



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA BIM POR MEDIO DEL
DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROYECTO PILOTO TIPO RESIDENCIAL”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Luis Carlos Pérez Tórrez

Br. Kiyoshi Bayardo Meza Vanegas

Br. Aura Jocssania Guerrero Sándigo

Tutor

Arq. Vianney de Jesús Palacios Rivera

Managua-Nicaragua

Noviembre 2021

Managua, día, mes del 2020

Doctor Ingeniero Oscar Isaac Gutiérrez Somarriba

Decano Facultad de Tecnología de la
Construcción FTC-RUPAP-UNI

Sus manos

Estimado Dr. Gutiérrez

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que los bachilleres Luis Carlos Pérez Tórrez, Kiyoshi Bayardo Meza Vanegas y Aura Jocssania Guerrero Sándigo han finalizado su trabajo monográfico **“Propuesta de implementación de la metodología BIM por medio del diseño y desarrollo de un proyecto piloto tipo residencial”**. Después de efectuar las revisiones correspondientes, apruebo el documento de tesis como tutor ya que cumple con los requerido y se encuentra apto para ser presentado a consideración del jurado calificador.

Sin más que hacerle referencia, aprovecho la ocasión para desearle éxito en sus labores al frente de la facultad.

Atentamente

Arq. Vianney Jesús Palacios Rivera

DEDICATORIA

Dedicatoria muy especial a la persona más importante de mi vida, mi madre María Nela Sándigo Suárez (q.e.p.d). Mujer de gran corazón, fuerte, valiente y luchadora.

Para ti con todo mi amor y respeto, hasta el universo mamá. Siempre en mi corazón y mente. Mi gran ejemplo y orgullo. Te amo.

Jocssania Guerrero.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi madre María Nela Sándigo (q.e.p.d), por dar todo para mi crecimiento, por no dejar que me faltara nada y permitirme que llegara hasta aquí, por el apoyo y guía en todo momento. No habría llegado hasta este punto si no fuese por ti, nunca me alcanzara la vida para agradecer todas y cada una de las cosas que hiciste. Gracias por ser ejemplo de buenos valores, perseverancia y lucha que te caracterizaron, gracias por ese amor incondicional, por ser una mujer tan increíble y excepcional. Gracias por que eres mi Madre.

Jocssania Guerrero.

En primer lugar, damos gracias a Dios, por acompañarnos en todo momento, por ser luz, esperanza, perseverancia y fe en todo este camino.

Agradecer a nuestras familias por el apoyo brindado a lo largo de nuestros estudios universitarios, por estar siempre apoyándonos para alcanzar nuestras metas, agradecemos todos los valores, conocimientos y lecciones que nos han dado para ser mejores cada día.

A nuestros docentes, por darnos lo más valioso que una persona puede dar, su tiempo y conocimientos. Por desarrollar la docencia con carisma, convicción y profesionalismo.

A nuestro tutor Arq. Vianney Palacios por todo su apoyo y conocimiento que nos brindó, por darnos el respaldo y la motivación que en estos tiempos de crisis necesitábamos. Gracias por todo.

Kiyoshi Meza y Luis Pérez

Resumen

En el presente trabajo tiene como objetivos, presentar la investigación de la “Propuesta de implementación de la metodología BIM por medio del diseño y desarrollo de un proyecto piloto tipo residencial”. Este proyecto propone implementar la metodología BIM (Building Information Modeling) en un edificio de tres plantas para vivienda familiar, primera planta garaje, segunda y tercera planta vivienda familiar.

El trabajo consta de cinco capítulos:

Capítulo I: Aborda las generalidades del proyecto, objetivos, hasta el diseño metodológico.

Capítulo II: Planificación de procesos para la implementación de los softwares BIM y monitoreo de los resultados del proyecto.

Capítulo III: Adquirir conocimiento que nos permitan utilizar de manera efectiva las herramientas BIM y así obtener modelos paramétricos, para las diferentes disciplinas que están involucradas en el proyecto.

Capítulo IV: Desarrollo del proyecto; creación en Revit modelado 3D arquitectónico, estructural y sistema MEP (mechanical, electrical, plumbing). Dimensiones BIM 4D análisis de detección de choques (Clash Detective). Al igual que la programación de obra del edificio con MS Project, vinculada con Navisworks Manage y simulación de la obra. Dimensión 5D cuantificación de obra, utilizando Navisworks Manage.

Capítulo V: Presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto. Haciendo uso de los softwares BIM Autodesk Revit y Autodesk Navisworks, que crean y trabajan con modelos paramétricos, que gestionan y coordinan la información necesaria para el diseño y construcción de un edificio; Se ejecutan los análisis de interferencia entre las diferentes disciplinas implicados, programación de actividades y simulación, seguido de los costos y cuantificación del proyecto.

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Capítulo I: Generalidades | 1 |
| 1.1 Introducción..... | 2 |
| 1.2 Antecedentes | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 4 |
| 1.4 Objetivos | 5 |
| 1.4.1 Objetivo general | 5 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.5 Marco teórico..... | 6 |
| 1.5.1 Building information modeling..... | 6 |
| 1.5.2 Ciclo de vida de un proyecto | 7 |
| 1.5.3 Niveles de desarrollo (LOD) en la metodología BIM..... | 8 |
| 1.5.4 Dimensiones en la metodología BIM | 9 |
| 1.5.5 Niveles BIM | 10 |
| 1.6 Marco metodológico | 11 |
| 1.6.1 Descripción general del proyecto piloto | 11 |
| 1.6.2 Tipo de investigación | 12 |
| 1.6.3 Diseño de la investigación | 13 |
| 1.6.4 Procedimiento del diseño | 13 |
| 1.6.4.1 Fase 1..... | 13 |
| 1.6.4.2 Fase 2..... | 13 |
| 1.6.4.3 Fase 3..... | 14 |
| 1.6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 14 |

