesorios						
Accesorio	Cantidad	A	B	C	d (mm)	Le (mca)
Agua fría						
Codo radio largo 90°	9	0,52	0,04			2,56
Tee con reducción	2	0,56	0,33			0,99
Tee de salida bilateral	3	1,56	0,37	150	19,05	3,06
Válvula de compuerta abierta	1	0,17	0,03			0,10
Total						6,71
Agua caliente						
Codo radio largo 90°	10	0,52	0,04			2,84
Tee de salida bilateral	4	1,56	0,37	150	19,05	4,07
Total						6,92

Nota: Pérdidas por accesorios red fría y caliente. Tomado de: (NHE AGUA, 2011)

- **Diseño de cisterna**

En diseño de cisternas, un parámetro importante es la dotación para calcular el consumo diario de agua, y de acuerdo a (NHE AGUA, 2011) en viviendas este valor se encuentra en un rango entre 200 a 350 lt/hab-día. Los resultados se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25.

Cálculo del consumo diario de agua

Nivel	Grifería	Dotación (lt/hab-día)	Habitantes (hab)	Consumo diario (lt/día)
1 ^{er} piso	1/2 Baño Cocina Sección de maquinas	350	4	1400
2 ^o piso	2 Baños completos			

Nota: Consumo diario con recomendaciones de la NHE Agua. Tomado de: (Propio)

De acuerdo a (Pérez Carmona, 2010), para obtener las dimensiones de la cisterna se usa un 60% a 70% del valor de consumo diario, en sistemas que incorporen una bomba y tanque hidroneumático. En este proyecto se necesita una cisterna de 980 lt; sin embargo, se utilizó un tanque cisterna de 1100 lt que se puede conseguir en casas comerciales.

- **Tanque hidroneumático**

Para conocer la potencia de la bomba y volumen del tanque hidroneumático, se siguió las sugerencias de (Pérez Carmona, 2010), de calcular una presión de conexión y de desconexión de la bomba para garantizar su funcionamiento (Tabla 26), al aplicar las fórmulas a continuación:

$P_a = \text{Altura geométrica} + \text{Pérdidas de carga} + \text{Presiones necesarias}$

$P_b = P_a + \text{Presión requerida}$

$Q_b = 0,25 * Q_a$

$Q_m = \frac{Q_a + Q_b}{2}$

$$P = \frac{Qa * Pb}{E}$$

$$VR = \frac{Qm * T}{4}$$

$$VE = \frac{VR * (Pb + 1)}{Pb - Pa}$$

Donde:

Pa = presión de conexión (mca)

Pb = presión de desconexión (mca)

Qa = caudal máximo probable (m/s)

Qb = caudal de corte (m/s)

Qm = caudal medio (m/s)

E = eficiencia de la bomba (%)

VR = volumen de regulación (lt)

VE = volumen de estanque (lt)

Tabla 26.

Resultados cálculo de tanque hidroneumático

Tanque hidroneumático	
Datos	
Caudal máx. probable (lt/seg)	0,58
Altura geométrica (mca)	4,00
Rango (mca)	10,00
Perdidas necesarias (mca)	10,00
Pérdidas de carga por longitud (mca)	4,02
Pérdidas de carga por accesorios (mca)	6,71
Cálculos de potencia de la bomba	
Presión de conexión - Pa (mca)	14,73
Presión de desconexión - Pb (mca)	24,73
Eficiencia de la bomba (%)	80,00
Qa (lt/seg)	0,58
Qb (lt/seg)	0,15
Potencia de la bomba (HP)	0,18
Cálculos del volumen del tanque	
Qm (lt/seg)	0,36

Tanque hidroneumático	
Presión de conexión - Pa (atm)	1,43
Presión de desconexión - Pb (atm)	2,39
Período de bombeo - T (min)	1,20
Volumen de regulación - VR (lt)	6,53
Volumen estanque - VE (lt)	22,88

Nota: Cálculo de la bomba y tanque hidroneumático de vivienda. Tomado de: (Propio)

De acuerdo a los cálculos, para este proyecto se usó una bomba de 0,5 HP y un tanque hidroneumático de 24 lt.

Red de aguas servidas

Con el método de unidades de descarga podemos seleccionar el diámetro de tubería para la conexión de cada aparato sanitario (Tabla 27), además de seleccionar los diámetros para las tuberías de los ramales horizontales y de la bajante (Tabla 28 y Tabla 29).

Tabla 27.

Unidades de descarga aparatos sanitarios de vivienda

Nivel	Tipo de aparato	Cantidad	Unidades de descarga	Diámetro mínimo (pulg)	Unidades de descarga totales
1	Lavabo	1	2	1 1/2	2
	Inodoro	1	3	4	3
	Fregadero de cocina	1	2	1 1/2	2
	Lavadora	1	2	2	2
2	Lavabo	2	2	1 1/2	4
	Inodoro	2	3	4	6
	Ducha	2	2	3	4
TOTAL					23

Nota: Unidades de descarga por niveles. Tomado de: (Pérez Carmona, 2010)

Tabla 28.

Diámetros de derivación

Máx. unidades de descarga	Diámetro derivación (pulg)
20	3
160	4

Máx. unidades de descarga	Diámetro derivación (pulg)
620	6
1400	8

Nota: Recomendaciones de Pérez Carmona. Tomado de: (Pérez Carmona, 2010)

Tabla 29.

Diámetros de bajante en edificios de hasta tres pisos

Máx. unidades de descarga	Diámetro bajante (pulg)
30	3
240	4
960	6
2200	8

Nota: Recomendaciones de Pérez Carmona. Tomado de: (Pérez Carmona, 2010)

De acuerdo a las Tablas 28 y 29, se define la tubería para la bajante y las derivaciones horizontales con un diámetro de 4", y la pendiente de descarga es de 2% bajo las sugerencias de (Pérez Carmona, 2010) que sea mayor a 1%.

- **Pozos de revisión**

Los pozos de revisión permiten ventilación y acceso a la red de alcantarillado para poder realizar mantenimiento en caso de ser necesario (EMAAP-Q, 2009).

Estos se colocan únicamente bajo las siguientes condiciones:

- En el caso de intersección de las tuberías
- Al haber cambios de pendiente y dirección
- En cambio de secciones y materiales de la conducción
- Al arranque de tuberías o colectores
- En tramos rectos a distancias menores de la Tabla 30

Tabla 30.

Distancia límite entre pozos

Diámetro (mm)	Distancia (m)
<350	100
400 - 800	150

Diámetro (mm)	Distancia (m)
>800	200

Nota: Distancias para pozos por su diámetro. Tomado de: (EMAAP-Q, 2009)

En el caso de necesitar un pozo de revisión, su diámetro se escoge en base al diámetro de la tubería conectada, de la siguiente manera:

Tabla 31.

Diámetro del pozo

Diámetro de tubería (mm)	Diámetro de pozo (m)
≤550	0,9
>550	Diseño especial

Nota: Diámetros de pozos de acuerdo a tuberías. Tomado de: (EMAAP-Q, 2009)

Para las conexiones domiciliarias se usó cajas de revisión conectadas de 0,60 x 0,60 x 0,80 m (INEN 1752, 1990), y están conectadas a la tubería de descarga con un ángulo de 45° y una pendiente mínima del 2% (EMAAP-Q, 2009).

Sistemas de aguas lluvias

Se utilizó el método racional para determinar el caudal y la ecuación de Chezy para obtener el diámetro de las tuberías de recolección de las aguas lluvias (Tabla 32), los datos necesarios están sujetos a las recomendaciones de (EMAAP-Q, 2009), como el período de retorno (T) que se encuentra entre 2 a 5 años, el tiempo de concentración (t) entre 5 a 360 min, el coeficiente de escorrentía entre 0,30 a 0,60 y el coeficiente de rugosidad de 0,011.

- **Formulas a utilizarse**

$$Q = \frac{C' * I * A'}{360}$$

$$Q = A * C * \sqrt{R * i}; C = \frac{1}{n} R^{1/6} \rightarrow \text{según Manning}$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

C' = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de precipitación (mm/hora)

A' = área de aportación (Ha)

A = área de sección de tubería (m²)

i = pendiente de descarga (%)

C = coeficiente de Chezy

R = radio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidad

Para el cálculo de la intensidad de precipitación se usaran las ecuaciones IDF de las estaciones pluviométricas de Quito de acuerdo a (EMAAP-Q, 2009):

$$I1 = \frac{74,7140 * T^{0,0888} * [\ln(t + 3)]^{3,8202} * (\ln T)^{0,1892}}{t^{1,6079}} \rightarrow \text{Izobamba}$$

$$I2 = \frac{48,6570 * T^{0,0896} * [\ln(t + 3)]^{5,2340} * (\ln T)^{0,2138}}{t^{1,9654}} \rightarrow \text{Quito - Observatorio}$$

$$I3 = \frac{76,8002 * T^{0,0818} * [\ln(t + 3)]^{3,7343} * (\ln T)^{0,2784}}{t^{1,5847}} \rightarrow \text{Iñaquito - Inamhi}$$

$$I4 = \frac{55,6656 * T^{0,0922} * [\ln(t + 3)]^{4,1647} * (\ln T)^{0,0985}}{t^{1,6567}} \rightarrow \text{DAC - Aeropuerto}$$

$$I5 = \frac{44,2595 * T^{0,0973} * [\ln(t + 3)]^{4,4013} * (\ln T)^{0,0317}}{t^{1,6591}} \rightarrow \text{La Chorrera}$$

$$I6 = \frac{39,90 * T^{0,09} * [\ln(t + 3)]^{5,38} * (\ln T)^{0,11}}{t^{1,93}} \rightarrow \text{La Tola}$$

Donde:

T = periodo de retorno (años)

t = tiempo de concentración (min)

Tabla 32.

Tubería para sistema de aguas lluvias

Sistema de aguas lluvias		
Datos para el diseño		
T	años	5
t	minutos	5
n		0,011
C'		0,60

Sistema de aguas lluvias		
Cálculos		
A'	ha	0,002
I1	mm/h	116,23
I2	mm/h	121,43
I3	mm/h	120,15
I4	mm/h	99,21
I5	mm/h	91,26
I6	mm/h	111,73
I	mm/h	110,00
Q	l/s	0,44
i	%	1
Díámetro	pulg	1,50

Nota: Se toma un promedio de las intensidades de precipitación. Tomado de: (Propio)

Con los resultados obtenidos en el cálculo se coloca en esta vivienda un sistema de tuberías de PVC para recolección de aguas lluvias de 1 ½" y el diámetro de la bajante es de 3".

Diseño Eléctrico

Parámetros iniciales

De acuerdo a (NEC-SB-IE, 2018), los parámetros utilizados para el diseño eléctrico de viviendas son:

- Área de construcción de vivienda: 187,58 m²
- Clasificación de vivienda por área de construcción: Mediana
- Número de circuitos (iluminación-tomacorrientes): 2
- Cargas especiales: lavadora, secadora de ropa y cocina eléctrica
- Potencias de focos: 100 W
- Potencias de tomacorrientes: 200 W
- Factor de demanda de iluminación: 0,70
- Factor de demanda de tomacorrientes: 0,50
- Factor de demanda de cargas especiales: 0,75

Cálculos del sistema eléctrico

- **Demanda eléctrica de vivienda**

Para realizar estos cálculos se usó como guía el Anexo 2 de (NEC-SB-IE, 2018), y las fórmulas a emplearse son:

$$PL = \# \text{ circuitos} * \text{puntos iluminación} * pf$$

$$DL = PL * fdl$$

$$PT = \# \text{ circuitos} * \text{puntos tomacorrientes} * pt$$

$$DT = PT * fdt$$

$$DE = PE * fde$$

$$DT = DL + DT + DE$$

Donde:

PL = potencia de iluminación (w)

pf = potencia de focos (w)

DL = demanda de iluminación (w)

fdl = factor de demanda de iluminación

PT = potencia de tomacorrientes (w)

pt = potencia de tomacorrientes (w)

DT = demanda de tomacorrientes (w)

fdl = factor de demanda de tomacorrientes

PE = potencia de cargas especiales (w)

DE = demanda de cargas especiales (w)

fde = factor de demanda de cargas especiales

DT = demanda total (w)

Tabla 33.

Demanda eléctrica

Cálculos de la demanda eléctrica	
Puntos de iluminación	15
Puntos de tomacorrientes	14

Cálculos de la demanda eléctrica	
Potencia iluminación (W)	3000
Demanda de iluminación (W)	2100
Potencia de tomacorriente (W)	5600
Demanda de tomacorriente (W)	2800
Potencia de cargas especiales (W)	11000
Demanda de cargas especiales (W)	8250
Demanda total (W)	13150

Nota: Demanda eléctrica para funcionamiento de vivienda. Tomado de: (Propio)

- **Tipos y secciones de conductores de elementos**

Tabla 34.

Conductores para elementos eléctricos

Conductores elementos eléctricos		
Circuitos de:	Tipo	Sección
Iluminación	Cobre aislado (THHN)	14 AWG
Tomacorriente	Cobre aislado (THHN)	12 AWG
Medidor a tablero de distribución	Cobre aislado (THHN)	6 AWG

Nota: Conductores recomendados por la NEC. Tomado de: (NEC-SB-IE, 2018)

Para la iluminación se usa la misma sección del conductor para la fase, neutro y tierra; en tomacorrientes la fase y neutro llevaran la misma sección, y para tierra se usa un conductor de cobre con sección 10 AWG (NEC-SB-IE, 2018).

Capítulo IV

Manual de aplicación de BIM para viviendas de hasta dos pisos en hormigón armado

Idea

Como paso inicial el usuario necesita delimitar las características principales del proyecto que se desarrollará. A continuación se describen ciertos parámetros que podrán resultar de utilidad:

- Función de estructura
- Materiales para elementos estructurales y no estructurales
- Ubicación del proyecto
- Número de habitantes o personas que usaran estructura
- Zonificación de áreas arquitectónicas

Diseño bidimensional de la estructura

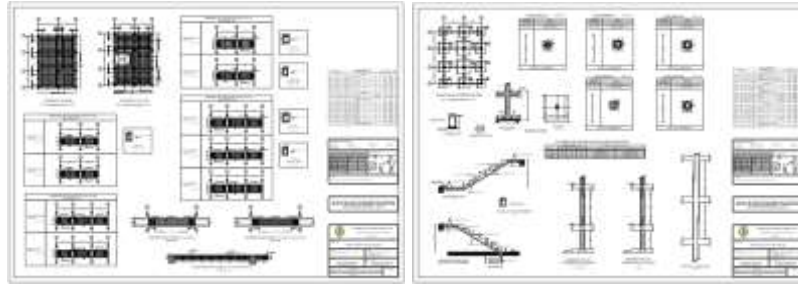
- Realizar el diseño arquitectónico de la estructura que se desee construir, en función de los requisitos u ordenanzas municipales que dependen de la ubicación del proyecto.
- Hacer los cálculos respectivos para el diseño estructural, hidrosanitario y eléctrico.
- Documentar los resultados de los diseños en planos bidimensionales que servirán como referencia para el modelo tridimensional (este paso podría omitirse para personas que tengan mayor dominio en Revit).

Figura 16.

Planos de diseños arquitectónico, eléctrico e hidrosanitario



Nota: Planos en AutoCAD dibujados previamente al uso de Revit. Tomado de: (Propio)

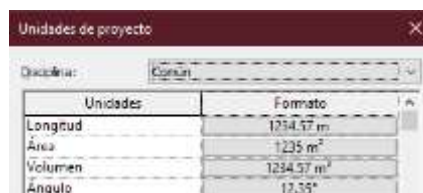
Figura 17.*Planos de diseño estructural*

Nota: Planos en AutoCAD dibujados previamente al uso de Revit. Tomado de: (Propio)

Modelamiento tridimensional de la estructura en Revit

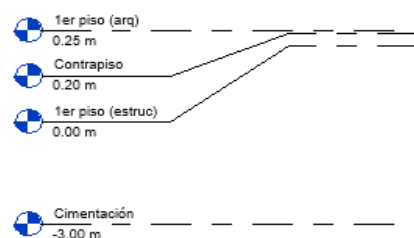
Arquitectura

- Modificar inicialmente las Unidades de Medida, en función con las que se vaya a trabajar en el proyecto (Autodesk, 2020).

Figura 18.*Unidades de medida con las que se trabaja en el proyecto*

Nota: Para acceder a unidades de medida solo debe escribir UN. Tomado de: (Propio)

- Para crear los niveles que serán usados, se sugiere que exista un nivel tanto para el diseño arquitectónico como el diseño estructural, para que el nivel arquitectónico incluya acabados (masillado, cerámica, etc.) (Autodesk, 2020).

Figura 19.*Niveles arquitectónicos y estructurales hasta el primer nivel*

Nota: Los niveles se crean en la pestaña de arquitectura o estructura, y para modificar dimensiones o nombres basta con dar doble clic en ellos. Tomado de: (Propio)

- Importar las plantas del documento CAD, y verificar que se encuentren alineadas correctamente (parámetro de utilidad para principiantes en Revit). Para esto dirigirse a la pestaña de Insertar y escoger la opción Importar CAD, seguido se abre una ventana para buscar el archivo con la planta a cargar; este proceso se debe repetir por cada planta que se desee importar (Autodesk, 2018).
- Crear los ejes de planta mediante el comando GR, y se debe empezar desde el nivel más bajo para que se pueda visualizar en todos los niveles superiores (Autodesk, 2020).
- Para colocar paredes, en la pestaña Arquitectura se selecciona Muro y se aconseja tomar un muro de la lista de Revit y modificarlo en función de los detalles que deseemos, al dirigirse a la función Editar tipo en la barra de Propiedades, y escoger el valor Editar junto al parámetro Estructura. En la Figura 20 se puede observar que las capas de los muros se encuentran constituidas por los acabados y bloques de las paredes, de acuerdo a las necesidades propias del proyecto (Autodesk, 2019).

Figura 20.

Muro para interiores con acabados

Capas					
CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Acabado 2 [5]	Acabado interior	0.0050 m	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Acabado 1 [4]	Mortero para mur	0.0200 m	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Contorno del núcleo	Capas de envolvent	0.0000 m		
4	Estructura [1]	Bloque paredes	0.1500 m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Contorno del núcleo	Capas de envolvent	0.0000 m		
6	Acabado 1 [4]	Mortero para mur	0.0200 m	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Acabado 2 [5]	Acabado interior	0.0050 m	<input checked="" type="checkbox"/>	
CARA INTERIOR					
Insertar		Suprimir		Arriba	
				Abajo	

Nota: Para colocar bloques y acabados en muros, se encuentran las capas al seleccionar Editar en el parámetro Estructura, y los materiales pueden ser cargados de la lista que posee Revit. Tomado de: (Propia).

- Para la colocación de las instalaciones se puede optar por poner un cielo raso, en donde se necesita crear muros apilados como se puede observar en la Figura 21, para que los acabados en paredes solo se coloquen bajo este, y así tener una cuantificación de materiales más precisa (Autodesk, 2019).

Figura 21.

Muro apilado para interiores

Tipos						
PARTE SUPERIOR						
	Nombre	Altura	Desfase	Parte superior	Base	Voltear
1	Muro mampuesto e=20 cm (interior) sin acabados	Variable	0.0000 m	0.0000 m	0.0000 m	<input type="checkbox"/>
2	Muro mampuesto e=20 cm (interior)	2.3500 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0000 m	<input type="checkbox"/>
BASE						

Variable Insertar Suprimir Arriba Abajo

Nota: Se muestran los componentes de un muro apilado. Tomado de: (Propio)

- El cielo raso se coloca desde la vista de Planos de techo del navegador de proyectos, y para su colocación dirigirse a la pestaña de Arquitectura y seleccionar la función Techo. La forma correcta de insertar el cielo raso es dibujar el contorno del mismo con los parámetros de edición, y tomar precaución de no considerar dentro del contorno a columnas y paredes.

Figura 22.

Dibujo de contornos Muro apilado para interiores

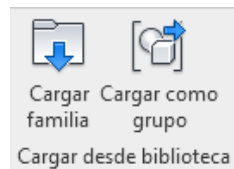


Nota: Para que columnas y otros elementos no sean considerados en el cielo raso, se debe dibujar su contorno como aquí se indica en una columna. Tomado de: (Propio)

- Para colocar puertas, ventanas y suelos se realizan desde las vistas de Planos de Planta del navegador de proyectos, y se encuentran disponibles en la sección Arquitectura (Autodesk, 2018).
- La colocación de puertas y ventanas siempre se realiza después de que todas las paredes hayan sido colocadas. En la Figura 23 se indica que se puede cargar más familias, en caso de querer optar por un diseño diferente de estos elementos (Autodesk, 2019).

Figura 23.

Ventana para Cargar familias



Nota: Para cargar familias se debe ingresar al disco (C:) y en la carpeta ProgramData se debe seleccionar en la sección de librerías los elementos que sean necesarios para el proyecto a realizarse. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Los pisos son creados de una manera similar al cielo falso, ya que se debe dibujar su contorno con las mismas consideraciones; sin embargo, su nivel de detalle se realiza de la misma manera que en muros, colocándose los materiales de acuerdo al gusto del propietario (Autodesk, 2019).

Figura 24.

Vista de detalles arquitectónicos de primera planta



Nota: Vista con acabados arquitectónicos generados en Revit. Tomado de: (Propio)

- Para poner acabados en las fachadas, Revit proporciona dos opciones; la primera de ellas es Pintar y solo se necesita seleccionar el acabado o color de pintura (comando PT); la siguiente opción sería crear un muro con el respectivo mortero y la pintura o acabado que se desea en los exteriores, para obtener los resultados de la Figura 25; y en ventanas y puertas, para que sean visibles, se puede editar el contorno del muro con las herramientas de dibujo en cada vista 3D, tal como se indicó en la Figura 22. Se aconseja en modelos BIM la creación del muro, ya que se ajusta a la realidad de la obra y se cumple los objetivos de esta metodología (Autodesk, 2019).

Figura 25.

Muros de acabados exteriores de fachada posterior



Nota: En la edición de muros se debe contornear las ventas y puertas, e inmediatamente Revit corta esas secciones del muro. Tomado de: (Propio)

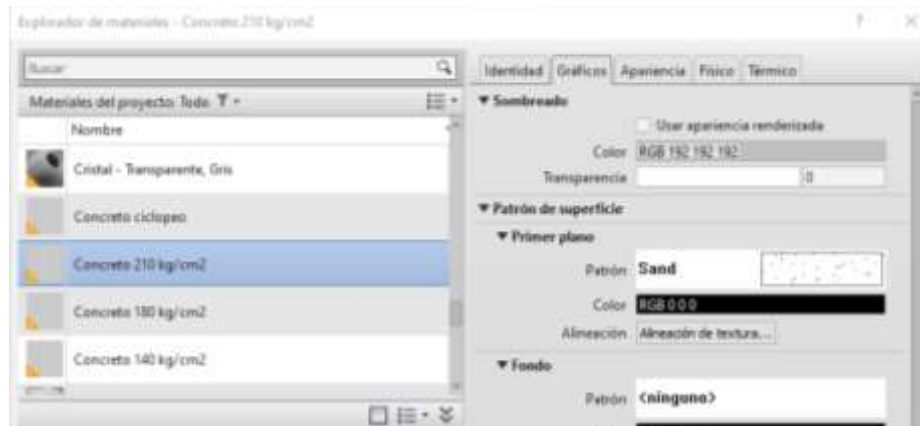
- En la creación de mesones se debe utilizar las herramientas de suelo y paredes de la pestaña de Arquitectura. Se sugiere prestar atención a las alturas de estos elementos y sus materiales (Autodesk, 2019).

Ingeniería Estructural

- Creación de materiales en concreto: Se sugiere duplicar un material de la lista que posee Revit por defecto, y cambiar las propiedades físicas en función del $f'c$ de concreto que se necesite en los distintos elementos estructurales, tal como se muestra en la Figura 26 (Autodesk, 2019).

Figura 26.

Materiales de concreto que se usan en el diseño estructural

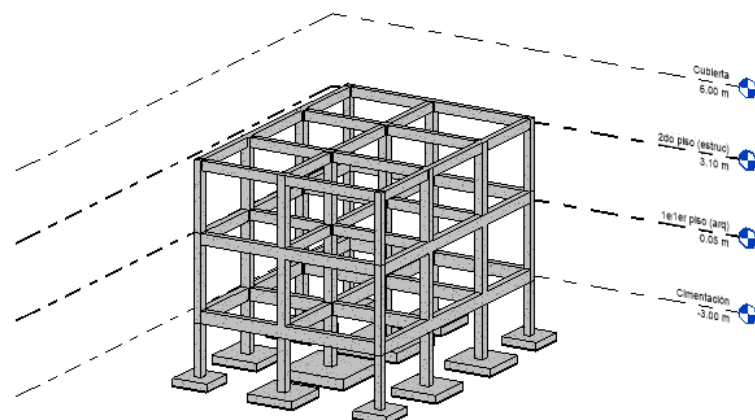


Nota: Se muestra concreto con diferentes $f'c$. Tomado de: (Propio)

- De ser el caso de usar por primera vez Revit, se debe cargar las familias de los elementos estructurales (columnas, vigas, zapatas, etc.). Al seleccionar la pestaña Insertar, se puede encontrar la opción de Cargar familia, de la misma manera que se cargaron los elementos arquitectónicos (Autodesk, 2019).
- Se carga los elementos estructurales en el orden siguiente: zapatas, columnas por cada piso, vigas de cimentación, vigas de estructura, contrapiso, losas y escaleras; seguido se debe colocar en elementos los materiales creados y verificar que se encuentren correctamente alineados.

Figura 27.

Vista 3D de vigas, columnas y zapatas aisladas de la estructura



Nota: Vista generada en Revit de elementos de estructura. Tomado de: (Propio)

- El contrapiso es un elemento que se necesita crear, ya que Revit dispone de suelos que quizá no sean de utilidad para ciertos proyectos. Se puede duplicar cualquier tipo de suelo y modificar sus funciones de acuerdo a nuestras necesidades, así como se indica en la Figura 28 (Autodesk, 2019).

Figura 28.

Estructura de contrapiso a colocarse en el modelamiento

Familia:	Suelo
Tipo:	Contrapiso $e=0.20$ $f_c=180$ kg/cm ²
Grosor total:	0.2000 m (Por defecto)
Resistencia (R):	0.0478 (m ² ·K)/W
Masa térmica:	7.02 kJ/K

Capas						
	Función	Material	Grosor	Envolventes	Material estructural	Variable
1	Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000 m			
2	Estructura [1]	Concreto 180 kg/cm	0.0500 m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Substrato [2]	Piedra Bola	0.1500 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000 m			

Nota: Capas para contrapiso en Revit. Tomado de: (Propio)

- Para colocar la losa alivianada se tiene dos formas en Revit; la primera es crear la carpeta de compresión como una losa y vigas con las dimensiones de los nervios, y la segunda es crear la losa con su altura y colocar en su interior los bloques o aliviamientos (Autodesk, 2019).
- Las losas son creadas al dibujar su contorno así como se visualiza en la Figura 30, ya sea mediante líneas o rectángulos que se encuentran en la pestaña Modificar (Autodesk, 2019).

Figura 29.

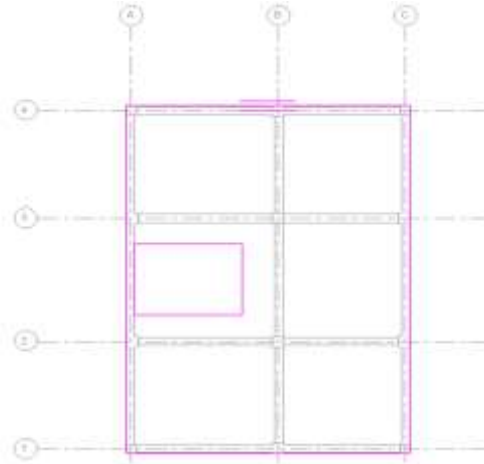
Función de dibujar contornos en la sección Modificar



Nota: Captura de pantalla de sección Modificar en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020)

Figura 30.

Contorno de losa del nivel N+3. 10 m

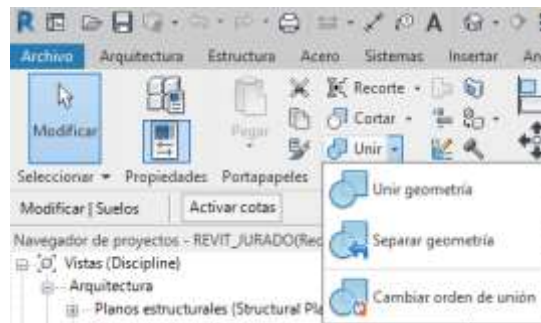


Nota: En el caso de necesitar espacio para la escalera, se dibuja su contorno de la misma forma como la losa, así como se muestra en esta imagen. Tomado de: (Propio)

- Cuando se crean losas al marcar todo el contorno de la planta, se necesita modificar las uniones de los elementos. De acuerdo a la Figura 31 se observa la sección Modificar, con su opción Unir y desglosadas las características de esta función; en este caso se debe escoger Cambiar orden de unión, después se selecciona la losa y se elige las vigas y columnas. Cabe recalcar que en contrapisos solo se marcan las columnas (Autodesk, 2019).

Figura 31.

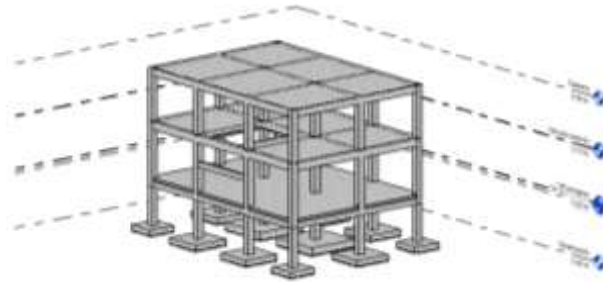
Sección modificar uniones de elementos



Nota: Captura de pantalla de botones de uniones. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 32.

Vista de las losas tras verificar las uniones de elementos

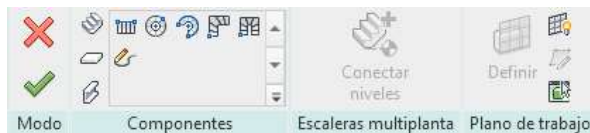


Nota: Vista 3D con losas y contrapiso en estructura en Revit. Tomado de: (Propio)

- En las escaleras su creación es desde la pestaña de arquitectura y se puede utilizar los elementos con los que cuenta Revit para modificarlos a las necesidades del proyecto. En la Figura 33 se muestra las opciones para cambiar la geometría de la escalera y en la Figura 34 se observan las propiedades de la escalera que se pueden cambiar en Editar tipo de la barra de propiedades (Autodesk, 2019).

Figura 33.

Opciones para cambiar geometría de escaleras



Nota: Captura para modificar escaleras de Revit. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 34.

Propiedades de tipo para modificarse en escaleras



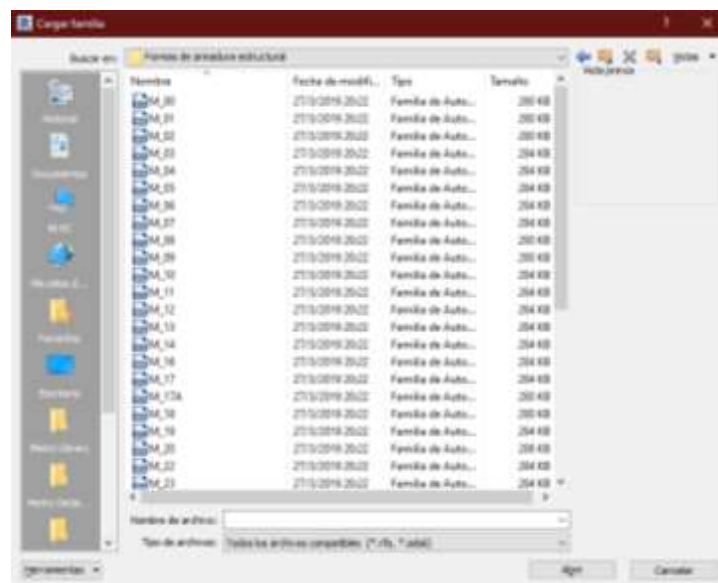
Nota: En tipo de tramo y de descansillo se colocan las propiedades que tenga la losa de las escaleras y descanso en función del diseño estructural. Tomado de: (Propio)

Consideraciones en armado

- Al usar por primera vez Revit se necesita de igual manera que los elementos estructurales, cargar las familias de aceros. El procedimiento es el mismo que para cargar elementos, solo que las librerías de aceros se encuentran en la carpeta Formas de Armadura Estructural (Autodesk, 2019).

Figura 35.

Carpeta de armadura estructural de las librerías de Revit



Nota: Librerías disponibles al instalar Revit. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Antes de empezar a colocar la armadura en los elementos se debe crear los distintos recubrimientos que posean los elementos estructurales como se indica en la Figura 36, para posteriormente asignar a cada elemento su respectivo recubrimiento (Autodesk, 2019).

Figura 36.

Recubrimientos a utilizarse en los elementos estructurales

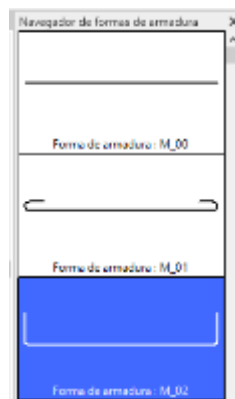


Nota: Los recubrimientos pueden crearse al seleccionar Recubrimiento en la pestaña de estructura. Tomado de: (Propio)

- Después de cargar el refuerzo, se puede acceder a un navegador de armaduras que vienen por defecto en Revit como se muestra en la Figura 37. En cada elemento estructural es necesario colocar primero los estribos, ya que sirven de referencia para colocar adecuadamente el acero longitudinal (Autodesk, 2019).

Figura 37.

Navegador de formas de armadura



Nota: Para acceder a las armaduras, se debe seleccionar el elemento en donde se colocara el acero de refuerzo y seguido escoger Armadura en la pestaña Estructura, de esta forma se puede acceder al navegador de armaduras. Tomado de: (Propio)

- Para poner la armadura, se debe verificar que la Orientación de colocación del acero se encuentre de una manera adecuada, caso contrario se corre el riesgo de no poder colocarlo o que se encuentre mal ubicada (Autodesk, 2019).

Figura 38.

Orientación de colocación de acero



Nota: Tras seleccionar Armadura en la pestaña de Estructura, se puede encontrar la opción de orientación del acero en la pestaña Modificar. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 39.

Sección transversal de viga de cimentación



Nota: En este caso la orientación Paralela a plano de trabajo serían los estribos de la viga, y para poder colocar el acero longitudinal se necesita utilizar la orientación Perpendicular a recubrimiento. Tomado de: (Propio)

- La malla de temperatura puede colocarse con la opción Área de la pestaña de estructura, y de acuerdo a la malla que se necesite se colocan sus propiedades; es decir diámetros de acero, espaciamientos, etc. Se coloca la malla al dibujar su contorno de la misma forma que se crean las losas (Autodesk, 2019).
- Para aceros de refuerzo que no se encuentren en el navegador, se puede modificar las varillas en la opción Editar boceto como se indica en la Figura 40, a la que se accede al seleccionar la armadura, en la pestaña Modificar (Autodesk, 2019).

Figura 40.

Función de editar boceto en armaduras



Nota: Captura con opciones de bocetos en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- En cada elemento de refuerzo se debe colocar su respectiva marca así como en la Figura 41, que posteriormente es de gran utilidad para la planificación del proyecto.

Figura 41.

Datos de identidad de refuerzo

Datos de identidad	
Imagen	
Comentarios	
Marca	Mc. 501
Categoría de ...	Escaleras
Marca de anfi...	

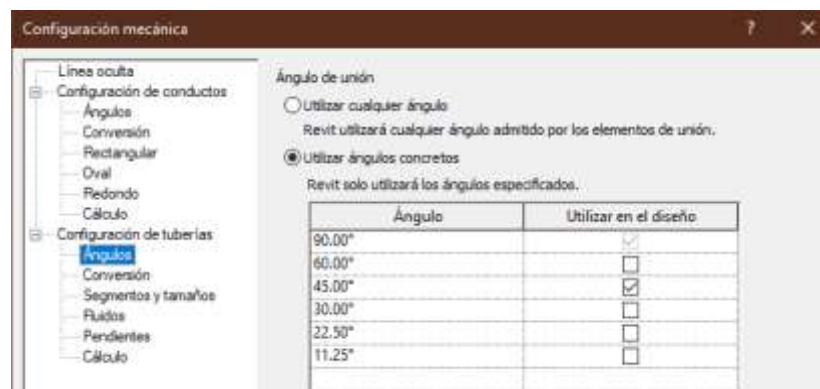
Nota: En la barra de propiedades se puede encontrar la opción de Datos de identidad de cada acero de refuerzo. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Instalaciones Hidrosanitarias y de Aguas Lluvia

- Para trabajar el sistema hidrosanitario y de aguas lluvia, se necesita realizar los siguientes arreglos iniciales en la Configuración Mecánica, la cual se encuentra disponible al escribir el comando MS o en la sección Gestionar->Configuración MEP:
 - a) De acuerdo a la Figura 42, en la sección de ángulos dentro de la Configuración de tuberías, se debe seleccionar los ángulos de uniones que se utilizan en el diseño, y están en función a los proveedores y normas respectivas (Autodesk, 2019).

Figura 42.

Configuración en ángulos de uniones de tubería



Nota: Se selecciona 45° como ángulo para las uniones. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- b) En segmentos y tamaños se sugiere crear en Segmento un tipo de tubería como en la Figura 43 para cada sistema de la estructura, en este caso agua potable fría, agua potable caliente, agua sanitaria y aguas lluvias; para poder tener un mayor control y detalle en las cantidades de obra, y además asignar los atributos como diámetros, materiales y uniones, de cada sistema adecuadamente de acuerdo a su función (Autodesk, 2019).

Figura 43.

Creación de un nuevo segmento de tubería

Nota: Se debe asignar el material y la serie o nombre de como queramos reconocer al segmento creado, y podemos duplicar los diámetros de tubería de otro segmento o modificarlo manualmente en función a los proveedores. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 44.

Vista de segmento creado

Nominal	Dø	DE	Utilizado en listas	Utilizado en
1/2"	1 7/32"	2 7/32"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3/4"	3/4"	1 1/16"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1"	31/32"	1 5/16"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1 1/8"	1 9/32"	1 21/32"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1 1/2"	1 1/2"	1 25/32"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2"	1 15/16"	2 3/8"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota: Resultado de crear segmento de tuberías. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- c) Las preferencias de enrutamiento, se modifican al seleccionar tuberías en la sección de Sistemas y al editar el tipo de cada segmento creado. Primero se cargan las familias de uniones disponibles al seguir esta secuencia: Librerías->Spain->Tubería->Uniones->PVC->Serie 40->Tipo Enchufe, para seleccionar en cada contenido el tipo de conexión que se va usar, y el diámetro mínimo y máximo para cada uno (Autodesk, 2019).

Figura 45.

Preferencias de enrutamiento del segmento agua potable

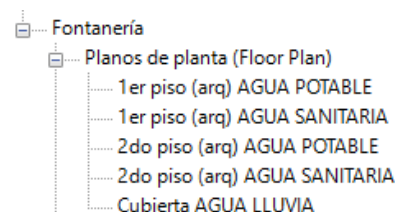


Nota: Resultados de cargar enrutamientos de tuberías. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Para observar únicamente los elementos sanitarios al trabajar sin modificar los arquitectónicos y estructurales, se recomienda crear una copia de los planos de planta de la Coordinación Arquitectura y cambiar la disciplina a Fontanería así como se observa en la Figura 46. Esto se logra en la ficha de disciplina dentro de la bandeja de Propiedades. (Autodesk, 2019).

Figura 46.

Planos de planta en coordinación fontanería



Nota: Se muestra una captura de Revit de planos de planta, en donde se aconseja crearlos distinguiendo si es agua potable, sanitaria y lluvia. Tomado de: (Propio)

- Previo a colocar el sistema hidrosanitario y de agua lluvia, se aconseja cargar los aparatos sanitarios que requiera el proyecto, y se debe seguir el mismo procedimiento que en las disciplinas anteriores.
- Los elementos deben ser cargados en los Planos de planta de fontanería, y puede modificarse en la bandeja de propiedades desde esta vista o en una vista 3D (Autodesk, 2019)

Figura 47.

Elementos de fontanería



Nota: Los elementos de fontanería se encuentran en la sección Sistemas, en Tubería se encuentran los segmentos creados anteriormente y en Instalación de fontanería se encuentran aparatos como lavamanos, inodoros, duchas, etc. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Para colocar las tuberías en su ubicación correcta contamos con la barra de Modificar/Colocar tubería indicada en la Figura 48, que aparece inmediatamente al seleccionar Tubería en la sección Sistemas. Esta barra permite revisar el nivel de ubicación de la tubería, escoger el diámetro y la elevación tomada desde el centro de la tubería con respecto al nivel de ubicación escogido (Autodesk, 2019).

Figura 48.