| | |
|---|----|
| Capitulo II: Procesos para implementar herramientas BIM en el proyecto piloto y controlar los resultados | 15 |
| 2.1 Procesos a ejecutar en la implementación de herramientas BIM..... | 16 |
| 2.1.1 Adquirir conocimientos de las herramientas BIM..... | 16 |
| 2.1.2 Softwares a utilizar en el proyecto piloto | 16 |
| 2.1.3 Plataforma de intercambio de información | 17 |
| 2.1.4 Trabajo colaborativo | 17 |
| 2.1.5 Definir los niveles de detalle LOD (Level of Development)..... | 18 |
| 2.1.6 Dimensiones BIM del proyecto piloto | 20 |
| Capitulo III: Adquirir conocimientos de los diferentes softwares BIM a utilizar en el proyecto | 21 |
| 3.1 Búsqueda de información sobre la metodología BIM (Building Information Modeling) | 22 |
| 3.2 Aprendizaje de los softwares y herramientas BIM..... | 22 |
| 3.3 Importancia de adquirir conocimiento sobre la metodología, los diferentes softwares y herramientas BIM | 23 |
| Capitulo IV: Desarrollo del proyecto piloto | 24 |
| 4.1 Creación modelos 3D para “propuesta de implementación de la metodología BIM por medio del diseño y desarrollo de un proyecto piloto tipo residencial” con Revit 2020..... | 25 |
| 4.1.1 Creación de modelo estructural del proyecto piloto con Revit 2020 | 26 |
| 4.1.1.1 Selección de plantillas | 26 |
| 4.1.1.2 Unidades de proyecto..... | 26 |
| 4.1.1.3 Creación de los grids (rejillas o ejes) | 27 |
| 4.1.1.4 Creación de niveles | 28 |
| 4.1.1.5 Modelado de fundaciones..... | 29 |
| 4.1.1.6 Modelado de columnas, vigas y trabes estructurales | 33 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1.7 Creación de losa de entrepiso | 35 |
| 4.1.1.8 Conexiones estructurales | 37 |
| 4.1.2 Elaboración modelo arquitectónico del proyecto piloto con Revit..... | 39 |
| 4.1.2.1 Muros perimetrales e interiores | 39 |
| 4.1.2.2 Modelado de cielo raso..... | 42 |
| 4.1.2.3 Puertas y ventanas arquitectónicas | 43 |
| 4.1.2.4 Sistema de escaleras | 44 |
| 4.1.3 Creación de modelos MEP (Mechanical, Electrical y Plumbing) | 47 |
| 4.1.3.1 Sistema de ventilación y climatización mecánica | 48 |
| 4.1.3.2 Creación de modelo MEP sistema eléctrico | 53 |
| 4.1.3.3 Creación de modelo MEP sistemas hidrosanitarios | 59 |
| 4.2 Interferencias entre especialidades mediante el uso de software Navisworks Manage 2020 | 65 |
| 4.2.1 Reportes de Interferencias | 68 |
| 4.2.2 Flujo de trabajo para corrección de Interferencias..... | 70 |
| 4.2.3 Matrices de Interferencias | 70 |
| 4.2.3.1 Arquitectura vs Estructura | 71 |
| 4.2.3.2 Arquitectura vs Sistema hidrosanitario | 72 |
| 4.2.4 Matriz general de Interferencias | 73 |
| 4.3 Dimensión BIM 5D Cuantificación (Metrado) determinada de los modelos 3D con Navisworks Manage 2020 | 73 |
| 4.3.1 Determinación de cantidad de obra | 74 |
| 4.3.1.1 Estructura | 76 |
| 4.3.1.1.1 Fundaciones. Acero de refuerzo | 76 |
| 4.3.1.1.2 Volumen de Concreto | 78 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.1.1.3 Columnas y Vigas Metálicas | 80 |
| 4.3.1.1.4 Uniones Estructurales | 82 |
| 4.3.1.1.5 Losa de entrepiso..... | 83 |
| 4.3.1.2 Arquitectura | 86 |
| 4.3.1.2.1 Escaleras | 86 |
| 4.3.1.2.2 Piso de Cerámica..... | 89 |
| 4.3.1.2.3 Paredes externas genéricas 6” | 89 |
| 4.3.1.2.4 Puertas..... | 95 |
| 4.3.1.2.5 Ventanas..... | 95 |
| 4.3.1.2.6 Cielo Falso Sistema ACT 2"X2" | 96 |
| 4.3.1.2.7 Iluminación de Techos | 97 |
| 4.4 Dimensión BIM 4D utilizando el software Navisworks Manage 2020 | 99 |
| 4.4.1 Programación (BIM 4D) con software Microsoft Project y Navisworks 2020 | 99 |
| 4.4.1.1 Matriz de Antecedentes | 101 |
| 4.4.1.2 Matriz de Tiempos | 102 |
| 4.4.1.3 Diagrama de Gantt | 103 |
| 4.4.2 Simulación de modelos en Navisworks Manage 2020 | 106 |
| Conclusiones..... | 113 |
| Recomendaciones | 114 |
| Bibliografía | 115 |
| Anexos | 119 |
| Anexo A. Plano de elevación proyecto piloto | 120 |
| Anexo B. Plano de planta Nivel 1 | 121 |
| Anexo C. Plano de planta Nivel 2..... | 122 |

Anexo D. Plano de planta Nivel 3..... 123

Anexo E. Renderizado de los modelos desarrollados con Revit Manage y sus diferentes elementos..... 124