Barra Modificar/Colocar tubería

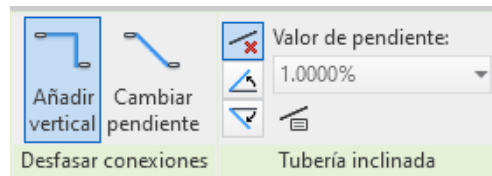


Nota: Captura de Revit con opciones para cambiar diámetros, niveles y elevaciones en tuberías. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- Para asignar una pendiente a la tubería, en la barra de Modificar se puede seleccionar el valor de la pendiente del menú desplegable; además, de escoger que la pendiente sea hacia arriba o hacia abajo (Autodesk, 2019).

Figura 49.

Barra para colocar pendiente en tuberías

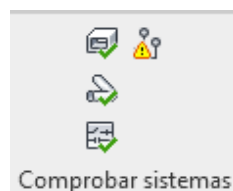


Nota: En este menú también podemos realizar las bajantes desde un nivel superior tras seleccionar Añadir vertical, y en la barra de Modificar/Colocar tubería se debe colocar en elevación intermedia un desfase negativo. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- El tanque cisterna y el sistema hidroneumático, pueden ser creados en Revit o utilizar las familias que algunas casas comerciales ofrecen gratuitamente, como Plastigama y Rotoplas.
- Para verificación de la desconexión de tuberías nos dirigimos a la sección Analizar y en Comprobar sistemas seleccionamos la casilla Mostrar desconexiones de tubería. En el caso de existir desconexiones aparece un icono de alerta como en de la Figura 51 (Autodesk, 2019).

Figura 50.

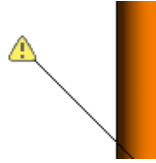
Sección comprobar sistemas de instalaciones



Nota: Captura con opciones para comprobar sistemas. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 51.

Icono de alerta en detección de desconexiones de la red

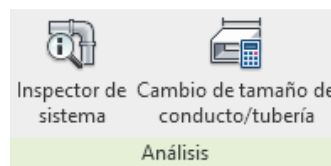


Nota: Revit al detectar la desconexión nos muestra un icono de alerta y una flecha en el elemento desconectado. Tomado de: (Propio)

- Tras la comprobación de desconexiones se debe verificar el sentido del flujo de las tuberías, y esto se logra al acercar el mouse a una tubería y aplastar la tecla TAB hasta que toda la red quede seleccionada. Seguido en la pestaña Modificar aparece la sección Análisis en donde toca escoger Inspector de sistema (Autodesk, 2019).

Figura 52.

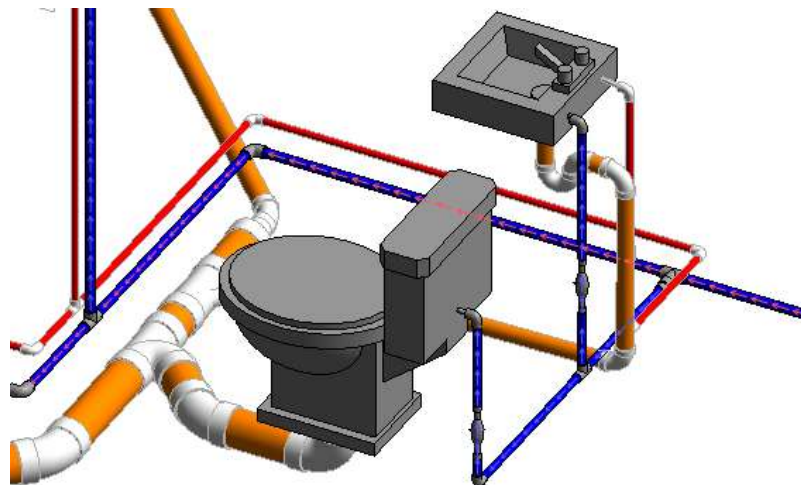
Sección para análisis de dirección del flujo de la red de agua



Nota: Captura con opciones para análisis de tuberías. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 53.

Dirección de flujo de la red de agua



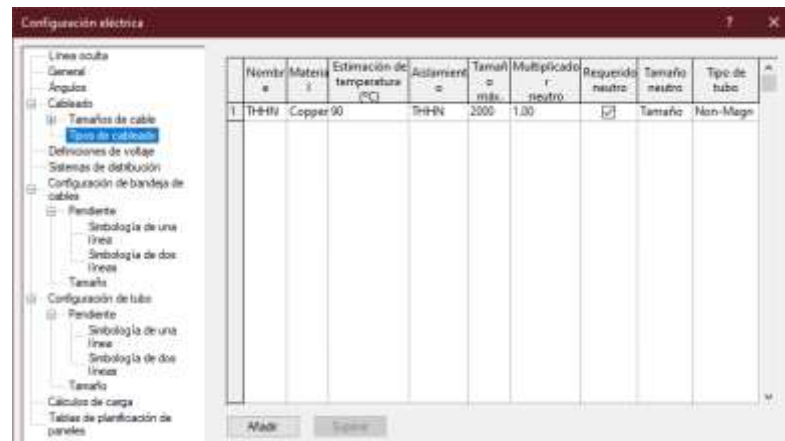
Nota: Las flechas indican el sentido del flujo dentro de la red. Tomado de: (Propio)

Instalaciones Eléctricas

- En Instalaciones Eléctricas de Revit los arreglos iniciales se realizan en la Configuración Eléctrica, disponible al escribir el comando ES o en la sección Gestionar->Configuración MEP:
 - De acuerdo a la Figura 54 en la sección Cableado se debe cargar el material que se va utilizar en el proyecto en base al diseño eléctrico (Autodesk, 2019).

Figura 54.

Configuración de tipos de cable

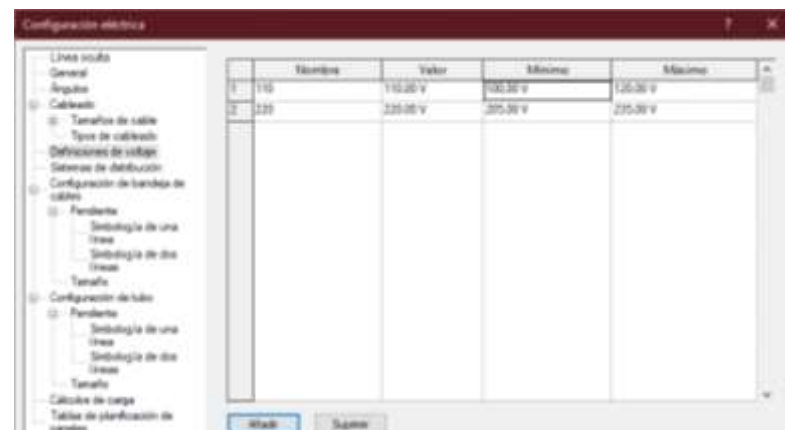


Nota: Configuraciones iniciales de sistema eléctrico. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Se debe ingresar los valores del voltaje de los aparatos eléctricos considerados en el diseño (Autodesk, 2019).

Figura 55.

Definición de los valores del voltaje y sus rangos

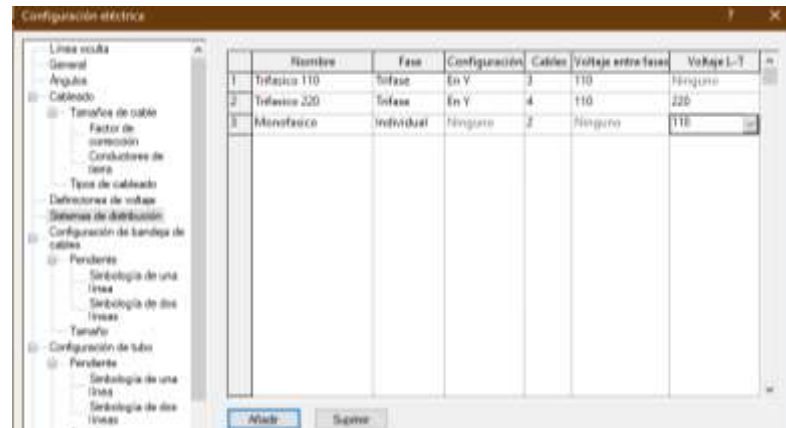


Nota: Configuraciones iniciales de sistema eléctrico. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- c) Como en la Figura 56, para los Sistemas de distribución, se puede escoger crear un sistema monofásico o trifásico y seleccionar el rango del voltaje de acuerdo a los valores creados en la sección Definiciones de voltaje (Autodesk, 2019).

Figura 56.

Creación de Sistemas de distribución

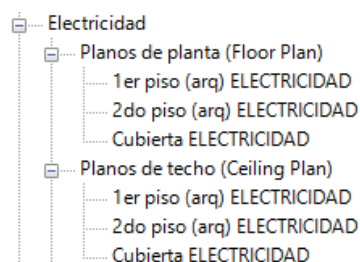


Nota: Configuraciones iniciales de sistema eléctrico. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Al igual que en el sistema hidrosanitario, se debe crear una copia de los planos de la Coordinación Arquitectura, tanto los planos de planta como los de techo y cambiar la disciplina a Electricidad.

Figura 57.

Planos de planta y techo en coordinación electricidad



Nota: En planos de techo se ven elementos sobre el cielo raso. Tomado de: (Propio)

- Es necesario cargar previamente los aparatos eléctricos como luminarias, interruptores, tomacorrientes y cajas de conexiones al seguir este orden: Librerías->Spain->Eléctrico->MEP->Energía eléctrica (Autodesk, 2019).

- Para poner los aparatos y elementos eléctricos de la Figura 58 en el proyecto, se aconseja que sean colocados en los planos de techo, ya que se encuentran sobre el cielo raso algunos de ellos y este solo es visible desde esta vista.

Figura 58.

Elementos de electricidad

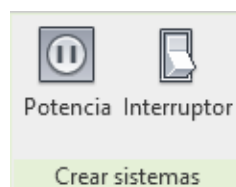


Nota: Los aparatos y elementos de electricidad se encuentran en la sección Sistemas, y en Dispositivo pueden cargarse los interruptores, tomacorrientes, luminarias, entre otros. Tomado de: (Autodesk, 2019)

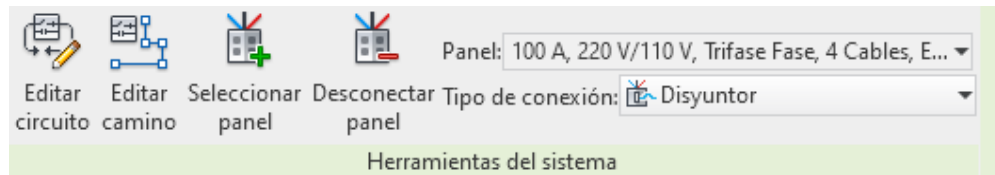
- Tras colocar todos los elementos de la red eléctrica se procede a crear los circuitos, al seleccionar aquellos que los conforman. Seguido Revit abre la pestaña de Modificar con la opción Crear sistemas (Figura 59), muestra Potencia e Interruptor en luminarias, y únicamente Potencia en tomacorrientes e interruptores; seguido se debe seleccionar Potencia e inmediatamente se abre la barra de Herramientas del Sistema (Figura 60) y de Convertir a alambre para crear el circuito (Figura 61) (Autodesk, 2019).

Figura 59.

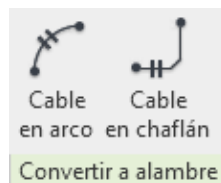
Barra Crear sistemas para crear circuitos



Nota: Captura con opciones para crear sistemas. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 60.*Barra Herramientas del sistema eléctrico*

Nota: En este menú se selecciona el panel al que se conectara el circuito en base a lo creado en Sistemas de distribución, y además se selecciona el tipo de conexión que puede ser únicamente disyuntor o terminales de alimentación. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 61.*Barra Convertir a alambre*

Nota: En esta opción se escoge si deseamos generar un circuito en arco o en chaflán para el ámbito visual en los planos. Tomado de: (Autodesk, 2019).

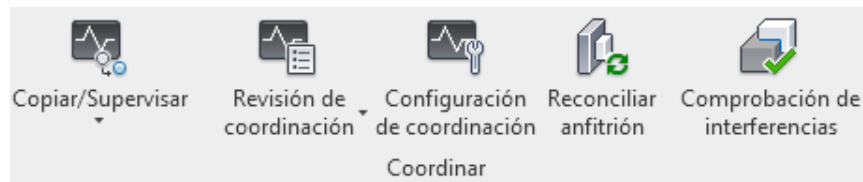
- La colocación de los tubos que transportan el cableado por la estructura se realiza al ir a la sección de Sistemas para escoger Tubo y Unión de tubo, en caso de no encontrarse cargado, aparece un mensaje de alerta y se debe cargar estas familias en: Librerías->Spain o Spanish_INTL->Tubo. La conexión de los tubos saldrá desde el tablero de distribución que debe estar previamente cargado, y su trayectoria para conectar con todos los elementos eléctricos se realizara mediante las cajas de conexiones (Autodesk, 2019).
- Para verificación de la desconexión de los cables nos dirigimos a la sección Analizar y en Comprobar sistemas, seleccionamos la casilla Mostrar desconexiones de electricidad (Autodesk, 2019).

Detección de interferencias

- Para detectar las interferencias en los elementos de todo el modelo Revit, nos dirigimos a la pestaña Colaborar y en la sección Coordinar indicada en la Figura 62, se debe seleccionar: Comprobación de interferencias->Ejecutar comprobación de interferencias. Después se seleccionara en la ventana emergente de la Figura 63, que elementos se desea analizar y finalmente se da clic en Aceptar (Autodesk, 2019).

Figura 62.

Barra Coordinar para revisar interferencias de elementos



Nota: Al seleccionar Comprobación de interferencias se despliega un menú, en el cual se escoge Ejecutar comprobación de interferencias. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 63.

Configuración de tipos de cable

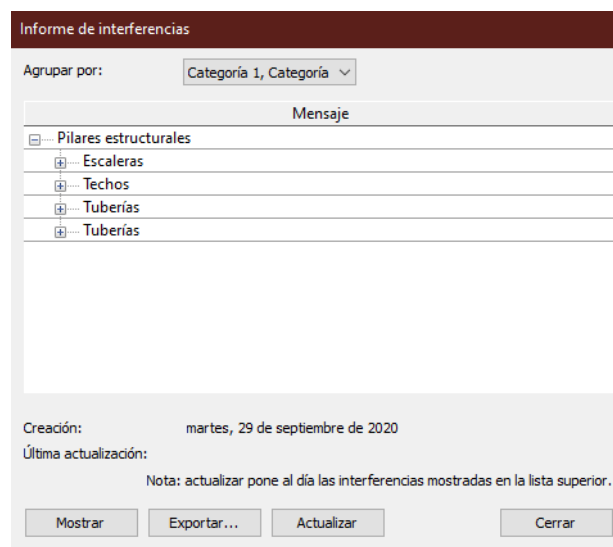


Nota: Se muestra la comprobación de interferencias de pilares estructurales (columna izq.) con todas las categorías del proyecto (columna der.). Tomado de: (Propio)

- En el caso de existir obstrucciones entre los elementos seleccionados para el análisis, se despliega una ventana con el informe de interferencias (Figura 64); y en cada literal se puede seleccionar la opción Mostrar para visualizar en alguna vista del modelo estos elementos. Además se cuenta con la opción Exportar en caso de que se necesite visualizar el informe sin abrir Revit, y este se guarda en extensión HTML como en la Figura 65 (Autodesk, 2019).

Figura 64.

Ventana de Revit con informe de interferencias



Nota: Interferencias entre elementos de Figura 63. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Figura 65.

Informe de interferencias exportado

Informe de interferencias

Archivo de proyecto de informe de interferencias: C:\Users\usuario\Documents\ESPE\TESIS\DESARROLLO TESIS\REVIT_JURADO\REVIT_JURADO(Recuperación).rvt

Creación: martes, 29 de septiembre de 2020 23:10:20

Última actualización:

	A	B
1	Pilares estructurales : M_Concrete-Rectangular-Column : C1 0.30X0.30 : ID 331076	Tuberías : Tipos de tubería : Agua Sanitaria : ID 799108
2	Pilares estructurales : M_Concrete-Rectangular-Column : C2 0.35X0.35 : ID 333523	Techos : Techo compuesto : 600x600mm_Grid : ID 555895
3	Pilares estructurales : M_Concrete-Rectangular-Column : C1 0.30X0.30 : ID 333728	Tuberías : Tipos de tubería : Agua Sanitaria : ID 799108
4	Pilares estructurales : M_Concrete-Rectangular-Column : CE 0.25X1.10 : ID 343773	Escaleras : Escalera moldeada in situ : Escalera : ID 522778

Fin de informe de interferencias

Nota: Informe en formato HTML. Tomado de: (Autodesk, 2019)

- Cuando las interferencias hayan sido corregidas, se debe actualizar el informe, y si todo se encuentra correctamente aparece el siguiente mensaje de la Figura 66.

Figura 66.

Resultado de corregir interferencias



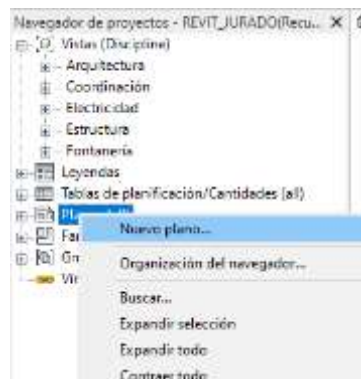
Nota: Mensaje en Revit, después de corregir interferencias. Tomado de: (Autodesk, 2019)

Elaboración de planos

- Para crear planos es necesario dirigirse a la bandeja de Navegador de Proyectos como se indica en la Figura 67, dar clic derecho en Planos y seleccionar Nuevo plano. Seguido se abre una ventana presentada en la Figura 68, en donde se puede escoger en cuadro de rotulación la dimensión del plano; pero en caso de que este cuadro se encuentre vacío, se debe escoger Cargar y seleccionar: Librerías->Spain o Spanish_INTL->Bloques de título, y finalmente se puede elegir las opciones de la Figura 69, para usar el archivo que se desee de acuerdo al tamaño que se necesite en el plano (Autodesk, 2020).

Figura 67.

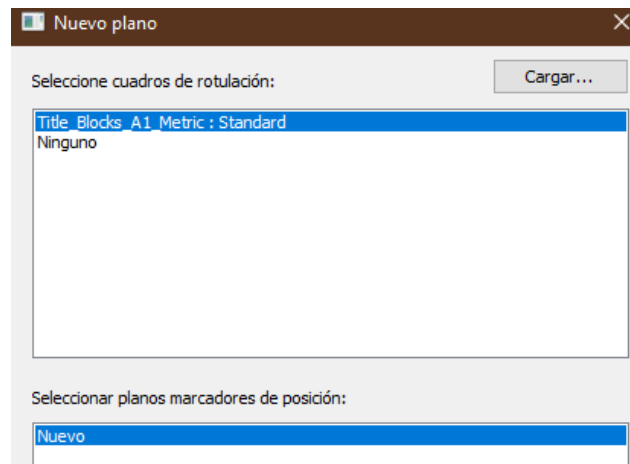
Creación de planos



Nota: Captura de ventana para crear plano en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 68.

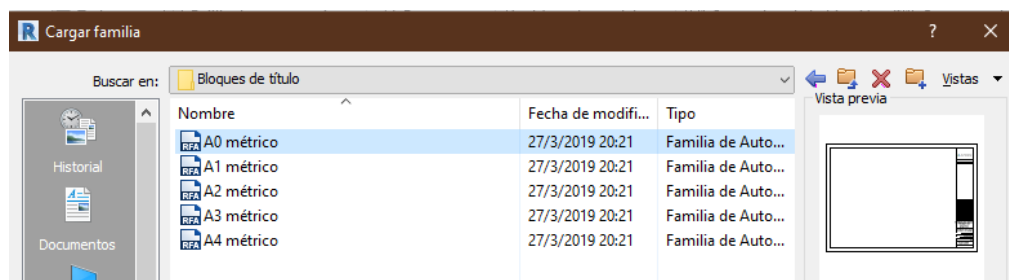
Cuadro de selección de planos en proyecto



Nota: Después de cargar los planos en esta misma ventana aparecen, para que puedan ser seleccionados. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 69.

Lista de planos disponibles en librerías



Nota: Librerías de planos disponibles al instalar Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- La creación de cortes se realiza en la pestaña Vista, como se muestra en la Figura 70 es necesario dirigirse a Crear y escoger el parámetro Sección (Autodesk, 2020).

Figura 70.