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto propuesto por Autodesk para proyectos de Ingeniería. | 7 |
| Figura 2. Niveles de desarrollo BIM (LOD) | 9 |
| Figura 3. Las 7 dimensiones de la metodología BIM | 10 |
| Figura 4. Niveles de madurez BIM | 11 |
| Figura 5. Cuadro de plantillas en Revit 2020..... | 26 |
| Figura 6. Cuadro de diálogo para selección y configuración de unidades en un proyecto nuevo. | 27 |
| Figura 7. Rejillas trazadas en el proyecto piloto | 28 |
| Figura 8. Niveles definidos en el proyecto piloto | 29 |
| Figura 9. Colocación de las zapatas haciendo uso de las rejillas (ejes) | 30 |
| Figura 10. Panel de navegación, herramienta “edit type” y cuadro de propiedades | 31 |
| Figura 12. Vista de planta pedestales y viga asísmica terminados | 32 |
| Figura 13. Vista 3D de fundaciones del proyecto piloto | 32 |
| Figura 14. Apartados para la colocación de vigas y columnas. | 33 |
| Figura 15. Vista de planta de columnas metálicas estructurales | 33 |
| Figura 16. Vista de planta de vigas principales y trabes metálicas estructurales | 34 |
| Figura 17. Vista 3D de colocación de columnas, vigas y trabes metálicas estructurales terminadas. | 35 |
| Figura 18. Apartado y herramientas para la colocación de losa de entrepiso | 36 |
| Figura 19. Colocación de losa de entrepiso haciendo uso de la herramienta “Pick line” | 36 |
| Figura 20. Vista de planta losa de entrepiso terminada | 37 |
| Figura 21. Cuadro de configuraciones de conexiones estructurales en Revit. | 38 |
| Figura 22. Colocación de anclajes para los diferentes elementos estructurales | 39 |
| Figura 24. Apartado y herramientas para la colocación de muros arquitectónicos | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 25. Configuraciones previas para creación de muros en Revit | 41 |
| Figura 26. Cuadro de propiedades y herramientas para modelado de cielo raso | 42 |
| Figura 27. Generador de cielo raso automático o manual en Revit | 43 |
| Figura 28. Herramientas para colocar puertas y ventanas | 44 |
| Figura 29. Cuadro de propiedades de familias de escaleras y herramientas para colocación | 45 |
| Figura 30. Cuadro de propiedades de sistema de escaleras | 46 |
| Figura 31. Cuadro de herramienta “stair calculator” | 47 |
| Figura 32. Configuraciones previas para modelos MEP | 48 |
| Figura 33. Apartado de herramientas para modelos de ventilación y climatización | 49 |
| Figura 34. Distribución de difusores de suministro y retorno de aire | 49 |
| Figura 35. Unidad de techo de aire acondicionado para derivación de ductos | 50 |
| Figura 36. Configuraciones de ductos de aire acondicionado | 51 |
| Figura 37. Edición de familia para equipo de manejadora de aire acondicionado..... | 52 |
| Figura 38. Vista 3D sistema de ventilación y climatización mecánica HVAC terminado | 53 |
| Figura 39. Configuraciones previas sistema eléctrico MEP | 54 |
| Figura 41. Distribución de luces, tomacorrientes y apagadores nivel 1 | 55 |
| Figura 42. Selección de elementos para creación de circuitos eléctricos | 56 |
| Figura 43. Creación de circuitos de iluminación | 57 |
| Figura 44. Vista de planta circuitos de iluminación, tomacorrientes y apagadores en nivel 1 terminados | 58 |
| Figura 45. Vista de planta circuitos de iluminación, tomacorrientes y apagadores en nivel 2 y 3 terminados | 58 |
| Figura 46. Configuraciones para sistemas hidrosanitarios | 59 |
| Figura 47. Vista de perfil costado sur de distribución de equipos hidrosanitarios | 60 |
| Figura 48. Ejemplo de salidas de tuberías en accesorios hidrosanitarios | 61 |

| | |
|--|-----|
| Figura 49. Trazado de tuberías con la herramienta “Draw pipe” | 62 |
| Figura 50. Configuraciones para trazado de tuberías con la herramienta “Draw pipe” .. | 63 |
| Figura 51. Accesorios hidrosanitarios para conexiones de tuberías | 63 |
| Figura 52. Ejemplo conexión completa en sistema MEP de agua potable | 64 |
| Figura 53. Vista 3D de modelo MEP sistemas hidrosanitarios terminado | 65 |
| Figura 54. Interfaz “Clash detective” con archivos exportados de Revit y cargados en Navisworks | 66 |
| Figura 55. Ejemplo 1 formato de reporte de interferencias entre Vigas Estructural. vs Muros Arquitectónicos | 68 |
| Figura 56. Ejemplo 2 formato de reporte de interferencias entre HVAC vs Vigas | 69 |
| Figura 57. Interfaz de Cuantificación en Navisworks | 74 |
| Figura 58. Estructura de fundaciones y viga asísmica | 79 |
| Figura 59. Estructura Zapata, Pedestal y Viga Asísmica | 80 |
| Figura 60. Estructura metálica del edificio de 3 plantas “Vivienda Residencial” | 82 |
| Figura 61. Unión Viga -Viga (Clip Angle) del edificio | 83 |
| Figura 62. Losas entrepiso MetalDeck en cada nivel | 84 |
| Figura 63. Interfaz de Cuantificación de Losa Entrepiso del edificio. | 85 |
| Figura 64. Cielo falso en 2 nivel del edificio vivienda residencial | 98 |
| Figura 65. Paredes y cielo falso en edificio vivienda residencial | 98 |
| Figura 66. Herramienta Timeline en Navisworks Manage 2020 | 100 |
| Figura 67. Definición del tipo de tarea a realizar, por cada una de las actividades y sets vinculados | 100 |
| Figura 68. Cuadro de dialogo “Field selector” en Navisworks 2020 | 106 |
| Figura 69. Elaboración de sets y grupos para la simulación en Navisworks Manage 2020 | 107 |
| Figura 70. Visualización de vinculación de sets en Navisworks Manage 2020 | 108 |

| | |
|--|-----|
| Figura 71. Definición del tipo de tarea a realizar por cada una de las actividades y sets vinculados. | 109 |
| Figura 72. Simulación 4D fase de cimentaciones | 110 |
| Figura 73. Simulación 4D fase de estructura primer nivel | 110 |
| Figura 74. Simulación 4D fase de estructura segundo nivel | 111 |
| Figura 75. Simulación 4D fase de estructura tercer nivel | 111 |
| Figura 76. Fin de simulación 4D modelo estructural | 112 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Niveles de detalle LOD para el proyecto piloto | 19 |
| Cada una de estas disciplinas las desglosamos en subdisciplinas, con el fin de hacer los análisis correspondientes. | 67 |
| Tabla 2. Desglose de subdisciplinas por especialidad | 67 |
| Tabla 3. Matriz de interferencias del análisis entre las subdisciplinas de Arquitectura vs Estructura | 71 |
| Tabla 4. Matriz de interferencia del análisis entre las subdisciplinas de Arquitectura vs Sistema hidrosanitario | 72 |
| Tabla 5. Matriz general del análisis de interferencias entre las diferentes disciplinas | 73 |
| Tabla 6. Codificación de edificios según su uso | 75 |
| Tabla 7. Informe de cuantificación barras zapatas, generado por Navisworks Manage 2020 | 76 |
| Tabla 8. Tabla. Informe de cuantificación barras pedestales, generado por Navisworks Manage 2020 | 76 |
| Tabla 9. Informe de cuantificación estribos pedestales, generado por Navisworks Manage 2020 | 77 |
| Tabla 10. Informe de cuantificación barras viga asísmica, generado por Navisworks Manage 2020 | 77 |
| Tabla 11. Informe de cuantificación estribos pedestales, generado por Navisworks Manage 2020 | 78 |
| Tabla 12. Informe de cuantificación volumen concreto zapatas, generado por Navisworks Manage | 78 |
| Tabla 13. Informe de cuantificación volumen concreto pedestales, generado por Navisworks Manage 2020 | 78 |
| Tabla 14. Informe de cuantificación volumen concreto viga asísmica, generado por | |

| | |
|---|----|
| Navisworks | 79 |
| Manage 2020 | 79 |
| Tabla 15. Informe de cuantificación columnas metálicas, generado por Navisworks Manage 2020 | 80 |
| Tabla 16. Informe de cuantificación vigas metálicas (W6x12), generado por Navisworks Manage 2020 | 81 |
| Tabla 17. Informe de cuantificación vigas metálicas W4x13, generado por Navisworks Manage 2020 | 81 |
| Tabla 18. Informe de cuantificación uniones viga a viga, generado por Navisworks Manage 2020 | 82 |
| Tabla 19. Informe refuerzo losa de entrepiso y techo, generado por Navisworks Manage 2020 | 83 |
| Tabla 20. Informe Concreto Losa Entrepiso y Techo, generado por Navisworks Manage 2020 | 84 |
| Tabla 21. Dimensiones de soporte, escalinata y descanso de la escalera ensamblada | 86 |
| Tabla 22. Dimensiones de Barandillas de la Escalera Ensamblada | 87 |
| Tabla 23. Dimensiones de pasamanos de la escalera ensamblada | 88 |
| Tabla 24. Informe Cerámica niveles 2,3 Navisworks Manaje 2020 | 89 |
| Tabla 25. Informe Paredes Externas Genéricas 6" (nivel1), generado por Navisworks Manage 2020 | 89 |
| Tabla 26. Informe Paredes Externas Genéricas 6" (nivel 2), generado por Navisworks Manage 2020 | 90 |
| Tabla 27. Informe Paredes Externas Genéricas 6" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020 | 90 |
| Tabla 28. Informe Paredes Internas 4 7/8" (nivel 2), generado por Navisworks Manage 2020 | 91 |
| Tabla 29. Informe Paredes Internas 6 1/8" (nivel 2), generado por Navisworks Manage | |

| | |
|--|-----|
| 2020 | 92 |
| Tabla 30. Informe Paredes Balcón (nivel 2-3), generado por Navisworks Manage 2020 | 92 |
| Tabla 31. Informe Paredes Internas 4 7/8" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020 | 93 |
| Tabla 32. Informe Paredes Internas 6 1/8" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020 | 94 |
| Tabla 33. Informe Estructura Metálica Rectangular Techo, generado por Navisworks Manage 2020 | 94 |
| Tabla 34. Puertas de los niveles 1,2 y 3 | 95 |
| Tabla 35. Puertas de los niveles 2 y 3 | 95 |
| Tabla 36. Nivel 1. Cielo Falso, Sistema ACT 2"X2", generado por Navisworks Manage 2020 | 96 |
| Tabla 37. Nivel 2. Cielo Falso, Sistema ACT 2"X2", generado por Navisworks Manage 2020 | 96 |
| Tabla 38. Nivel 3. Cielo Falso, Sistema ACT 2"X2", generado por Navisworks Manage 2020 | 97 |
| Tabla 39. Nivel 1-2-3. Lámparas Cuadradas Parabólicas (Techo) | 97 |
| Tabla 40. Matriz de Antecedentes | 101 |
| Tabla 41. Matriz de Tiempo | 102 |

Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

En el ejercicio de la ingeniería, se crea documentación del diseño (planos y especificaciones técnicas) requiriendo el uso de metodología de representación gráfica que a su vez sugieren la aplicación de herramientas de modelado y dibujo.