Pestaña Vista para crear cortes de plantas

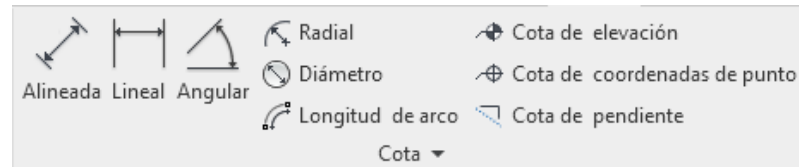


Nota: Captura de pantalla de sección Crear en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Dentro de la pestaña Anotar, se encuentran varios parámetros de utilidad para otorgar a los planos del proyecto un mayor detalle. En la sección Cota indicada en la Figura 71, se encuentran las casillas de acotación para tomar las distancias de los elementos de los planos.

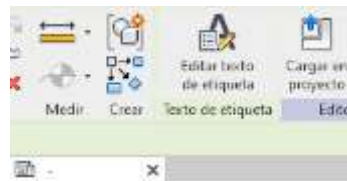
Figura 71.

Pestaña Anotar, sección Cota

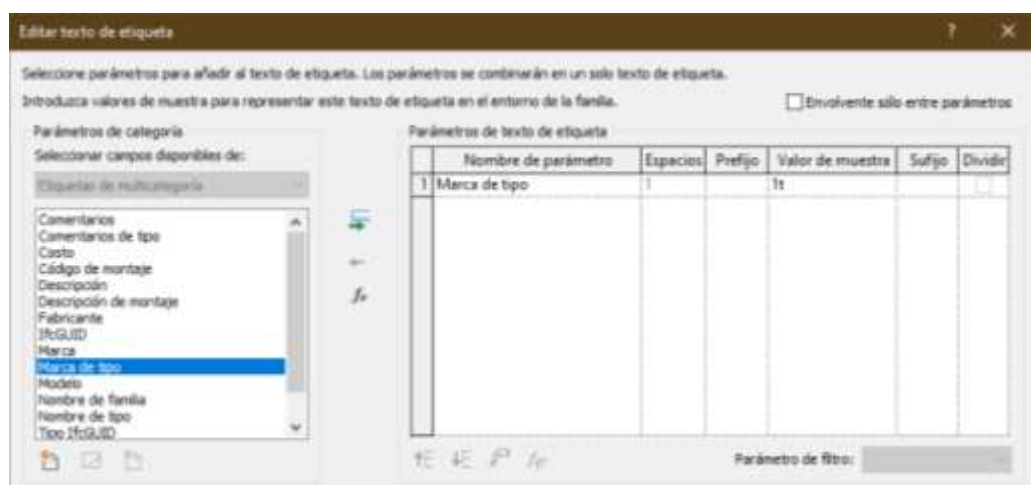


Nota: Captura de pantalla de sección Cota en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- La sección etiqueta de la pestaña Anotar, permite otorgar una cualidad a los elementos que deseemos; por ejemplo, se puede colocar etiquetas para mostrar las secciones de elementos estructurales, diámetros de tuberías, cantidad de aceros con sus marcas, etc. En Revit se puede disponer de las etiquetas al cargarlas: Librerías->Spain o Spanish_INTL->Anotaciones; y además, cada etiqueta puede ser editada para que muestre los parámetros que se desee (Autodesk, 2020).
- Para crear etiquetas, es aconsejable tomar una etiqueta de la librería de Revit y guardarla con otro nombre para empezar a cambiarla. En la pestaña Modificar se debe seleccionar Parámetros y categorías de familia, para asignar la categoría que tendrá la etiqueta; y las cualidades que se muestran, se asignan en Editar texto de etiqueta como se indica en la Figura 72 (Autodesk, 2020).

Figura 72.*Editar parámetros de etiqueta*

Nota: La función Editar texto de etiqueta, aparece tras dar clic en el texto ubicado en el centro de pantalla, dentro de la pestaña Modificar. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 73.*Campos disponibles para colocar en etiquetas*

Nota: Captura de pantalla de parámetros de etiquetas. Tomado de: (Autodesk, 2020).

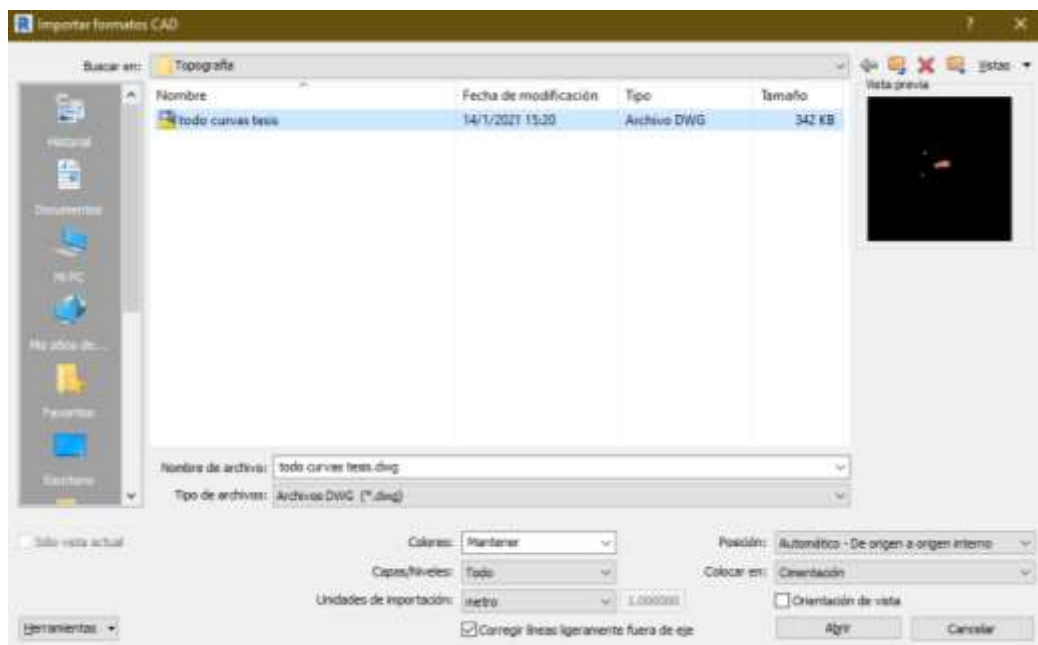
- Para que las plantas y cortes tengan un mismo formato sin necesidad de modificarlos individualmente, Revit permite crear una plantilla al dar clic derecho en la planta que se encuentre con sus características finales y seleccionar Crear plantilla de vista a partir de esta vista. Esta plantilla creada puede asignarse a las otras vistas con características similares al dirigirse a Datos de identidad en la bandeja de propiedades (Autodesk, 2020).

Creación de topografía

- La topografía puede ser colocada en Revit para que los proyectos se ajusten en mayor nivel a la realidad, y para esto se necesita poseer un documento de AutoCAD con las curvas de nivel y las respectivas alturas del terreno. Para cargar el documento en el proyecto, dirigirse a la sección Insertar y seleccionar Importar CAD; seguido en la pantalla emergente, se busca y elige el archivo que posea la información que se necesita (Autodesk, 2020).

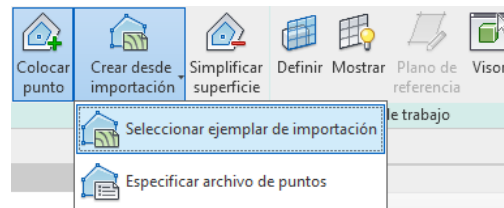
Figura 74.

Importar topografía en Revit

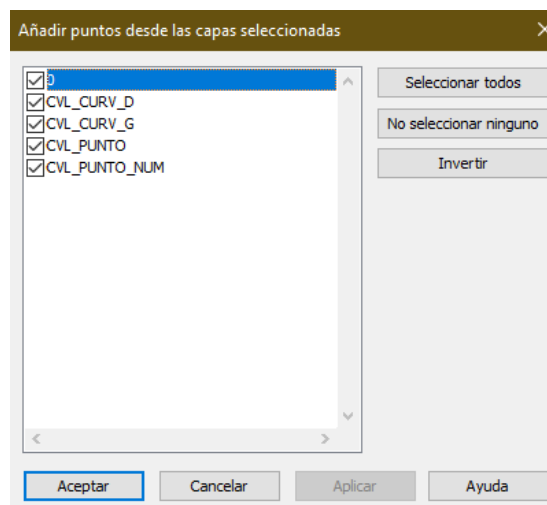


Nota: Captura de opciones para importar topografía. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Así como se indica en la Figura 75, la topografía será cargada al escoger Crear desde importación, y después de seleccionar el ejemplar en la pestaña Modificar; como siguiente paso emerge una ventana, visible en la Figura 76, en donde se pueden escoger las capas del archivo de AutoCAD, que aparecen cargadas en el proyecto de Revit (Autodesk, 2020).

Figura 75.*Pestaña Modificar para topografía*

Nota: Opciones para cargar topografía en proyecto. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 76.*Ventana con capas del proyecto topográfico de AutoCAD*

Nota: Se aconseja cargar topografías con pocas capas, para que sea más sencillo escoger aquellas que se desea observar. Tomado de: (Autodesk, 2020).

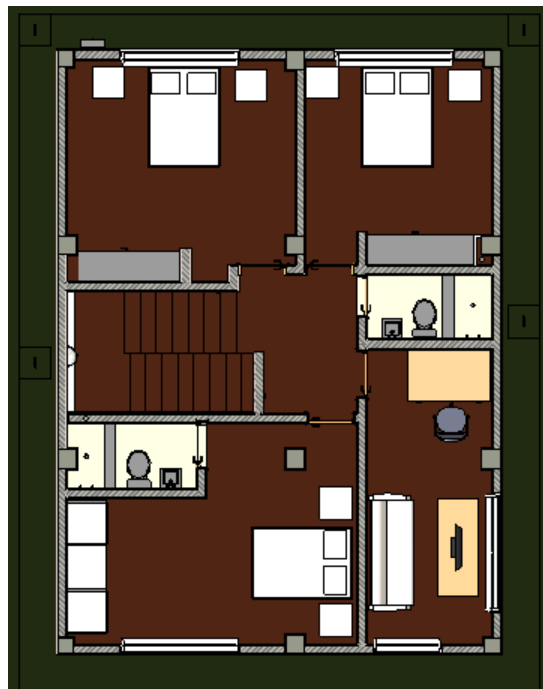
- En el caso de que tras ser cargada la topografía, esta no sea visible en la vista que se encuentre, es necesario revisar en la pestaña Vista que en Visibilidad/Gráficos se encuentre activa la casilla Topografía de la sección Categorías de modelo (Autodesk, 2020).
- La apariencia del terreno también puede ser modificada, al seleccionar la topografía y seleccionar Material de la bandeja de propiedades, con la opción de escoger un material de Revit o crear un nuevo material. Se aconseja, activar la casilla Usar apariencia renderizada, de la pestaña Gráficos del material, para tener una mejor vista al momento de crear vistas renderizadas o en la creación del recorrido (Autodesk, 2020).

Colocación de mobiliario

- Revit cuenta con una gran cantidad de muebles, que pueden ser de utilidad para los usuarios que busquen una mejor presentación arquitectónica del proyecto. Para poder colocar el mobiliario en primer lugar se necesita cargar los elementos que se vayan a utilizar, al dirigirse a la pestaña Insertar y seleccionar Cargar familia (Autodesk, 2010).
- El mobiliario será cargado en los Planos de Planta de la disciplina Arquitectura.

Figura 77.

Planta segundo nivel con mobiliario de vivienda



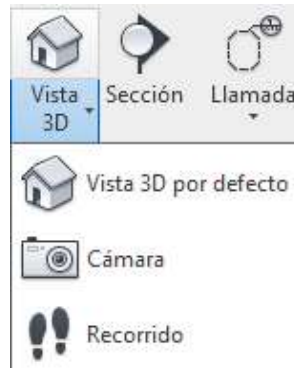
Nota: Plano de planta arquitectónica de proyecto en Revit. Tomado de: (Propio).

Creación de renders y recorridos

- Para la creación de renders, en primer lugar se necesita generar las vistas en la sección Vista, y escoger la opción Cámara. Las vistas se generan como se observa en la Figura 79, es decir, es necesario encontrarse en una vista en planta, se ubica la cámara en un punto y con la ayuda del mouse se orientan sus líneas de la vista fotográfica (Autodesk, 2019).

Figura 78.

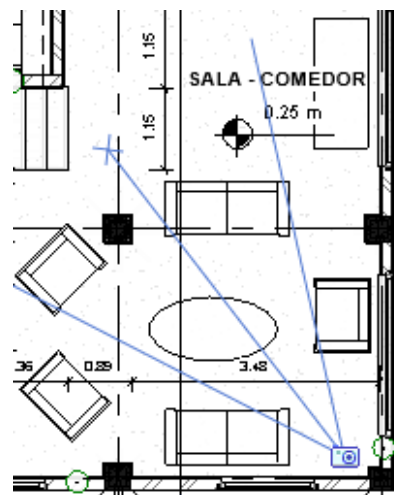
Creación de vistas para generar renders



Nota: Opciones disponibles en sección Vista, de Revit. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 79.

Cámara en planta para generar vistas

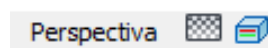


Nota: Cámara en primer nivel de vivienda en Revit. Tomado de: (Propio).

- Finalmente la imagen generada para ser renderizada debe modificarse en la barra inferior de la pantalla y seleccionar nivel de detalle alto y estilo visual realista (Autodesk, 2019).

Figura 80.

Botones de detalle y estilo visual



Nota: Cuadro a la derecha (estilo visual) y cuadro a la izquierda (nivel de detalle).

Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 81.

Vista exterior en Revit con detalle alto y estilo realista

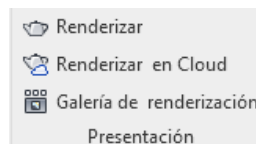


Nota: Vista de vivienda en Revit, desde exterior. Tomado de: (Propio).

- Los renders se crean en la sección Vista, al seleccionar Renderizar del cuadro Presentación, indicado en la Figura 82 (Autodesk, 2019).

Figura 82.

Presentación de la sección Vista

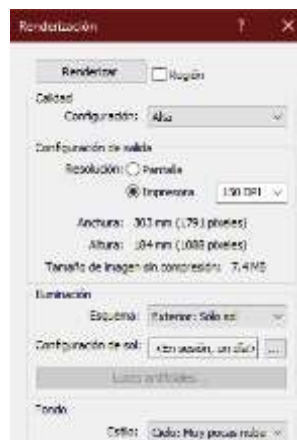


Nota: Captura de opciones en Presentación. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- En el cuadro de Renderización, se realizan los ajustes necesarios para que la calidad de la imagen del render sea del agrado del usuario, y una vez realizadas estas configuraciones se selecciona Renderizar (Autodesk, 2019).

Figura 83.

Cuadro de opciones a configurar en Renderización



Nota: Se debe tomar en cuenta que mientras más alta sea la calidad y resolución, se tarda más tiempo Revit en generar el renderizado. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- Al culminar la Renderización se activa la opción para guardar, bajo la sección Imagen que se indica en la Figura 83, y se puede exportar la imagen para que pueda ser usada a conveniencia del usuario (Autodesk, 2019).

Figura 84.

Resultado de Renderización de primer nivel

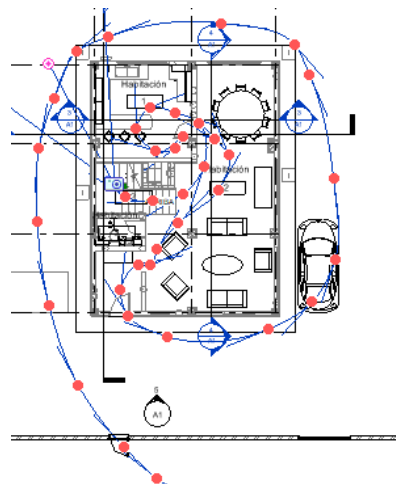


Nota: Render exportado de primer nivel de la vivienda. Tomado de: (Propio).

- Los recorridos son creados al seleccionar Recorrido en la sección de la Figura 78, y deben crearse desde una vista de planta (Autodesk, 2018).

Figura 85.

Recorrido visto en planta de primer nivel



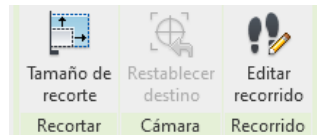
Nota: Cada punto que se observa, corresponde a una vista tomada por una cámara, para que en conjunto generen el video del recorrido del nivel. Tomado de: (Autodesk, 2018)

- Para poder visualizar como quedaría el recorrido, se debe seleccionar Editar recorrido que aparece en la sección Modificar, e inmediatamente Revit

presenta una sección llamada Editar recorrido con las opciones que se muestran en la Figura 86; en donde, al seleccionar Abrir recorrido se abre la ventana de visualización, y al dar clic en Reproducir se mira el video del recorrido en esa ventana (Autodesk, 2018).

Figura 86.

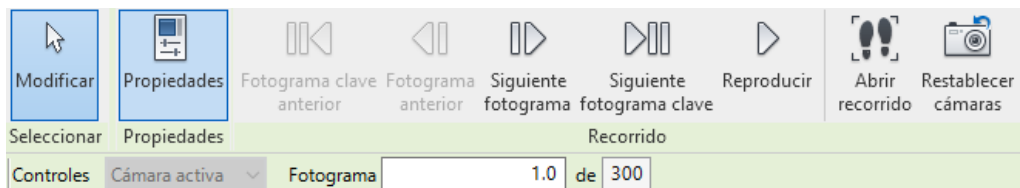
Acceso a Editar recorrido de la sección Modificar



Nota: Opciones a modificarse en creación de recorrido. Tomado de: (Autodesk, 2018).

Figura 87.

Sección Editar recorrido



Nota: Al escoger Reproducir se muestra el recorrido. Tomado de: (Autodesk, 2018).

Figura 88.

Ventana de visualización de recorrido



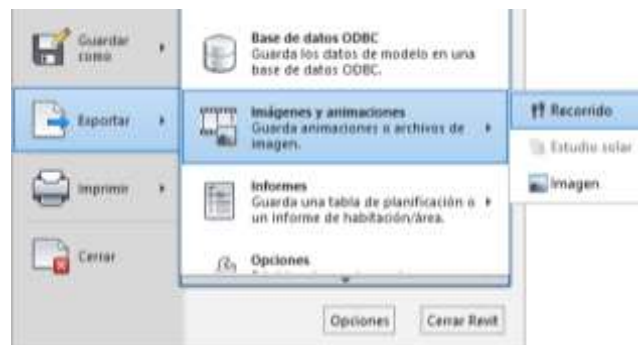
Nota: Se observa, al elegir Abrir recorrido de Figura 87. Tomado de: (Autodesk, 2018).

- La exportación del video se realiza en la sección Archivo, al seleccionar Exportar imágenes y animaciones de recorrido (Figura 89). Seguido se abre una ventana llamada Duración/Formato, en donde se debe escoger el número de Fotogramas del recorrido, y seleccionar el Estado de

visualización. Finalmente se abre la ventana de la Figura 91, y se aconseja en Compresor optar por Fotogramas completos (sin comprimir), para que el recorrido tenga el mayor nivel de detalle posible (Autodesk, 2018).

Figura 89.

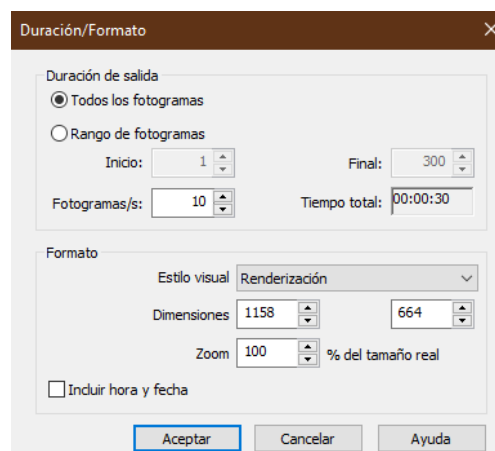
Exportar recorridos de Revit



Nota: Opciones en la barra o pestaña Archivo en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2018).

Figura 90.

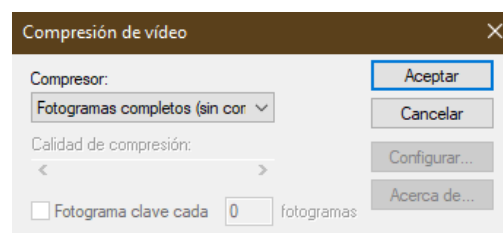
Duración/ Formato de video de recorrido



Nota: Opciones de formato de recorrido en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2018).

Figura 91.

Compresión de video de recorrido



Nota: Último paso para crear recorridos en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2018)

Propuesta del Plan de Obra

En una planificación de obra, los rubros o actividades son los primeros que deben definirse, ya que de ellos depende el uso correcto del tiempo y de los recursos para dar cumplimiento al objetivo del proyecto.

Una adecuada planificación depende de la experiencia de la persona que se encuentre encargada de realizarla, por la gran cantidad de rubros a usarse y por los tiempos de ejecución de cada uno de ellos. Las actividades se suelen detallar en los análisis de precios unitarios, y es precisamente en este punto que la experiencia juega un papel muy importante, ya que para jóvenes recién graduados o estudiantes universitarios que no posean experiencia en obra, suelen tener problemas para armar cada APU con un buen nivel de detalle y con los rendimientos correctos.

En la actualidad existe literatura y publicaciones, que buscan brindar orientación frente a todas las actividades y rendimientos que deben considerarse de manera general en todo proyecto constructivo; entre estos, tenemos las publicaciones de la CAMICON que se actualiza constantemente para ofrecer un apoyo a todo público relacionado con la construcción, en cuanto a costos de materiales y equipos, apus, rubros, etc. (CAMICON, 2020).

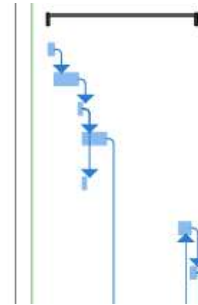
En este manual se utiliza como guía las publicaciones de la CAMICON, para conocer los tiempos de ejecución de cada rubro y sus respectivos costos; y así, dar cumplimiento con la realización de 4D y 5D posteriormente.

- Revit ofrece a los usuarios BIM, planificar la obra en el mismo software al asignar una fase constructiva a cada elemento arquitectónico, estructural y de instalaciones. Sin embargo, se sugiere utilizar el programa Microsoft Project para realizar un cronograma de ejecución del proyecto, y en función al tiempo de cada actividad de la construcción se pueden definir las fases a crearse en Revit.

Figura 92.

Vista Diagrama de Gantt de obras preliminares en Project

OBRAS PRELIMINARES			54 días	lun 4/1/21	jue 18/3/21
Cerramiento provisional	m	80,00	3 días	lun 4/1/21	mié 6/1/21
Limpieza de terreno	m2	400,00	8 días	jue 7/1/21	lun 18/1/21
Replanteo y nivelación	m2	400,00	2 días	mar 19/1/21	mié 20/1/21
Excavación manual de cimientos	m3	163,33	8 días	jue 21/1/21	lun 1/2/21
Excavación manual de cisterna	m3	12,20	2 días	jue 21/1/21	vie 22/1/21
Relleno compacto con suelo natural	m3	124,83	4 días	mié 10/3/21	lun 15/3/21
Desalojo de materiales con volqueta	m3	40,00	3 días	mar 16/3/21	jue 18/3/21

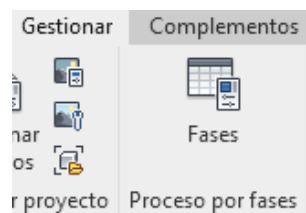


Nota: Se muestra una sección del cronograma de este proyecto. Tomado de: (Propio)

- La creación de fases en Revit, se realiza al dirigirse a la pestaña Gestionar, y en la sección de Proceso por fases se selecciona la única función llamada Fases que se muestra en la figura a continuación (Autodesk, 2010).

Figura 93.

Pestaña Gestionar para creación de fases



Nota: Captura de pantalla de localización de Fases. Tomado de: (Autodesk, 2010).

- Tras seleccionar la función Fases, se abre una ventana con tres opciones a modificarse. La primera son las Fases del proyecto, en donde se crean las etapas que dependen de la planificación de obra; ya sean meses, semanas o días de acuerdo al nivel de detalle que se desee otorgar al modelo y la extensión del proyecto (Autodesk, 2010).

Figura 94.

Creación de fases del proyecto y su descripción

PASADO		
Nombre	Descripción	
10	Semana 13	26/3/21 - 2/4/21
11	Semana 14	3/4/21 - 9/4/21
12	Semana 15	12/4/21 - 18/4/21
13	Semana 16	19/4/21 - 25/4/21
14	Semana 17	26/4/21 - 30/4/21
15	Semana 18	3/5/21 - 7/5/21
16	Semana 19	10/5/21 - 14/5/21
17	Semana 20	17/5/21 - 23/5/21
18	Semana 21	24/5/21 - 28/5/21
19	Semana 22	31/5/21 - 4/6/21
20	Semana 23	7/6/21 - 11/6/21
21	Semana 24	14/6/21 - 18/6/21
22	Semana 25	21/6/21 - 25/6/21
23	Semana 26	28/6/21 - 2/7/21
24	Semana 27	5/7/21 - 9/7/21
25	Semana 28	12/7/21 - 16/7/21

Nota: Junto a cada fase se puede colocar opcionalmente una pequeña descripción que será visible al ingresar a la función de Fases. Tomado de: (Autodesk, 2010).

- En la Figura 95 se encuentra la opción Filtro de fases, en donde por defecto Revit nos ofrece una gran variedad de opciones; sin embargo, se aconseja la creación de un nuevo filtro en función de lo que se necesite. Cada filtro posee su estado de fase, estos son nuevo, existente, derribado y temporal; y así como indica su nombre, se pueden crear elementos que se muestren durante todo el ciclo de vida del proyecto, y elementos que pueden aparecer temporalmente o derribarlos cuando ya no sean necesarios para el modelo. En cada estado de fase se permite seleccionar si se quiere visualizar los elementos con modificaciones de gráficos, por categoría o no mostrarlos (Autodesk, 2010).

Figura 95.

Filtros de fases constructivas

Nombre de filtro	Nuevo	Existente	Derribado	Temporal
1	Elementos nuevos	Modificado	Por categoría	No mostrado
2	Show All	Por categoría	Modificado	Modificado
3	Show Complete	Por categoría	Por categoría	No mostrado
4	Show Demo + New	Por categoría	No mostrado	Modificado
5	Show New	Por categoría	No mostrado	No mostrado
6	Show Previous + Demo	No mostrado	Modificado	No mostrado
7	Show Previous + New	Por categoría	Modificado	No mostrado
8	Show Previous Phase	No mostrado	Modificado	No mostrado

Nota: Se creó el filtro Elementos nuevos para este proyecto. Tomado de: (Propio).

- Las modificaciones de gráficos se realizan por cada estado de las fases, por ejemplo en este proyecto los elementos nuevos aparecen con distintos colores y los elementos creados con anterioridad sin modificaciones (Autodesk, 2010)

Figura 96.

Modificaciones de gráficos a visualizarse en las fases constructivas



Nota: Se modificó la visualización para fases nuevas. Tomado de: (Autodesk, 2010).

- Para que los elementos aparezcan en las fases que les corresponda, se selecciona los elementos y seguido hay que dirigirse a la bandeja de propiedades y en Proceso por fases, se escoge la fase que le corresponda (Autodesk, 2010).

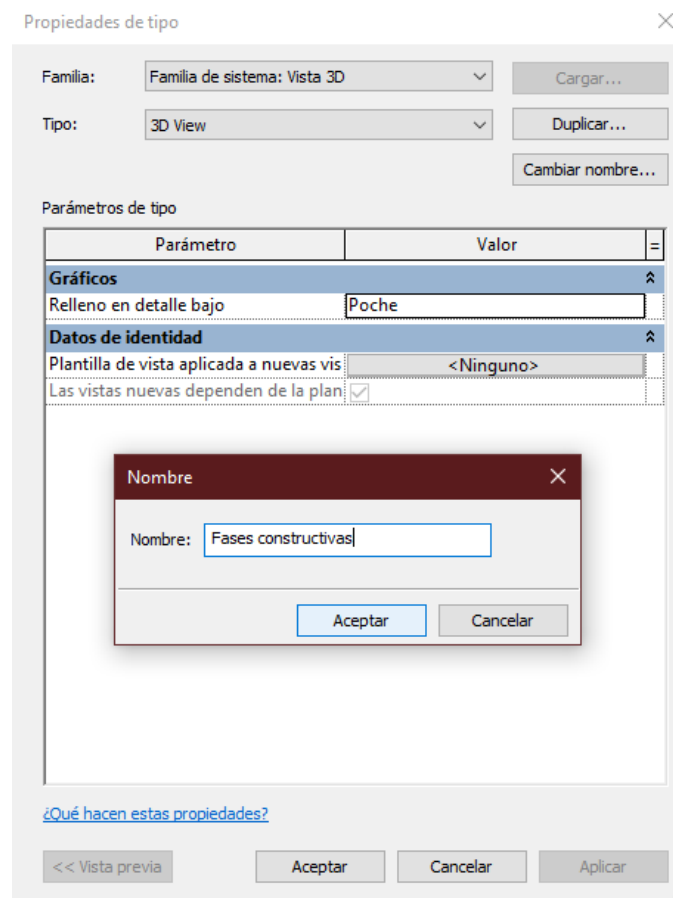
Figura 97.

Proceso por fases disponible en bandeja de propiedades

Proceso por fases	
Filtro de fases	Elementos nuevos
Fase	Semana 21

Nota: En Fase se elige mes, semana o día a observar. Tomado de: (Autodesk, 2010).

- Para tener mejor organizadas las vistas de las fases constructivas, como se indica en la Figura 98, se puede duplicar la vista 3D en la bandeja de propiedades, seleccionar Editar tipo y duplicar para tener una vista tridimensional de Fases constructivas.

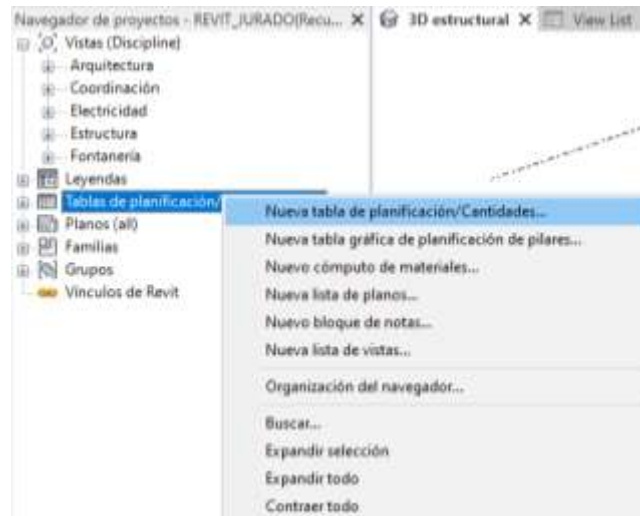
Figura 98.*Vista 3D para fases constructivas*

Nota: Creación de vista 3D para fases constructivas. Tomado de: (Autodesk, 2010).

- Se sugiere la creación de una plantilla para que se use en todas las fases constructivas, en caso de querer documentarlas en planos.

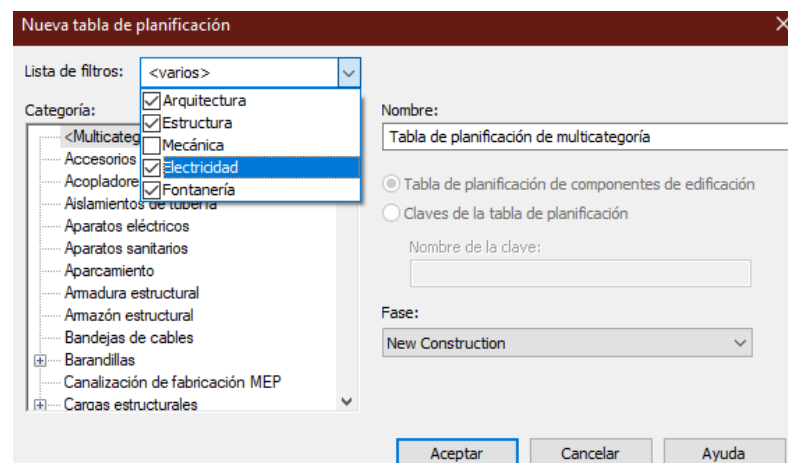
Control de costos

- Inicialmente se deben crear las Tablas de cantidades en Revit, para lo cual hay que dirigirse a la bandeja de Navegador de Proyectos como se indica en la Figura 99, y dar clic derecho en Tablas de planificación/Cantidades, para acceder al menú de generar una Nueva tabla de planificación/cantidades, que contendrá los componentes de las cantidades de obra que se necesitan para elaborar el presupuesto (Autodesk, 2020).

Figura 99.*Creación de tablas de planificación/cantidades*

Nota: Captura de ventana para crear tabla en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Al crear una nueva tabla, se abre una ventana para escoger la categoría del listado que ofrece Revit, y primero se aconseja filtrar las disciplinas que queramos ver así como la Figura 100, para que en categorías solo se muestren elementos con los que se trabajó en el proyecto (Autodesk, 2020).

Figura 100.*Categorías para una nueva tabla de planificación/cantidades*

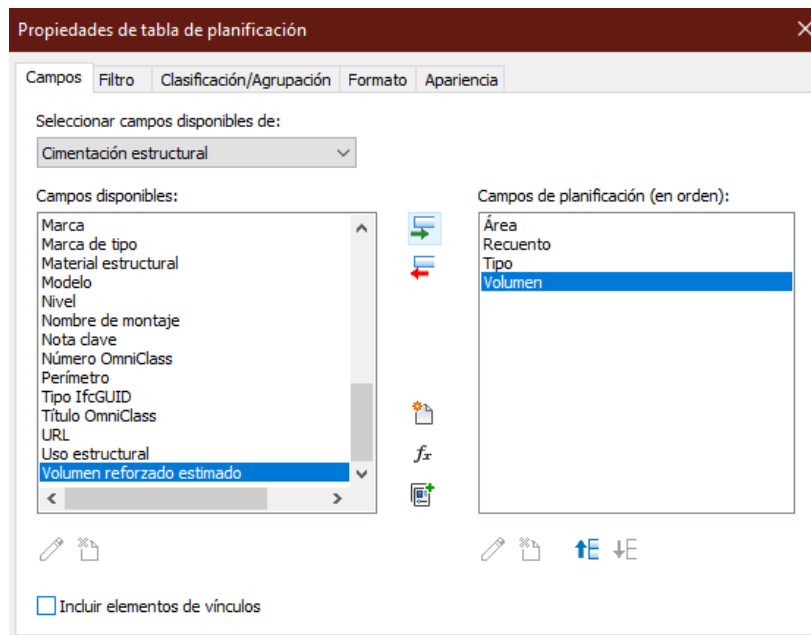
Nota: Se selecciona la categoría de la tabla a crear. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Seguido se despliega la ventana de Propiedades de tabla de planificación, con cinco componentes que pueden modificarse de acuerdo a las necesidades de la tabla. Como se observa en la Figura 101, el primer

componente es de Campos, en donde se puede escoger en la parte izquierda que valores muestre la tabla (Campos disponibles), al cargarlos en la parte derecha con la flecha en color verde (Campos de planificación). El orden de las columnas que tendrá la tabla se puede modificar con las flechas de subir o bajar en la parte inferior del cuadro a la derecha (Autodesk, 2020).

Figura 101.

Campos de propiedades en tablas de planificación/cantidades

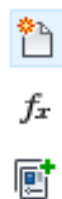


Nota: Captura de Campos en propiedades de tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Para poder crear un nuevo campo, se selecciona el primer icono de la Figura 102 dentro del componente Campos, y se despliega una ventana presentada en la Figura 103, en donde se puede escoger las opciones más convenientes para el parámetro que se quiera crear (Autodesk, 2020).

Figura 102.

Iconos para crear un nuevo campo



Nota: Zoom de iconos de Figura 101. Tomado de: (Autodesk, 2020)

Figura 103.*Propiedades para crear un campo nuevo*

Nota: Las opciones a elegir para el campo nuevo a crear, se presentan en los menús desplegables que Revit ofrece en el listado de Datos de parámetro. Tomado de: (Autodesk, 2020).

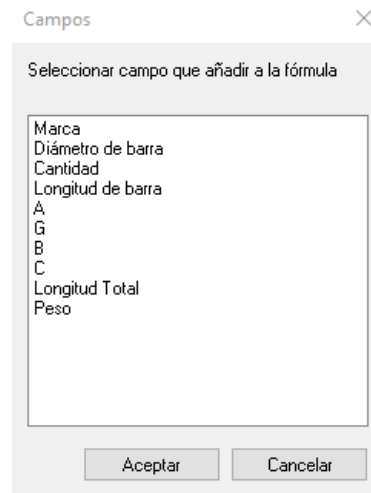
- Si se requiere un parámetro calculado, se escoge la segunda opción de la Figura 102 presentada anteriormente, y también se pueden seleccionar sus característica en los menús desplegables (Autodesk, 2020).

Figura 104.*Ventana para generar un campo calculado*

Nota: Opciones a modificar en campos calculados. Tomado de: (Autodesk, 2020)

Figura 105.

Campos a escoger para crear fórmula de cálculo

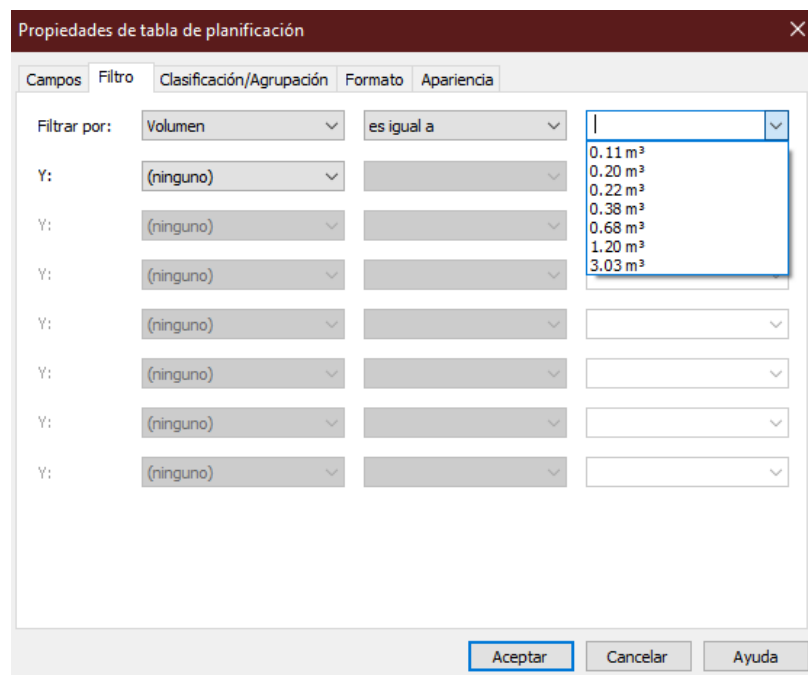


Nota: La fórmula se crea en función a los campos que hayan sido cargados en la tabla, así como se observa en esta figura. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- En el componente Filtro se puede escoger en función de las categorías, que parámetros observar en la tabla, en caso de necesitar ver solo ciertos componentes (Autodesk, 2020).

Figura 106.

Filtro de propiedades en tablas de planificación/cantidades

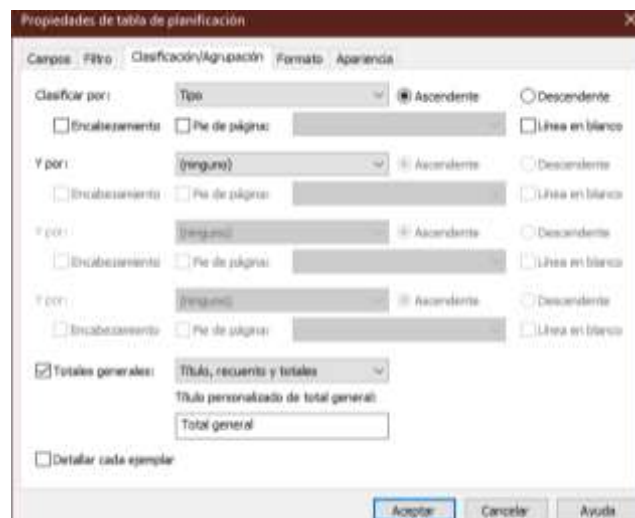


Nota: Captura de opción Filtro en propiedades de tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- En Clasificación/Agrupación se puede ordenar los elementos de la tabla, para que en lugar de que aparezcan todos, se los pueda visualizar agrupados de acuerdo a los campos. La casilla Totales generales, permite ver los valores totales de los parámetros que escojamos, como se muestra en la parte inferior de la tabla de la Figura 108 (Autodesk, 2020).

Figura 107.

Clasificación/agrupación de propiedades en tablas de planificación



Nota: Captura de opción Clasificación/Agrupación en propiedades de tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

Figura 108.