La industria de la construcción en Nicaragua llegara en un momento a competir con las multinacionales donde los procesos de especificaciones y diseño de proyecto están generalmente automatizados; por lo cual la mayoría de las constructoras y oficinas nacionales de diseño se verán obligadas a ajustarse a la necesidad de implementar los sistemas de dibujo CAD especializados y BIM (Building Information Modeling), para estar a la vanguardia y ser eficientes ante los requerimientos del medio.

Surgiendo de tal forma la idea de desarrollar en Nicaragua nuevos proyectos con metodología BIM, para estar a la vanguardia de los retos contractuales de coordinación y diseño, liderando con competitividad el medio, brindando soluciones eficientes que satisfagan las demandas o necesidades del cliente con altos niveles de calidad.

Es por esto que el presente trabajo tiene como objetivo presentar la implementación de la metodología BIM en un proyecto piloto, que consta de un edificio residencial de tres plantas y haciendo uso de los softwares Revit y Navisworks, que facilitan los procesos, creando un único modelo 3D paramétrico, que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado arquitectónico, la ingeniería del edificio, incluyendo todas las especialidades, que posteriormente servirá para su respectivo análisis y construcción. Representando un ahorro sustancial de tiempo y dinero durante la ejecución de la obra.

1.2 Antecedentes

Actualmente ha sido notorio la aparición de la metodología BIM (Building Information Modeling) en el medio internacional. BIM es un fenómeno tecnológico que representa un nuevo reto para los profesionales de la ingeniería y arquitectura, en donde se requiere de una transición mental para adaptarse a las condiciones cambiantes que generan las tecnologías de vanguardia.

Tradicionalmente estas actividades se llevaban a cabo con procedimientos de dibujo a mano, posteriormente a mediados de los 80, paralelamente con las invenciones computacionales se introdujeron las herramientas que hacen parte de la metodología CAD (dibujo asistido por computadora), cuya implantación la adaptaron y la incluyeron como parte esencial en la proyección arquitectónica en muchas oficinas y escuelas de arquitectura y construcción.

BIM, “es un término que se ha vuelto muy relevante en los campos del diseño y la construcción en los últimos 20 años” (Diazgranados, 2018, pág. 20), con un amplio grupo de herramientas y programas, que han hecho un cambio en cuanto a la forma de trabajar y plantear los proyectos.

En la industria de la construcción, “la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo de proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida (González, 2015, pág. 4).

Por lo tanto, la adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales inteligentes integrados durante todo el ciclo de vida del edificio, supone un paso en la buena dirección para la eliminación de costes resultantes de una incorrecta interoperabilidad de datos.

1.3 Justificación

El BIM dentro del ámbito de la construcción ha alcanzado gran importancia e impulso debido a la mejoría que hay en los costos, tiempo y logística que brinda esta metodología, la cual se enfoca en la captación y recopilación de todas las variables y datos que se necesitan en la etapa de diseño, desarrollo y construcción de un proyecto, en un modelo en tres dimensiones integrando las diferentes especialidades de la rama de la construcción como lo son el diseño arquitectónico, el diseño estructural, el diseño de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, costos, administración, coordinación, programación, etc.

En consecuencia, a la creciente competencia y complejidad en el desarrollo de los proyectos en el ámbito de la construcción de hoy día, el uso e implementación de nuevas metodologías, herramientas y tecnologías de trabajo es de vital importancia para la mejora continua en el diseño, coordinación y administración de éstos, debido a la incalculable demanda a nivel de innovación para dar soluciones a medida y dinámicas a las problemáticas de cada proyecto.

De tal manera, nuestro presente trabajo con metodología BIM optimiza cada fase del proyecto, desde el diseño previo hasta el control y operación de la obra en comparación con la metodología tradicional, con el objetivo de minimizar tiempos improductivos de planificación, organización, dirección y control, para la potencialización de los lineamientos a seguir en cada etapa, para la mejora continua del proceso de diseño y construcción; facilitando el análisis de las variables involucradas en la gestión del proyecto, para la mitigación de los diversos factores técnicos, financieros y operativos que pueden retrasar la ejecución de la obra.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

1. Demostrar los beneficios al implementar metodología BIM en el diseño y desarrollo de un proyecto de tipo residencial.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar la planificación de los procesos para implementar herramientas BIM y monitorear los resultados del proyecto piloto.
2. Adquirir las competencias que nos permitan implementar herramientas BIM y obtener modelos de información para las diferentes disciplinas que involucra el proyecto.
3. Alcanzar las dimensiones BIM tales como 3D, 4D, 5D y la obtención de los subproductos que estas implican.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Building information modeling

Building Information Modeling (BIM) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios. Se trata de una metodología que enfoca desde un punto de vista diferente el modo de entender los proyectos, cómo estos funcionan y la manera en la que estos mismos se construyen.

“Una de las características más relevantes de BIM es la oportunidad de interacción o colaboración de todos los participantes, desde arquitectos, ingenieros, instaladores, constructores y personal de mantenimiento o explotación del activo” (Alonso, 2018).

Todo proyecto de obra tiene asignado unos objetivos, unas especificaciones a cumplir, un plazo de realización y un presupuesto a emplear. Estas son las partes fundamentales y que definen el documento definitivo y sirven, en muchos casos de documento contractual.