Tabla de cantidades de zapatas con totales generales

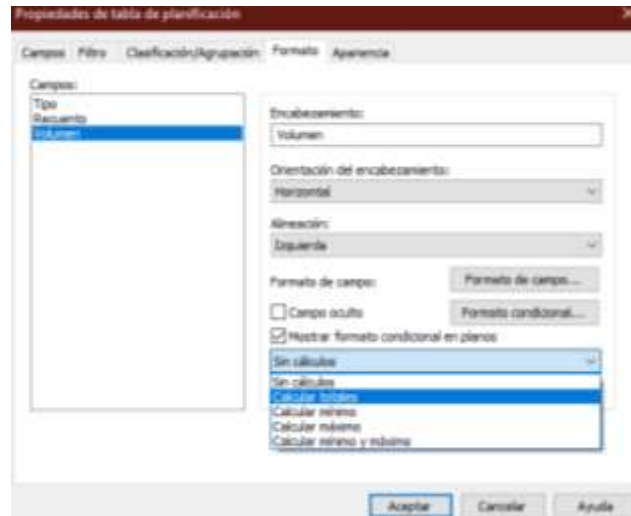
<CANTIDADES DE ZAPATAS>		
A	B	C
Descripción	Cantidad	Volumen
repamilo Z1 (1.5x1.5x0.05)	4	0.45 m ³
repamilo Z2 (2.0x2.0x0.05)	6	1.20 m ³
repamilo Z3 (2.75x2.75x0.05)	2	0.78 m ³
Z1 (1.5x1.5x0.3)	4	2.70 m ³
Z2 (2.0x2.0x0.3)	6	7.20 m ³
Z3 (2.75x2.75x0.4)	2	8.05 m ³
ZL (0.6x1.10x0.25)	1	0.22 m ³
Total general: 25		18.58 m³

Nota: Resultado de generar una tabla de cantidades. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Dentro de la casilla Formato se indica cómo se quiere observar cada casilla en la tabla, es decir, el nombre del encabezado y su orientación vertical u horizontal. Además, se puede elegir la alineación de la columna y la forma de presentar los cálculos de los parámetros computables (Autodesk, 2020).

Figura 109.

Formato de propiedades en tablas de planificación/cantidades

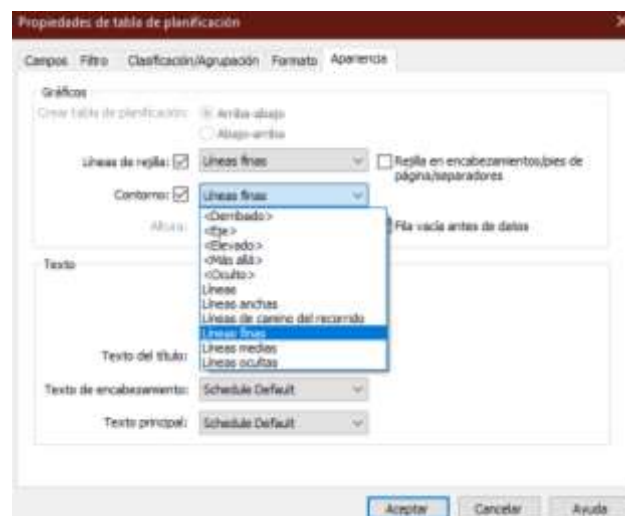


Nota: Captura opción Formato en propiedades de tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- En Apariencia se debe revisar que las casillas Líneas de rejillas y Contorno se encuentren activas, para que la tabla posea líneas al quererlas usar en planos o exportarlas. Como se observa en la Figura 110, también se puede seleccionar diferentes opciones para las líneas en ambas casillas (Autodesk, 2020).

Figura 110.

Apariencia de propiedades en tablas de planificación/cantidades

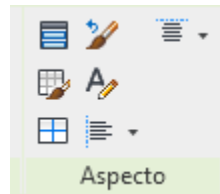


Nota: Captura opción Apariencia propiedades de tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Una vez creada la tabla en la sección Modificar se encuentra la casilla Aspecto, que se indica en la Figura 111, en donde se puede editar otros parámetros como el tipo de letra, color de letra, fuente, etc. (Autodesk, 2020).

Figura 111.

Casilla aspecto para modificar letra de tablas

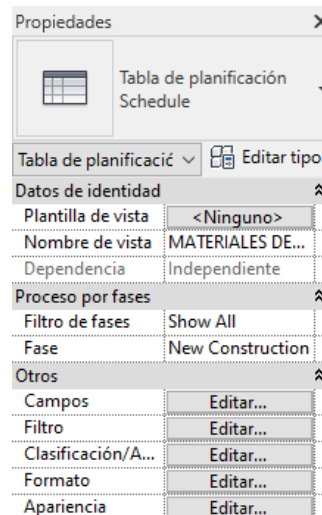


Nota: Opciones para modificar formato en tabla. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Si se desea regresar a la vista de Propiedades de tablas de planificación, se puede acceder mediante la bandeja de Propiedades y seleccionar Editar cualquier componente dentro del parámetro Otros (Autodesk, 2020).

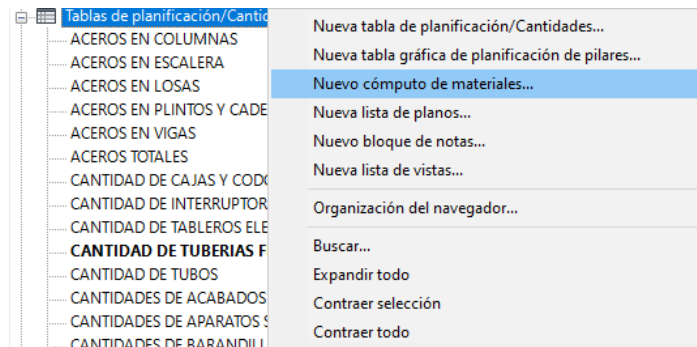
Figura 112.

Propiedades de tabla de planificación/cantidades



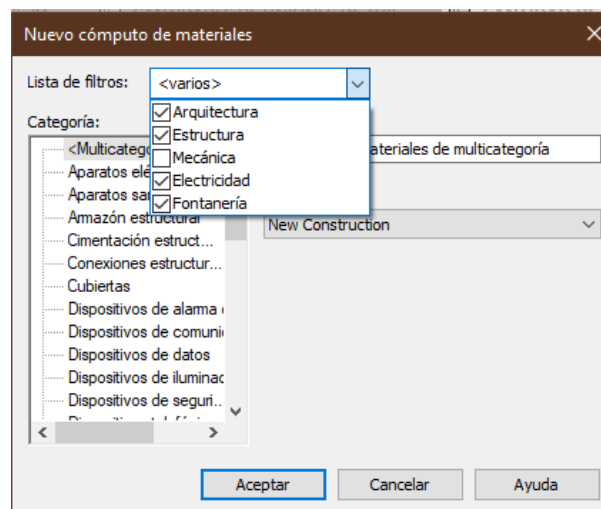
Nota: Bandeja de propiedades de tablas de cantidades. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Revit también permite crear tablas con el listado de los materiales que se emplearon en el proyecto, al dar clic derecho en Tablas de planificación/ Cantidades del Navegador de Proyectos y seleccionar la opción Nuevo computo de materiales como se muestra en la Figura 113 (Autodesk, 2020).

Figura 113.*Creación de tablas de materiales*

Nota: Captura de opción para ver cantidades de materiales. Tomado de: (Propio)

- Al igual que en las tablas de cantidades se debe seleccionar las disciplinas que interfieran en el proyecto, y se puede escoger las categorías del listado para crear la tabla. También se puede optar por Multicategoría para generar una sola tabla con todos los materiales (Autodesk, 2020).

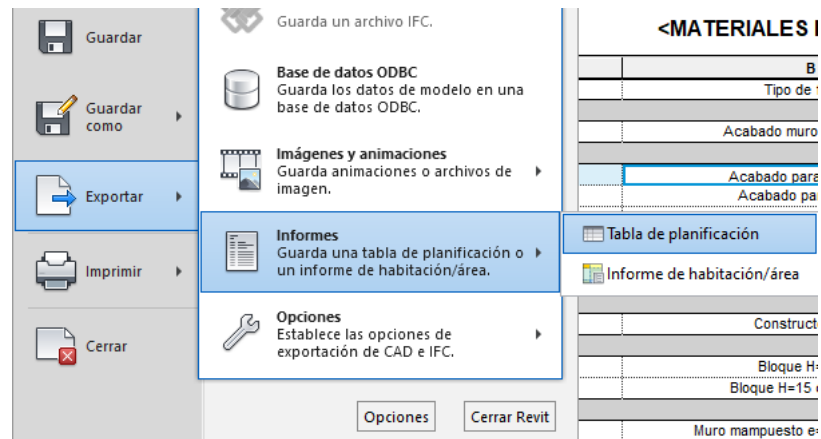
Figura 114.*Categorías para una nueva tabla de materiales*

Nota: Seleccionar en filtros todas las áreas del proyecto. Tomado de: (Autodesk, 2020)

- Revit también permite exportar las tablas creadas, para esto en primer lugar se debe abrir la tabla que se desee exportar, y seguido se realizan los pasos que se observan en la Figura 115; después se abre una ventana para buscar la ubicación que tendrá el archivo y este se guardará en formato .txt (Autodesk, 2020).

Figura 115.

Sección para exportar tablas



Nota: Opciones disponibles en la barra o pestaña Archivo de Revit. Tomado de: (Propio)

Figura 116.

Datos de tabla exportada en formato txt

"Nombre de Material"	"Tipo de familia"	"Área"	"Volumen"
"Acabado exterior"	"Acabado muros exteriores"	"198.89 m²"	"0.99 m³"
"Acabado exterior: 4"	"Acabado muros exteriores"	"198.89 m²"	"0.99 m³"
"Acabado interior"	"Acabado para piso T3"	"0.39 m²"	"0.00 m³"
"Acabado interior"	"Acabado para piso T4"	"0.38 m²"	"0.00 m³"
"Acabado interior"	"Acabados muros interiores"	"54.74 m²"	"0.27 m³"
"Acabado interior"	"Muro mampuesto e=20 cm (exterior)"	"131.78 m²"	"1.85 m³"
"Acabado interior"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior)"	"174.21 m²"	"2.41 m³"
"Acabado interior: 130"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior) una cara"	"8.58 m²"	"0.12 m³"
"Acabado interior: 130"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior) una cara"	"370.08 m²"	"4.98 m³"
"ACERO: 1"	"Constructora 24 I"	"0.04 m²"	"0.00 m³"
"ACERO: 1"	"Constructora 24 I"	"0.04 m²"	"0.00 m³"
"Aperturas de aire"	"Bloque H=15 cm"	"561.99 m²"	"6.35 m³"
"Aperturas de aire"	"Bloque H=15 cm (30x20)"	"2.81 m²"	"0.03 m³"
"Aperturas de aire: 1196"	"Bloque H=15 cm (30x20)"	"564.80 m²"	"6.38 m³"
"Bloque paredes"	"Muro mampuesto e=20 cm (exterior)"	"131.78 m²"	"1.85 m³"
"Bloque paredes"	"Muro mampuesto e=20 cm (exterior) sin acabado interior"	"87.26 m²"	"1.16 m³"
"Bloque paredes"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior)"	"87.26 m²"	"1.16 m³"
"Bloque paredes"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior) sin acabados"	"87.26 m²"	"1.16 m³"
"Bloque paredes: 86"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior) una cara"	"8.58 m²"	"0.12 m³"
"Bloque paredes: 86"	"Muro mampuesto e=20 cm (interior) una cara"	"264.88 m²"	"3.53 m³"
"ARRAME"	"Constructora 24 I"	"0.04 m²"	"0.00 m³"

Nota: Cantidades de materiales de vivienda, en formato txt. Tomado de: (Propio)

- Para poder observar las tablas en Excel como se indica en la Figura 117, se sigue el siguiente orden: Abrir Excel->Libro en blanco->Archivo->Abrir-> Elegir archivo de formato txt (Autodesk, 2020).

Figura 117.

Datos de tabla exportada en formato Excel

	A	B	C	D
1	MATERIALES DEL PROYECTO			
2	Nombre de Material	Tipo de familia	Area	Volumen
3				
4	Acabado exterior	Acabado muros exteriores	198.89	0.99
5	Acabado exterior: 4		198.89	0.99
6	Acabado interior	Acabado para piso T3	0.39	0.00
7	Acabado interior	Acabado para piso T4	0.38	0.00
8	Acabado interior	Acabados muros interiores	54.74	0.27
9	Acabado interior	Muro mampuesto e=20 cm (exterior)	133.78	0.66
10	Acabado interior	Muro mampuesto e=20 cm (interior)	174.21	0.87
11	Acabado interior	Muro mampuesto e=20 cm (interior)	8.58	0.04
12	Acabado interior: 130		170.08	1.85

Nota: Cantidades de materiales de vivienda, en hoja de Excel. Tomado de: (Propio)

- Las cantidades obtenidas en Revit, deben trasladarse a los rubros creados en la planificación de obras; de esta forma, al multiplicar los precios unitarios de los rubros obtenidos de las publicaciones de la CAMICON, se consigue el presupuesto final de la obra, como se indica en la tabla a continuación.

Tabla 35.

Presupuesto del proyecto

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES				
Cerramiento provisional H=2.40m	m	80,00	30,26	2420,80
Limpieza de terreno	m2	400,00	1,34	536,00
Replanteo y nivelación	m2	400,00	1,69	676,00
Excavación manual de cimientos	m3	163,33	10,3	1682,30
Excavación manual de cisterna	m3	12,20	10,3	125,66
Relleno compactado con suelo natural	m3	124,83	6,58	821,38
Desalojo de materiales con volqueta	m3	40,00	10,83	433,20
ESTRUCTURA				
CIMENTACIONES				
Replanteo de hormigón simple f'c=140 kg/cm2	m3	2,41	111,26	268,14
Acero de refuerzo en plintos fy=4200 kg/cm2	kg	865,31	1,64	1419,11
Hormigón simple en plintos f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	15,95	133,02	2121,67
Acero de refuerzo columnas fy=4200 kg/cm2	kg	1310,22	1,64	2148,76
Encofrado alquilado metálico para columna	m2	44,84	3,73	167,25
Hormigón simple en columnas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	3,50	130,59	457,07
Acero de refuerzo en cadenas de cimentación fy=4200 kg/cm2	kg	653,15	1,64	1071,17
Encofrado tabla de monte cadenas	m2	80,40	10,85	872,34

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Hormigón simple en cadenas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	6,21	126,71	786,87
Contrapiso de hormigón f'c=180 kg/cm2	m2	92,45	18,11	1674,27
Malla electrosoldada	m2	94,75	4,63	438,69
Acero de refuerzo losa de fondo cisterna fy=4200 kg/cm2	kg	489,85	1,64	803,35
Hormigón simple en losa de fondo f'c=210 kg/cm2	m3	1,26	160,48	202,20
Acero de refuerzo en muros de cisterna fy=4200 kg/cm2	kg	195,20	1,64	320,13
Encofrado alquilado metálico para muro dos caras	m2	15,17	7,07	107,25
Hormigón simple en muros de cisterna f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	3,79	131,41	498,04
PRIMER PISO				
Acero de refuerzo columnas fy=4200 kg/cm2	kg	1813,82	1,64	2974,66
Encofrado alquilado metálico para columna	m2	52,32	3,73	195,15
Hormigón simple en columnas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	4,16	130,59	543,25
Acero de refuerzo escaleras fy=4200 kg/cm2	kg	140,17	1,64	229,88
Encofrado en escaleras	m2	48,47	14,72	713,48
Hormigón simple en escaleras f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	2,36	131,65	310,69
Acero de refuerzo vigas fy=4200 kg/cm2	kg	1103,67	1,64	1810,02
Encofrado con tablero contrachapado para vigas	m2	91,73	32,96	3023,42
Hormigón simple en vigas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	7,11	130,70	929,28
Acero de refuerzo losa N3.10 fy=4200 kg/cm2	kg	357,93	1,64	587,01
Malla electrosoldada	m2	94,75	4,63	438,69
Bloques alivianamientos 40x20x15 cm	u	552,00	0,80	441,60
Encofrado alquilado metálico con puntal 2X para losa	m2	68,12	32,96	2245,24
Hormigón simple en losa N3.10 f'c=210 kg/cm2	m3	7,12	135,07	961,70
SEGUNDO PISO				
Acero de refuerzo columnas fy=4200 kg/cm2	kg	1663,02	1,64	2727,35
Encofrado alquilado metálico para columna	m2	49,12	3,73	183,22
Hormigón simple en columnas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	3,92	130,59	511,91
Acero de refuerzo vigas fy=4200 kg/cm2	kg	918,82	1,64	1506,86
Encofrado con tablero contrachapado para vigas	m2	76,37	32,96	2517,16
Hormigón simple en vigas f'c=210 kg/cm2, no inc. Encofrado	m3	5,92	130,70	773,74
Acero de refuerzo losa N6.00 fy=4200 kg/cm2	kg	365,89	1,64	600,06

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Malla electrosoldada	m2	94,75	4,63	438,69
Bloques alivianamientos 40x20x15 cm	u	644,00	0,80	515,20
Encofrado alquilado metálico con puntal 2X para losa	m2	77,68	32,96	2560,33
Hormigón simple en losa N6.00 f'c=210 kg/cm2	m3	8,11	135,07	1095,42
ACABADOS				
Mampostería de bloque e=15cm + mortero 1:6	m2	264,89	10,78	2855,51
Enlucido vertical interior y exterior	m2	568,68	5,43	3087,93
Masillado en losa N3.10	m2	94,75	7,07	669,88
Masillado en losa N6.00 + impermeabilizante	m2	94,75	10,88	1030,88
Cielo raso gypsum de antihumedad e=5mm, inc. Empaste y pintura	m2	15,58	155,13	2416,93
Empastado para interiores	m2	369,79	2,32	857,91
Pintura para interiores de caucho, incluido andamios	m2	369,79	2,35	869,01
Empastado para exteriores	m2	198,89	3,91	777,66
Pintura para exteriores de caucho, incluido andamios	m2	198,89	2,78	552,91
Cerámica en piso	m2	30,63	23,39	716,44
Mesón de cocina hormigón armado, inc. Encofrado	m	8,40	38,42	322,73
Porcelanato en mesón	m2	4,81	37,54	180,57
Duelas en piso y escalera, pulido y lacado	m2	133,42	39,57	5279,43
Puerta de madera 0.80x2.10, incluido marco y tapamarco	u	2,00	131,12	262,24
Puerta de madera 0.90x2.10, incluido marco y tapamarco	u	6,00	132,53	795,18
Puerta principal lacada, incluido marco y tapamarco	u	1,00	475,00	475,00
Puerta plegable 2.50x1.10	u	1,00	125,00	125,00
Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m2	70,58	28,27	1995,30
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS				
Tubería de agua fría PVC 1/2", incluido accesorios	m	12,36	3,30	40,79
Tubería de agua fría PVC 3/4", incluido accesorios	m	30,50	3,96	120,78
Tubería de agua caliente PVC 1/2", incluido accesorios	m	31,35	3,71	116,31
Tubería desagüe PVC 1 1/2", incluido accesorios	m	9,94	3,22	32,01
Tubería desagüe PVC 2", incluido accesorios	m	1,73	4,58	7,92
Tubería desagüe PVC 3", incluido accesorios	m	1,23	7,84	9,64
Tubería desagüe PVC 4", incluido accesorios	m	37,33	9,49	354,26
Tubería aguas lluvia PVC 1 1/2", incluido accesorios	m	13,83	3,22	44,53
Tubería aguas lluvia PVC 3"	m	12,82	7,84	100,51

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Punto de agua fría PVC 1/2", incluye accesorios	pto	10,00	23,58	235,80
Punto de agua caliente PVC 1/2", incluye accesorios	pto	6,00	22,51	135,06
Punto de desagüe PVC 1 1/2", incluye accesorios	pto	5,00	25,84	129,20
Punto de desagüe PVC 2", incluye accesorios	pto	1,00	31,43	31,43
Punto de desagüe PVC 3", incluye accesorios	pto	2,00	43,16	86,32
Punto de desagüe PVC 4", incluye accesorios	pto	3,00	48,95	146,85
Válvula check 3/4"	u	2,00	31,90	63,80
Válvula esférica 3/4"	u	2,00	18,80	37,60
Cajas de revisión 60*60*80 cm	u	4,00	79,16	316,64
Lavamanos con pedestal	u	3,00	68,79	206,37
Inodoro	u	3,00	126,22	378,66
Lavaplatos inc. Grifería tipo cuello de ganso	u	1,00	184,17	184,17
Ducha con mezcladora	u	2,00	90,17	180,34
Rejillas de piso para cubierta 1 1/2"	u	4,00	6,72	26,88
Rejillas de piso para duchas 3"	u	2,00	9,14	18,28
Grifería para lavamanos	u	3,00	97,58	292,74
Calefón de agua a gas	u	1,00	392,86	392,86
Puerta metálica para cisterna	u	1,00	150,00	150,00
Tanque hidroneumático de 24lt, inc. bomba de 0,5HP	u	1,00	92,74	92,74
Tanque cisterna ROTOPLAS de 1100lt	u	1,00	185,67	185,67
INSTALACIONES ELECTRICAS				
Tubo conduit 3/4", inc. Accesorios	m	64,34	1,83	117,74
Tubo conduit 1/2", inc. Accesorios	m	80,28	1,52	122,03
Caja de conexiones de tubo - Cruz - PVC	u	62,00	6,29	389,98
Cable THHN #12 tomacorrientes	m	85,24	5,84	497,80
Cable THHN #14 iluminación	m	39,44	5,93	233,88
Tablero de distribución	u	1,00	55,36	55,36
Interruptor simple	u	12,00	8,11	97,32
Interruptor bipolar	u	2,00	9,51	19,02
Tomacorrientes 220v	u	2,00	8,20	16,40
Tomacorrientes 110v	u	13,00	10,61	137,93
Luminarias	u	15,00	16,11	241,65
OBRAS FINALES				
Cerramiento con mampostería de bloque con piedra reventador	m	80,00	186,28	14902,40
Puerta de ingreso peatonal	u	1,00	232,02	232,02
Puerta de ingreso peatonal	u	1,00	1072,59	1072,59
Limpieza final de obra	m2	400,00	1,85	740,00
COSTO TOTAL OBRA				95000,78

Nota: Cantidades obtenidas en Revit y precios de la CAMICON. Tomado de: (Propio)

Análisis de eficiencia energética

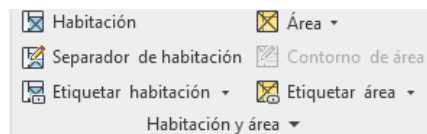
Para dar cumplimiento a la sexta dimensión de BIM se necesita instalar Insight de Autodesk, debido a que trabaja como un complemento con Revit para realizar análisis de iluminación y análisis solar a los modelos creados. La versión a descargarse de Insight, debe estar acorde a la versión que se tenga de Revit; es por esta razón que existen versiones del 2016 al 2020 (Autodesk, 2020).