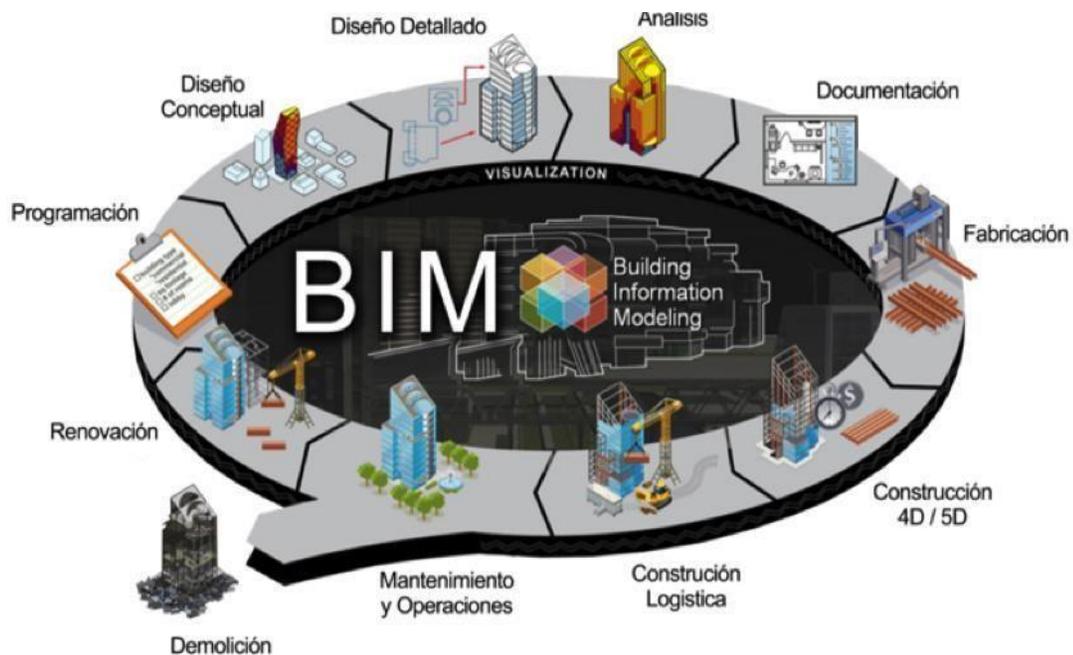
A lo largo de un proyecto se desarrolla la distribución de usos y espacios, la utilización de materiales y tecnologías, y la justificación técnica del cumplimiento de las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

1.5.2 Ciclo de vida de un proyecto

En el ciclo de vida de un proyecto podemos ver la funcionalidad de un software BIM, el cual define las fases que conectan el inicio del proyecto con su fin.

para concebir el proyecto se estima toda la planificación y costos de la construcción, el levantamiento de toda la información que vamos a necesitar. Y la información que nos proporciona el diseño conceptual se detalla y así mismo para su debida construcción y funcionamiento, la documentación de un proyecto nos ayuda a gestionar el riesgo a tomar decisiones acertadas, se realiza un planeamiento de la obra, generando información inmediata e identificando problemas potenciales apoyadas sobre datos específicos. Se considera todo lo relacionado en el modelado para la gestión de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. (ver fig.1).

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto propuesto por Autodesk para proyectos de Ingeniería.



Fuente: Autodesk Inc.

1.5.3 Niveles de desarrollo (LOD) en la metodología BIM

LOD (Level of Development) define “el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio” (imasgal, 2018).

LOD 100: Se trata de un nivel de aspecto físico, propuesta visual o de diseño conceptual que viene a equivaler a un 20% de la cantidad de información total posible.

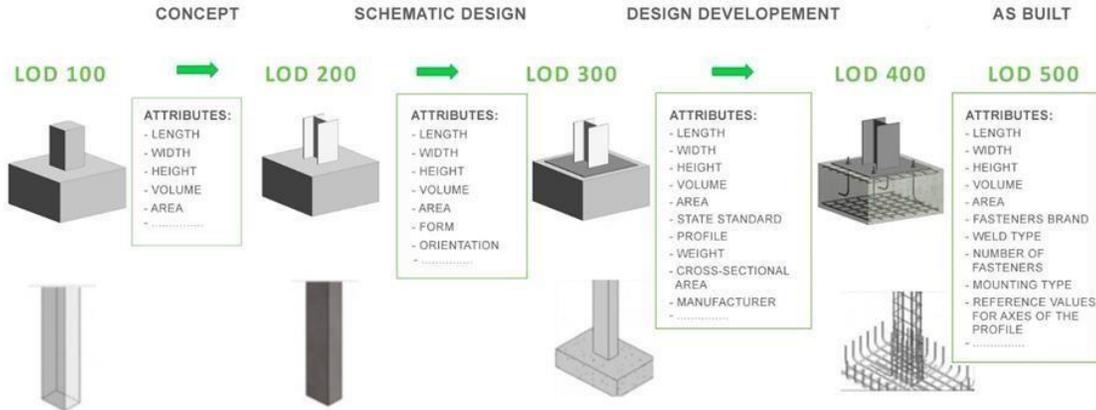
LOD 200: Se considera un nivel básico o esquematizado que incluye información dimensional parametrizada y viene a equivaler a un 40% de la cantidad de información total posible.

LOD 300: En este nivel los elementos ya incluyen funciones determinadas, además de sus dimensiones geométricas y corresponde a un 60% de la cantidad de información total posible.

LOD 400: En este nivel los elementos cuentan con la información de un LOD 300 + los parámetros de un modelo concreto, fabricante, coste, etc. Se contempla ya a nivel de proyecto de contratación o construcción, equivaliendo a un 80% de la cantidad de información total posible.

LOD 500: A este nivel se le conoce como “As built”, es decir, hace referencia a un nivel en el que el modelo es una réplica de gran fidelidad a la edificación ya construida. Este nivel se entiende que contiene el 100% de la información total posible.

Figura 2. Niveles de desarrollo BIM (LOD)



Fuente: Grand engineering

1.5.4 Dimensiones en la metodología BIM

Tenemos como dimensiones BIM, siete diferentes, este proyecto tiene como parte de sus objetivos alcanzar la 5D, estas dimensiones son importantes alcanzarlas en su totalidad, ya que es un requisito imprescindible en la implementación de dicha metodología para los diferentes proyectos donde se aplique.