Análisis energético

- Antes de hacer un análisis 6D en Revit, es necesario que en el proyecto se creen o delimiten las habitaciones, ya que de esta forma se puede saber cómo se distribuye la luz sobre ellas. Su creación se realiza en la pestaña Arquitectura, y en la sección Habitación y área se selecciona Habitación (Autodesk, 2019).

Figura 118.

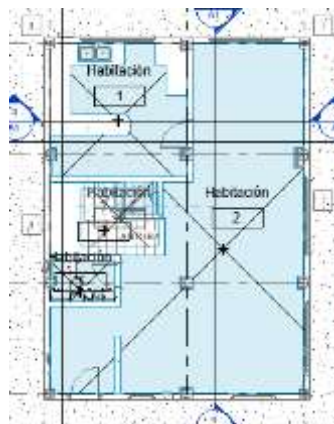
Sección Habitación y área de la pestaña Arquitectura



Nota: Captura de pantalla de esta sección de Revit. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 119.

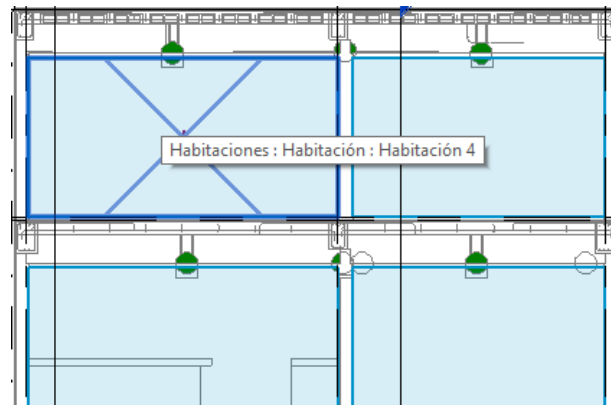
Vista de habitaciones en planta



Nota: Las habitaciones se deben crear en las vistas en planta, así como se indica en esta imagen. Tomado de: (Autodesk, 2019).

Figura 120.

Vista en corte de habitaciones

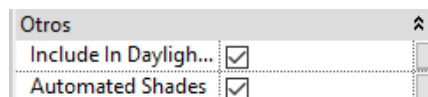


Nota: Para poder observar que las habitaciones se encuentren correctamente delimitadas, en la pestaña Vista se selecciona Visibilidad/Gráficos y se asigna relleno en las habitaciones. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- Para que se utilicen las habitaciones en estos análisis, se debe activar por cada habitación las casillas de iluminación disponibles en la bandeja de propiedades, así como se indica en la Figura 121 (Autodesk, 2019).

Figura 121.

Casillas de iluminación en bandeja de Propiedades



Nota: El visto significa que se encuentran activas. Tomado de: (Autodesk, 2019).

- Se inicia el análisis energético al realizar las primeras configuraciones dentro de la pestaña Analizar, y en la barra Optimización de energía se debe seleccionar Ubicación. Como se indica en la Figura 123, se debe seleccionar la ciudad en donde se va encontrar el proyecto, ya que en función a ello con las estaciones meteorológicas cercanas se tendrá el clima de esa zona (Autodesk, 2020).

Figura 122.

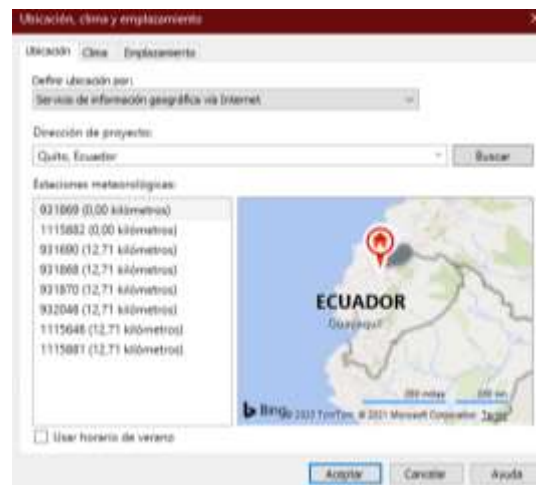
Barra de Optimización de energía



Nota: Captura de opciones para optimizar energía. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 123.

Ubicación del proyecto en Revit



Nota: Se puede ubicar cualquier ciudad del país. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- El segundo paso a realizar es la Configuración de energía, a la cual se accede desde la barra Optimización de energía; aquí se puede colocar parámetros como modo de análisis, plano de suelo, etc. (Autodesk, 2020).

Figura 124.

Configuración de energía

Parámetro	Valor
Modelo analítico de energía	
Medio	Utilizar elementos de edificación
Plano de suelo	Tercer piso (estruct)
Fase de proyecto	New Construction
Resolución de espacio analítico	0,4572 m
Resolución de superficie analítica	0,3048 m
Profundidad de la zona perimetral	4,5720 m
División de la zona perimetral	

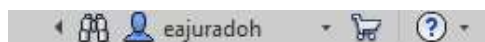
Nota: En el parámetro Fase de proyecto se recomienda utilizar la fase en la que se encuentren cargados todos los elementos del proyecto, ya que si se selecciona una etapa creada en la parte de planificación, el análisis no será el correcto debido a que se busca analizar a todo el modelo completo. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 125.*Opciones avanzadas de Configuración de energía*

Parámetro	Valor
Anchura y profundidad de clarabo	0,9144 m
Datos de construcción ^	
Tipo de edificio	Multi Family
Tabla de planificación de operacio	Instalación 24/7
Sistema de climatización	Ventilación/Aire acondicionado centr
Información de aire exterior	Editar...
Datos de habitación/espacio ^	
Categoría de exportación	Habitaciones

Nota: En el parámetro Tabla de planificación de operaciones de construcción, se debe indicar el tiempo que opera energéticamente el proyecto, en el caso de viviendas sería las 24 horas y siete días a la semana (24/7). Tomado de: (Autodesk, 2020).

- En la barra de la Figura 122 se debe seleccionar Generar, para que se pueda obtener los resultados del análisis energético del proyecto. Es necesario mencionar que para visualizar los resultados, se necesita tener una cuenta de Autodesk abierta en Revit, ya que los resultados son enviados al correo del usuario (Autodesk, 2020).

Figura 126.*Barra de sesión abierta en Revit*

Nota: El nombre eajuradoh, corresponde al usuario de la cuenta de Revit que se encuentra abierta. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 127.*Mensaje recibido a correo de análisis completado*

Nota: Al seleccionar View Insight, se abre una ventana con los resultados del análisis. Tomado de: (Propio).

Figura 128.*Resultados de análisis energético*

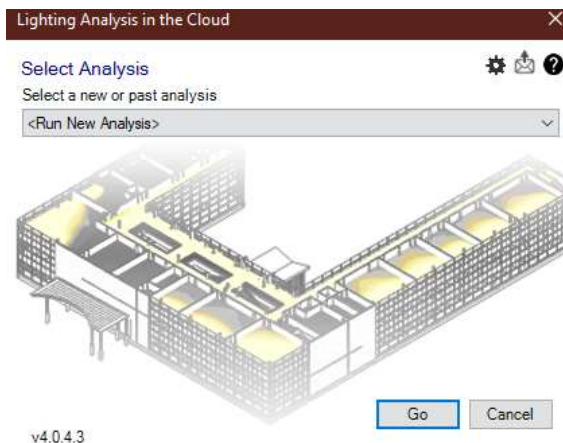
Nota: Captura de una sección de los resultados obtenidos. Tomado de: (Propio).

Análisis de iluminación

- Las funciones de Insight que se muestran en la Figura 129, se las encuentra en la pestaña Analizar. Para el análisis de iluminación se selecciona Lighting, y en la ventana emergente (Figura 130), se presiona Go (Autodesk, 2020).

Figura 129.*Barra de Insight en Revit*

Nota: Captura de opciones que ofrece Insight en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

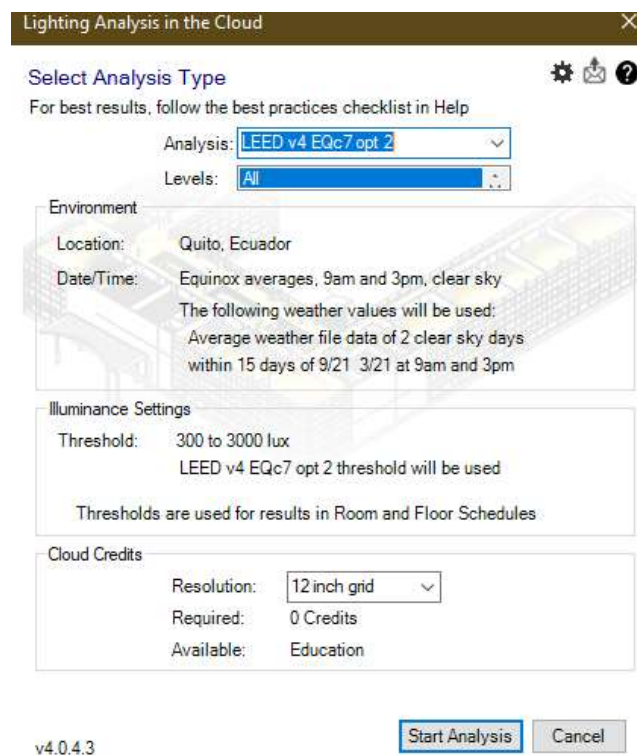
Figura 130.*Ventana para realizar análisis de iluminación*

Nota: Captura de ventana para análisis de iluminación. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Tras presionar Go se abre la ventana de la Figura 131, en donde se puede acceder a diferentes análisis y en los niveles que deseemos; después de esto tras seleccionar Start Analysis, se debe esperar unos minutos hasta que el programa ejecute lo solicitado y al culminar saldrá el mensaje indicado en la Figura 114 (Autodesk, 2020).

Figura 131.

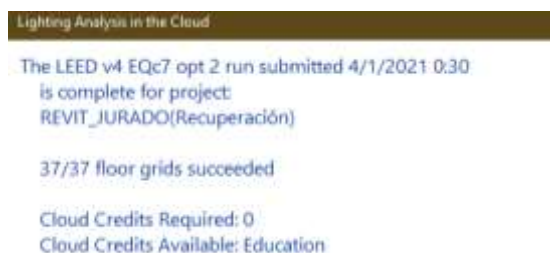
Tipos de análisis de iluminación



Nota: Se puede comprobar en Location de esta ventana, que se haya seleccionado correctamente la ubicación del proyecto. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 132.

Resultados después de ejecutar proceso de análisis

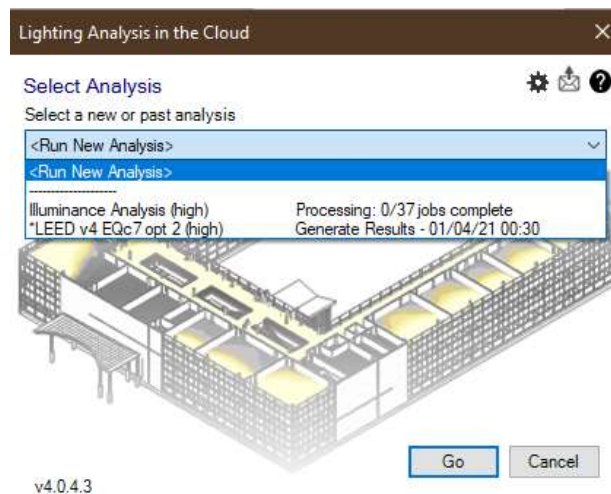


Nota: Mensaje obtenido después de realizar el análisis. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Para poder observar los resultados se ingresa nuevamente a Lighting de las opciones en Insight, se selecciona el análisis que se desee y se presiona Go (Figura 133). Seguido se muestran los resultados como en la Figura 134, y se abre una ventana tridimensional con las zonas de luz por colores, y su respectiva leyenda con sus rangos por nivel (Autodesk, 2020).

Figura 133.

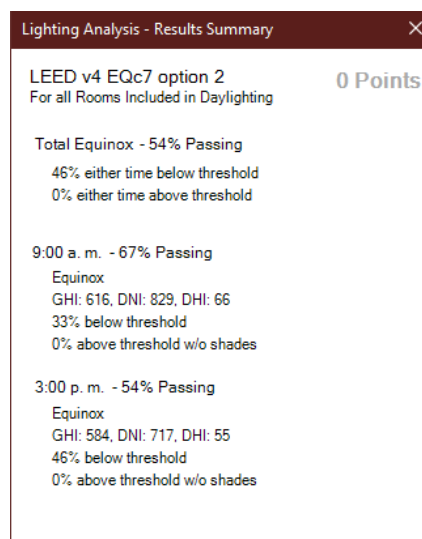
Selección de resultados a observar



Nota: Al desplegar el menú salen los análisis realizados. Tomado de: (Autodesk, 2020)

Figura 134.

Resultados de análisis de iluminación



Nota: Esta ventana se muestra después de seleccionar uno de los análisis, que se indican en la Figura 133. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 135.

Vista 3D con resultados de iluminación



Nota: Los resultados se muestran por niveles. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Análisis solar

- Primero se necesita configurar el sol en la cinta de opciones inferior de la pantalla de trabajo de Revit, esto se logra al dar clic en la imagen de sol que se observa en la Figura 136 y se selecciona Configuración de sol (Autodesk, 2020).

Figura 136.

Cinta de opciones pantalla inferior Revit



Nota: Captura de barra inferior de Revit completa. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 137.

Configuración de sol

Configuración de sol

Estudio solar

- Estático
- Un día
- Varios días
- Iluminación

Valores predefinidos

- <En sesión, un día>
- One Day Solar Study
- Summer Solstice Solar Study
- Winter Solstice Solar Study
- Spring Equinox Solar Study
- Fall Equinox Solar Study

Configuración

Ubicación: Quito, Ecuador

Fecha: 4/ 1/2021

Hora: 6:15 - 18:22

Del amanecer al anochecer

Fotogramas: 13

Intervalo de tiempo: Una hora

Plano de suelo en nivel: 1er piso (estruc)

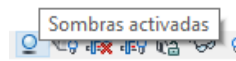
Guardar configuración

Nota: Opciones en la sección Configuración de sol. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- La Configuración de sol posee las opciones estático, un día, varios días e iluminación en donde se puede modificar la fecha, ubicación y hora en que se quiera realizar el análisis solar; además, de poder escoger el intervalo de tiempo en que se puede ver como incide el sol sobre el modelo. Para esto se necesita activar las sombras en el modelo (Figura 138), y activar el camino del sol; de esta forma, como se observa en la Figura 140 se puede observar el recorrido del sol de acuerdo a los parámetros que se haya seleccionado.

Figura 138.

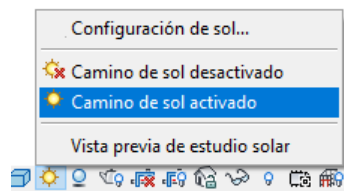
Botón para activar sombras en el modelo



Nota: Opción disponible en barra de la Figura 136. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 139.

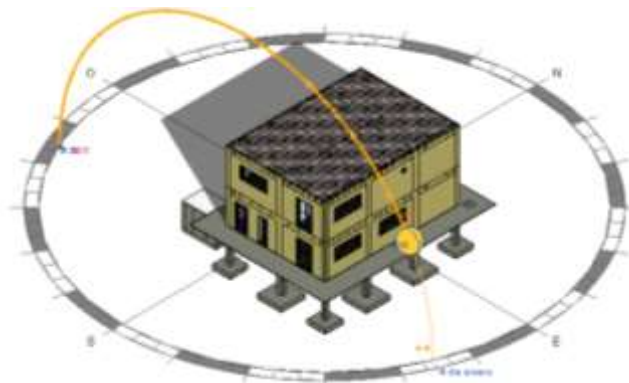
Activación de camino del sol



Nota: Para activar el camino de sol, solo se necesita seleccionarlo como se indica en esta figura. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Figura 140.

Recorrido del sol en vivienda de ese proyecto

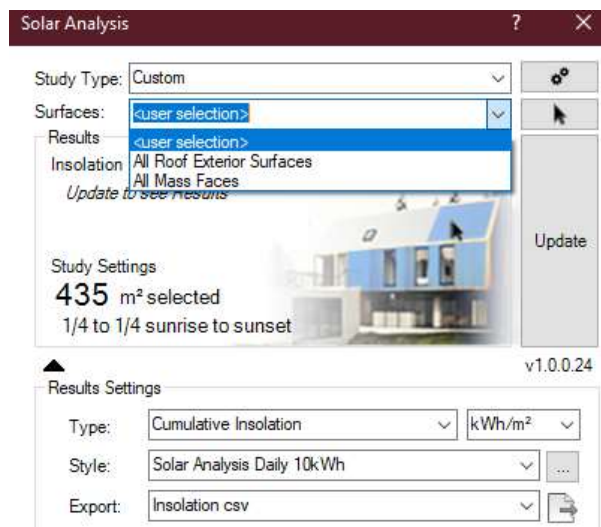


Nota: Captura de recorrido del sol, obtenido en Revit. Tomado de: (Propio)

- El análisis solar se realiza en la misma sección indicada en Figura 129, pero en este caso se debe seleccionar la opción Solar, e inmediatamente se abre una ventana para escoger los datos que convengan en nuestro análisis, por ejemplo las superficies de análisis, estilo (diario, anual, etc.), entre otros (Autodesk, 2020).

Figura 141.

Ventana con datos para análisis solar

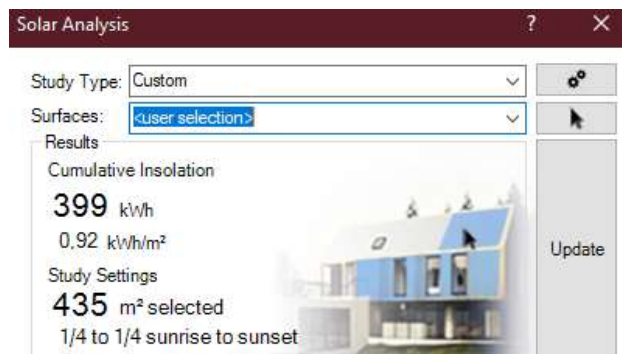


Nota: Opciones en análisis solar con Insight, en Revit. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Para correr el análisis se escoge Update, y se muestran los resultados como las figuras siguientes (Autodesk, 2020).

Figura 142.