1D: La idea

2D: El boceto

3D: Modelo de información del edificio

4D: Tiempo o planificación

5D: Cuantificación

6D: Simulación y Sostenibilidad

7D: Seguimiento/ Mantenimiento

Figura 3. Las 7 dimensiones de la metodología BIM



Fuente: Econova Institute

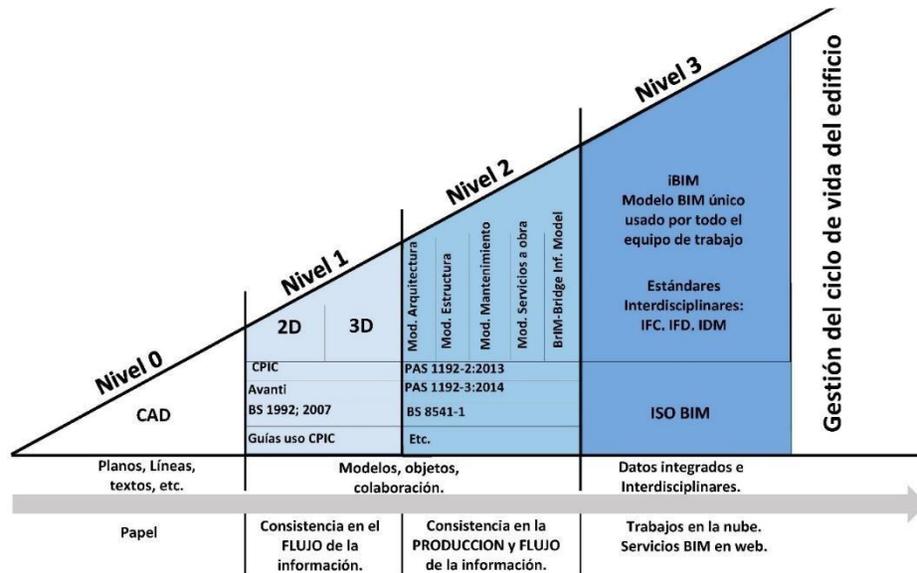
1.5.5 Niveles BIM

Se entiende como una de las herramientas estandarizadas para medir el grado de implantación BIM en proyectos. “Se trata de una sencilla escala creada por el gobierno de Reino Unido (NBS) que nos permite reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en los proyectos” (ArquiPARADOS, 2018).

Estos están definidos en un rango de 0 a 3, que van de nivel 0, nivel 1, nivel 2 y nivel 3. Y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los anteriores a cada uno.

En el presente proyecto se trabajó con soluciones de software que nos permitieron un trabajo simultáneo sobre el modelo común, para así tener un control total sobre todos los procesos, llegando así al nivel 2 y parte del nivel 3 BIM (ver fig 4).

Figura 4. Niveles de madurez BIM



Fuente: espacioBIM

1.6 Marco metodológico

1.6.1 Descripción general del proyecto piloto

El presente proyecto a realizar en esta investigación consistirá en una edificación de apartamentos residenciales de tres plantas, la primera planta tiene un área total de 81.40 m², este nivel tendrá la ocupación de zona de parqueos, la segunda y tercera planta compartirán los mismos ambientes ocupacionales para satisfacer las necesidades de los residentes.

El área total de la segunda planta es de 107.06 m², área de balcón uno es de 16.49 m², área de sala 26.63 m², área de cocina 9.86 m², área de habitación uno 14.56 m², área de closet uno 1.50 m², área de habitación dos 14.57 m², área de closet dos 1.18 m², área de servicio sanitario uno 4.87 m², área de servicio sanitario dos 4.46 m², área de chimenea 1.86 m² y área de balcón dos 11.07 m².

El área total de la tercera planta es de 107.07 m², área de balcón uno es de 16.49 m², área de sala 26.50 m², área de cocina 9.93 m², área de habitación uno 14.10 m², área de closet uno 1.55 m², área de habitación dos 14.93 m², área de closet dos 1.18 m², área de servicio sanitario uno 4.42 m², área de servicio sanitario dos 5.03 m², área de chimenea 1.86 m² y área de balcón dos 11.07 m².

Este proyecto consta de estructura principal metálica y cimentaciones en concreto armado. Para la realización de la simulación en esta edificación desarrollaremos el modelo arquitectónico y estructural, así mismo que el modelo sanitario y eléctrico (MEP), con la finalidad de analizar los posibles conflictos de coordinación entre las especialidades antes mencionadas utilizando los softwares Revit 2020 y Navisworks 2020.

1.6.2 Tipo de investigación

La relación entre la investigación explicativa y descriptiva consiste en que ambas se basan en un análisis profundo de un tema determinado, con la finalidad de obtener resultados óptimos que coadyuven al establecimiento y esclarecimiento correlacional de las causas del mismo, mediante la asociación entre hipótesis y lógica, por consiguiente, fundados en este concepto, de acuerdo al problema planteado y a los objetivos trazados.

El trabajo desarrollado se estima como una investigación de tipo “explicativa-descriptiva”, debido a que se hace énfasis en la definición e implementación de los diversos procesos y herramientas de la metodología BIM y su interrelación.

1.6.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es “un plan global que integra de modo coherente y concreto técnicas de recopilación y análisis de datos para el logro de objetivos en dependencia del estudio en desarrollo”.

En función de los planteamientos de la investigación en curso se ha delimitado que la estrategia de recolección y desarrollo de la información está dirigida a un diseño de tipo cualitativo-experimental, basado en el análisis documental, a consecuencia de que el proceso en despliegue se enfoca en la búsqueda, recuperación, examinación, crítica e interpretación de datos secundarios obtenidos y registrados en diversas fuentes bibliográficas, con el propósito de contribuir al enriquecimiento y adquisición de nuevos conocimientos, mediante la demostración de la teoría a través de un proyecto piloto que dilucide los objetivos expuestos.