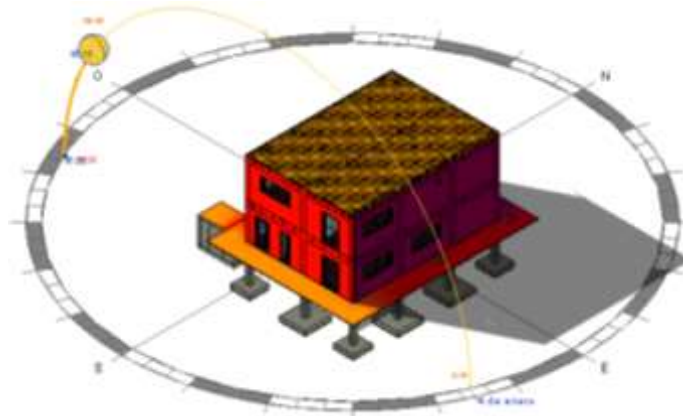
Reporte de resultados de análisis solar



Nota: Esta ventana indica la ejecución del análisis solar del proyecto realizado en Revit. Tomado de: (Propio)

Figura 143.

Vista 3D con resultados de análisis solar

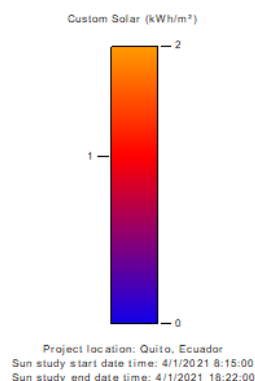


Nota: Esta vista corresponde a un estilo de análisis solar diario de 2kWh, ya que tras correr el programa este parámetro puede modificarse en la ventana de la Figura 142, de acuerdo a lo que se quiera observar. Tomado de: (Autodesk, 2020).

- Una forma de comprobar que se hayan realizado las configuraciones iniciales correctamente, es revisar la información que presenta la leyenda; ya que en este caso se observa que la ubicación, las fechas y horas escogidas se encuentran de acuerdo a los parámetros que se seleccionaron en pasos anteriores visibles en las Figuras 123 y 137 (Autodesk, 2020).

Figura 144.

Leyenda de resultados del análisis solar



Nota: Los tonos azules y morados indican zonas en donde la vivienda recibe menor cantidad de sol en su exterior. Tomado de: (Autodesk, 2020).

Mantenimiento

En todo proyecto constructivo se busca conversar en buen estado durante varios años, los elementos que forman parte de la estructura. Por esta razón BIM, en su séptima dimensión, pretende establecer lineamientos de mantenimiento preventivo, para generar una cultura que se anticipe a cualquier evento que implique un deterioro de la edificación; de esta forma conseguir mayores niveles de confort, ahorro económico, mejoras en el entorno, y progresos en la calidad edificatoria (Junta de Andalucía, 2010).

A continuación, se describen las instrucciones de mantenimiento y prevención que se sugiere tomar en cuenta durante la vida útil de una vivienda, con características similares a este proyecto de titulación:

Tabla 36.

Actividades para mantenimiento en viviendas

Elementos	Inspecciones, conservación y mantenimiento	Revisiones Periódicas
Cimentaciones	Vigilar en nuevos proyectos constructivos subterráneas, que puedan realizarse cerca al edificio; que no causen lesiones, asentamientos, etc. a estos elementos.	Permanentemente
Muros de cisterna	Si ocurre la existencia de grietas, fisuras, y humedad; se debe impermeabilizar y reparar estas fisuras con especialistas.	Cada año
Paredes	Es necesario estar pendiente de la aparición de humedades, fisuras, desprendimientos, desplomes o abombamientos; y en caso de notarlos buscar ayuda de un especialista.	Permanentemente
Obras de carpintería (puertas y ventanas)	Puertas: Revisar juntas y sellado de carpintería, y en caso de resecado y agrietamiento se procede a sustituir la silicona o material que este empleado. Además se debe engrasar cerraduras y bisagras. Ventanas: Engrasar los herrajes con spray, y revisar la masilla que sujeta el vidrio.	Cada año
Suelos de madera	Limpiar la superficie con trapos secos, se debe tener claro que jamás se debe usar agua para limpiar y en caso de derramarse	Permanentemente

Elementos	Inspecciones, conservación y mantenimiento	Revisiones Periódicas
Suelos con baldosa	<p>liquido sobre el suelo se debe secar inmediatamente.</p> <p>Para el desprendimiento de tablas, se aconseja contactar lo más pronto posible a un especialista.</p> <p>Evitar golpes con objetos duros, y no mover muebles deslizándolos sobre la superficie para no rayar la baldosa</p> <p>En caso de haber fisuras en las juntas, deben taparse con un sellador; por ejemplo, con cemento blanco</p>	Permanentemente
Cielo raso	<p>Observar la existencia de fisuras o manchas de humedad, y sustituir las piezas de cielo raso necesarias.</p>	Cada dos años
Cubierta	<p>Antes de las épocas de lluvia, limpiar los elementos de desagüe</p>	Permanentemente
Pinturas	<p>Repintar con material compatible</p>	Cada cinco años
Redes y aparatos sanitarios	<p>Limpiar cada tres meses el tanque de agua del inodoro.</p> <p>Mantener con agua los sifones de la red de desagüe, para evitar malos olores.</p> <p>Cada dos años cerrar las juntas entre cerámica y aparatos sanitarios, en caso de ser necesario</p>	Permanentemente
Red de agua fría y caliente	<p>Revisar el estado de los empaques y válvulas de ingreso del inodoro, para evitar desperdicio de agua.</p> <p>Es aconsejable revisar cada dos años el correcto funcionamiento del contador general, por parte de la empresa eléctrica.</p> <p>Ante la presencia de averías o fugas en la red, cerrar la llave de paso y contactarse con un especialista.</p>	Permanentemente
Electricidad	<p>Evitar cualquier contacto con agua o humedad a los aparatos eléctricos.</p> <p>Se aconseja no conectar en los tomacorrientes aparatos con potencias superiores.</p>	Permanentemente

Nota: Es necesario mencionar que estas instrucciones para mantenimiento y prevención, se encuentran acorde a la vivienda que se realizó en este proyecto, y a sus características constructivas y de acabados. Tomado de: (Gomez J. , 2016).

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La colocación de elementos en Revit debe manejarse con cuidado y exactitud, ya que este software está programado para detectar interferencias con precisiones muy altas, que podría ocasionar problemas si se toma a la ligera; y caso contrario resultar muy beneficioso, porque permite considerar las cantidades exactas de todas las actividades, y así el costo de la obra es más conveniente y real.
- El utilizar programas que trabajen bajo la metodología BIM, permite a todos sus usuarios generar múltiples modificaciones en sus proyectos, sin la necesidad de actualizar constantemente la documentación; pues por cada cambio realizado se actualizan automáticamente los planos y tablas de cantidades, sin intervención adicional del usuario.
- Con la ayuda de programas complementarios como Insight de Autodesk, fue posible cumplir con la sexta dimensión de BIM, sin utilizar programas externos o complicados de manejar, debido a que utiliza toda la información del modelo de Revit para los análisis, y no requiere de datos adicionales.
- De acuerdo al desarrollo de este proyecto de titulación, y en base a los resultados presentados en el manual, se puede concluir que Revit es un software que permite dar cumplimiento a las dimensiones de BIM de una manera muy satisfactoria y práctica; ya que, con los parámetros establecidos en este documento se logró realizar un modelo digital multidisciplinario, y en función a éste se realizó las fases constructivas, se obtuvo cantidades de los rubros para realizar un presupuesto de la obra, se ejecutó un análisis de eficiencia energética, y se plantearon instrucciones de mantenimiento y prevención en función de características constructivas y acabados colocados.

- Después de dar cumplimiento al objetivo general de esta investigación, es decir realizar un manual de BIM, se puede confirmar que aplicar esta metodología si permite tener una adecuada gestión de proyectos. Ya que nos permite tener un control de las fases o actividades constructivas, desde el inicio hasta el final; se puede reconocer los problemas que podrían generarse antes de ir a obra, mediante la detección de interferencias y solucionarlas previamente de una manera estratégica; además de que de un mismo modelo, puede generarse varios documentos que contengan información de las condiciones del inicio de obra hasta su entrega.

Recomendaciones

- Se considera oportuno que todas las personas que usen Revit por primera vez, y busquen orientar su modelo para trabajar en la metodología BIM, manejen la segunda dimensión en el software que se encuentren acostumbrados a usar para documentar la información, y así trasladar contenido a Revit de una manera más fácil hasta adquirir la costumbre de emplear este software.
- Como sugerencia se debería realizar un cronograma de las actividades que posee el proyecto, antes de hacer en Revit las fases constructivas; ya que facilita la colocación de los elementos en sus respectivas etapas, y además de que permite tomar la decisión más conveniente en cuanto a realizar fases diarias, semanales o mensuales.
- Es necesario revisar las tablas de cantidades de obra cada vez que se realicen cambios en el modelo 3D, sobretodo en proyectos en donde se hayan considerado estas cantidades dentro de otros programas que permiten elaborar el presupuesto del proyecto, y se debe actualizar estas cantidades constantemente para que el costo de obra no sea mayor o inferior al real.
- Se aconseja que los estudiantes de pregrado aprendan a utilizar Revit enfocándolo al cumplimiento de BIM, ya que al avanzar el tiempo esta metodología será más usada por sus significativas ventajas, generando un incremento en la demanda de perfiles profesionales con estos conocimientos.
- Este manual pretende ser una guía para empezar a aplicar BIM, al ofrecer parámetros generales que ayuden a cumplir el objetivo de esta metodología; sin embargo, se recomienda dar un mayor énfasis en el aprendizaje personal adicional que cada persona debe tener, de acuerdo al área que trabaje en el modelo, ya que se pretende en BIM que todo proyecto se constituya por varios especialistas que apliquen sus conocimientos y mejores soluciones en sus diseños al transmitirlos al modelo.

Bibliografía

- A&E. (2017). BIM en el mundo. Implantación de la nueva metodología en el sector de la arquitectura. Obtenido de <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/bim-en-el-mundo-implantacion-de-la-nueva-metodologia-en-el-sector-de-la-arquitectura>
- ACCA SOFTWARE. (2016). BIM en el mundo: 3 proyectos realizados con el BIM en China. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/>
- ACI 318-19. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural .
- AGi architects. (Noviembre de 2019). La metodología BIM y la evolución en la gestión de proyectos. Obtenido de <http://www.agi-architects.com/blog/metodologia-bim-evolucion-gestion-proyectos/>
- Aguiar, R. (2014). Análisis matricial de estructuras con CEINCI-LAB. Quito.
- Amejide García, L. (Enero de 2016). Gestión de proyectos según el PMI. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/45590/7/lameijideTFC0116memoria.pdf>
- American Express. (18 de 08 de 2017). Haz crecer tu negocio. Obtenido de <https://www.amexempresas.com/libertadparatunegocio/logistica-una-constructora/>
- Aragón, N., & Caibinagua, A. (2018). Uso de tecnología BIM para optimizar la gestión del tiempo según metodología Project Management Institute. Cuenca.
- Autodesk. (Abril de 2010). Manual del usuario Revit Architecture 2011. Obtenido de https://images.autodesk.com/adsk/files/revit_architecture_2011_user_guide_esp.pdf
- Autodesk. (12 de Abril de 2018). Crear un recorrido. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit->

DocumentPresent/files/GUID-79898421-FFB9-44C3-8A06-1084B8A99DC5-
htm.html

Autodesk. (2018). Importar archivos CAD. Obtenido de
<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-E8705303-0610-4A82-9118-0C3A742706D2>

Autodesk. (2018). Techo. Obtenido de
<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-DA92880A-0A23-4EB4-A20B-CC70966B7C36>

Autodesk. (13 de Agosto de 2019). Obtenido de Crear la imagen renderizada:
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Revit-DocumentPresent/files/GUID-15DFD1DB-0D3D-48B1-B7C7-6E0B82880F16-htm.html>

Autodesk. (20 de Octubre de 2019). Comprobación de interferencias. Obtenido de
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Revit-Collaborate/files/GUID-890A9FE0-EFF4-4CFB-9E81-B0DE1A132BEC-htm.html>

Autodesk. (2019). REVIT PARA ARQUITECTURA. Obtenido de
<https://www.autodesk.es/products/revit/architecture?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

Autodesk. (2019). REVIT PARA INGENIERÍA ESTRUCTURAL. Obtenido de
<https://www.autodesk.es/products/revit/structure?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

Autodesk. (1 de Julio de 2019). Tareas básicas: arquitectura. Obtenido de
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn/caas/qsarticles/basic-tasks-architecture.html>

Autodesk. (1 de Julio de 2019). Tareas básicas: Ingeniería Estructural. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn/caas/qsarticles/basic-tasks-structural-engineering.html>

Autodesk. (1 de Julio de 2019). Tareas básicas: MEP. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn/caas/qsarticles/basic-tasks-mep.html>

Autodesk. (2020). Autodesk Revit 2020. Obtenido de Optimización de energía en Revit: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2020/ESP/?guid=GUID-2043E09F-40E5-4155-AE28-134F62E54F54>

Autodesk. (2020). Funciones de BIM Collaborate. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/bim-collaborate/features#bim-collaborate>

Autodesk. (2020). Instalar el complemento Insight. Obtenido de <https://insight360.autodesk.com/oneenergy/Landing/Download>

Autodesk. (10 de Noviembre de 2020). Superficies topográficas. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Revit-Model/files/GUID-8A8A947D-C2E6-4DFB-9B49-091574C8EDA3-htm.html>

Autodesk. (13 de Octubre de 2020). Tareas básicas: todos. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn/caas/qsarticles/basic-tasks-everyone.html>

BibLus. (2018). BIM en el mundo: 3 proyectos realizados con BIM en China. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/#:~:text=El%20BIM%20en%20el%20mundo,empresas%20chinas%20se%20ha%20incrementado.&text=La%20metodolog%C3%ADa%20BIM%20no%20es,se%20est%C3%A1%20recomendando%20su%20us>

- BibLus. (2018). BIM en el mundo: Australia ¿seguir el modelo inglés o ser autónomos? Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-australia-seguir-el-modelo-ingles-o-ser-autonomos/>
- BibLus. (2018). BIM en los países escandinavos. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-en-los-paises-escandinavos-es-una-practica-consolidada-el-uso-del-bim-en-la-construccion/>
- BibLus. (2019). BIM en el mundo, la comunidad técnica canadiense está lista, pero las instituciones todavía no. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-la-comunidad-tecnica-canadiense-esta-lista-pero-las-instituciones-todavia-no/>
- BibLus. (2019). Digitalización del sector de la construcción europea. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/informe-sobre-el-bim-en-europa/>
- BIM Community. (11 de Mayo de 2018). PMP + BIM = El futuro de la construcción. Obtenido de https://www.bimcommunity.com/news/load/806/pmp-bim-the-future-of-construction/view_original
- BIMnD. (2019). Las 7 Dimensiones BIM. Obtenido de <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- BuildingSmart Spanish Charter. (27 de Junio de 2017). ¿Qué es BIM? Eficiencia y sostenibilidad en la construcción. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/medicion-y-calculo/bim-building-information-modeling-eficiencia-y-sostenibilidad-en-la-construccion.html>
- Buscador de Arquitectura. (2018). Curso de Revit MEP Electrical para Diseño de Instalaciones Eléctricas. Obtenido de <https://noticias.arq.com.mx/Detalles/22402.html#.XyCRjp5KjIU>
- CAMICON. (2020). Cámara de la Industria de la Construcción. Obtenido de <http://www.camicon.ec/>

CO 10.07-601. (2014). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. Quito.

Consejo Metropolitano de Quito. (2009). Ordenanza 3746. Quito.

CONSTRUYE HOGAR. (2018). Cómo diseñar una casa y hacer los planos o croquis en cuatro pasos sencillos. Obtenido de <https://www.construyehogar.com/planos/como-disenar-casas-en-cuatro-sencillos-pasos-hacer-diseno-de-planos/>

Del Olmo, J. (2 de Junio de 2016). ¿Qué es la metodología BIM? Obtenido de <http://powernet.es/web/que-es-la-metodologia-bim/>

Diario La Libertad. (5 de Mayo de 2020). La importancia de la arquitectura. Obtenido de <https://www.laverdad.es/juntos-saldremos-murcia/importancia-arquitectura-20200502201422-ntvo.html?ref=https:%2F%2Fwww.laverdad.es%2Fjuntos-saldremos-murcia%2Fimportancia-arquitectura-20200502201422-ntvo.html>

EADIC. (18 de Septiembre de 2015). La gestión de proyectos de construcción (Microsoft Project). Obtenido de <https://www.eadic.com/la-gestion-de-proyectos-de-construccion-microsoft-project/>

Editeca. (2019). Dimensiones BIM, el alcance del programa. Obtenido de <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>

Editeca. (Noviembre de 2019). El BIM en Latinoamérica. Obtenido de <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

Editorial Viadas S.A. de C.V. (2019). Autodesk Revit MEP 2019 Hidráulico. Obtenido de <https://www.constructionssupplymagazine.com/blogs/tecnologia/autodesk-revit-mep-2019-hidraulico>

EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q.

- ERP. (14 de Junio de 2018). La Gestión de proyectos en la construcción. Obtenido de <https://www.evaluandoerp.com/la-gestion-proyectos-la-construccion/>
- Escuela de Diseño de Madrid. (2018). ¿Cómo funciona un software BIM? Obtenido de <https://esdima.com/como-funciona-un-software-bim/>
- European Knowledge Center for Information Technology. (Septiembre de 2018). Gestión de proyectos. Obtenido de <https://www.ticportal.es/glosario-tic/gestion-proyectos>
- Fajardo, M. (2016). MODELO DE INTEGRACIÓN DISEÑO-PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA PROYECTOS INMOBILIARIOS EN COLOMBIA. Medellín.
- Gobierno de España. (2016). Casos de éxito de BIM. Obtenido de <https://www.esbim.es/casos-de-exito/>
- Gomez, J. (3 de Noviembre de 2016). Manual para el mantenimiento de viviendas. Obtenido de <https://www.slideshare.net/JENIFFERPAOLAEGOMEZG/manual-para-el-mantenimiento-de-viviendas>
- Gomez, R. (Abril de 2018). BIM en Latinoamérica. Obtenido de <https://www.gestor-energetico.com/bim-en-latinoamerica/>
- González, R. (2019). Infografía: ¿Qué es BIM y cuál es la historia del Building Information Modelling? Obtenido de <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>
- INEN 1752. (1990). Sistema de eliminación de residuos líquidos . Quito.
- INHAUS. (2018). El BIM llega a Ecuador de la mano de SEMAICA. INHAUS.
- ITeC. (2019). ¿Qué es el BIM? Obtenido de <https://itec.es/servicios/bim/>
- Junta de Andalucía. (2010). Manual general para el uso, mantenimiento y conservación de edificios destinados a viviendas. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/MV_GENERAL_WEB_ISBN.pdf

- Manrique, J. (2013). Consideraciones para el proceso de diseño arquitectónico. Obtenido de <http://www.architecthum.edu.mx/Architecthumtemp/reflexdisenoarquuno/Manrique.htm>
- Martínez, T. (2011). SlideShare. Obtenido de Trabajo de Instalaciones Hidrosanitarias: <https://es.slideshare.net/TaniaMartinezMiranda/instalaciones-hidrosanitarias>
- METRO. (16 de Agosto de 2019). Librerías BIM Facilitará diseño de construcciones. Obtenido de <https://www.metroecuador.com.ec/ec/empresarial/2019/08/16/librerias-bim-plastigama-facilitara-diseno-construcciones.html>
- MIDUVI. (2015). Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-2-HORMIGON-ARMADO.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2012). Habitat y Vivienda. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/sector-de-la-construccion-dinamiza-la-economia-y-contribuye-al-desarrollo-del-pais/>
- Montilla, A. (8 de Septiembre de 2017). ¿Qué son las familias de Revit y cómo se estructuran? Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/disenoyartesgraficas/familias-revit/#:~:text=Las%20familias%20de%20Revit%20son,que%20cumpla%20en%20el%20modelo.>
- Morales, S. (2018). Adopción de la metodología BIM en las escuelas de arquitectura en Quito. Quito.
- NEC-SB-IE. (2018). Instalaciones Eléctricas. En Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- NEC-SE-CG. (2015). Cargas (No sísmicas). En Norma Ecuatoriana de la Construcción. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

- NEC-SE-DS. (2015). Cargas Sísmicas - Diseño Sismo Resistente. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NHE AGUA. (2011). Norma Hidrosanitaria NHE Agua. Quito.
- Pérez Carmona, R. (2010). Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Pérez, L. (2019). Posibilidades de la metodología BIM en la Ingeniería Civil.
- Proaño, D. (2019). Manual de requerimientos estructurales para elaborar la memoria técnica, exigida en la entidad colaboradora de Pichincha ECP (CAE-P). Sangolquí.
- Tech, J. M. (Octubre de 2019). ¿Qué es BIM? Obtenido de <https://www.josemanuel.tech/articulos/que-es-bim/>
- Terán, E. (2018). Las 7 dimensiones del BIM. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>