1.6.4 Procedimiento del diseño

Las fases del proceso investigativo en curso para el logro en la demostración de los beneficios del uso de la Metodología BIM son:

1.6.4.1 Fase 1

Desarrollar una planificación de los procesos para implementar herramientas BIM y monitorear los resultados del proyecto piloto. Esta etapa es la medula del proyecto, debido a que en ésta se hará la programación de cada uno de los procedimientos a ejecutar para la constitución del mismo, mostrando la importancia del uso del BIM para la optimización en los tiempos independientemente de los requerimientos del proyecto.

1.6.4.2 Fase 2

Adquirir las competencias que permitan implementar herramientas BIM para la obtención de modelos de información en las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto. Esta faceta hace referencia a los distintos estudios a alcanzar para el entendimiento y manejo

idóneo de cada una de las herramientas y mecanismos involucrados en la utilización de los diferentes sistemas relacionados intrínsecamente en el desarrollo del proyecto en cuestión.

1.6.4.3 Fase 3

Alcanzar las dimensiones BIM tales como 3D, 4D, 5D para obtener los subproductos que estas implican. Tiene como fin la implementación de cada una de las competencias adquiridas en el uso de los diversos softwares para obtener el diseño trazado del proyecto en desarrollo, ejecutando cada una de las fases antes expuestas, tales como: planificación, organización, diseño, y costos.

1.6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es un recurso que se utiliza para la investigación, con la finalidad de obtener la información necesaria sobre un tema determinado, haciendo una síntesis o resumen de cada uno de los datos adquiridos para la estructuración de las fases del proyecto a llevar a cabo, relacionando cada una de las técnicas, indicadores, variables y conceptos del contenido a desarrollar.

En este trabajo monográfico se hará uso de fuentes primarias que se dividen en 2 etapas:

1. Se utilizará el método de observación directa sobre material audiovisual, impreso y electrónico para el entendimiento de todas las competencias en el uso e implementación óptimo de las mismas para el diseño y ejecución del proyecto.
2. Se hará uso de la consulta y evaluación de fuentes bibliográficas para la estructuración dinámica del contenido del escrito del proyecto, develando la importancia de la teoría y práctica en la Metodología BIM.

Capitulo II: Procesos para implementar herramientas BIM en el proyecto piloto y controlar los resultados

2.1 Procesos a ejecutar en la implementación de herramientas BIM

Es de gran importancia la planificación y desarrollar de los procesos de implementar las herramientas BIM, para así poder lograr con efectividad un excelente monitoreo de los resultados del proyecto piloto.

2.1.1 Adquirir conocimientos de las herramientas BIM

Uno de los principales procesos que llevamos a cabo, fue adquirir el conocimiento necesario y adecuado del uso de las diferentes herramientas y software BIM, que se requerirán en este proyecto piloto tipo residencial y así implementarlas de una manera correcta y productiva.

Una vez que adquirimos ese conocimiento, procedimos a aplicarlo a través de la siguiente planificación.

2.1.2 Softwares a utilizar en el proyecto piloto

Los softwares utilizados en la metodología BIM son varios; en este caso utilizaremos:

1. Revit Manage 2020 para modelado y diseño de instalaciones
2. Navisworks Manage 2020 para detección de interferencia, programación, simulación y cuantificación
3. Lumion 11.0 para renderizado de los modelos creados

2.1.3 Plataforma de intercambio de información

Tanto en la fase de diseño como en la de construcción es necesario establecer una plataforma que permita el intercambio de información entre los diferentes involucrados del proyecto; este es uno de los principales objetivos del BIM.

Nosotros utilizaremos Dropbox, para poder trabajar de manera coordinada y simultánea sobre un mismo modelo, consiguiendo así optimizar el tiempo y el rendimiento.

2.1.4 Trabajo colaborativo

Teniendo el equipo establecido y entendiendo el BIM como una metodología que abarca muchos aspectos de un proyecto, cada uno de nosotros tendrá la posibilidad de trabajar la parte que le corresponda con unas competencias definidas.

El trabajo colaborativo se definirá de la siguiente manera:

Tecnología

Existirá un servidor central que mantendrá el modelo BIM completo y actualizado, en este servidor se almacenará el modelo. Por otro lado, los miembros de cada equipo trabajarán en ordenadores locales e irán recibiendo y enviando cambios entre el servidor y su software BIM.

Roles o perfiles

Definiremos las obligaciones y compromisos que debemos mantener en el proceso del proyecto, según disponibilidad de equipo y cualidades que tengamos.

Mensajería integrada

Con el objetivo de poder hacer un seguimiento del proceso, tener trazabilidad y poder actualizar progresivamente el modelo a medida que se vaya definiendo, estableceremos el centro de comunicación que mantendrá el flujo del modelado.

Administrador del servicio web

Para poder administrar el proyecto y el servidor, en este caso todos los involucrados en el proyecto piloto, tendremos acceso universal desde cualquier ubicación y así acceder a la información en cualquier momento que sea requerido.

2.1.5 Definir los niveles de detalle LOD (Level of Development)

Puesto que el nivel de desarrollo en la metodología BIM es infinito, definiremos cada fase del proyecto en qué nivel LOD se hará. Determinando a modo general los límites para así acotar el avance y, por tanto, evitar una evolución descontrolada del proyecto.

Estos niveles de desarrollo se pueden diferenciar a manera resumida en la siguiente tabla:

Tabla 1. Niveles de detalle LOD para el proyecto piloto

| Categoría de familias de Revit | Categoría de desarrollo por LOD | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 50/51 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| Muros exteriores | | | | ✓ | | |
| Muros interiores | | | | ✓ | | |
| Ventanas | | | | ✓ | | |
| Puertas | | | | ✓ | | |
| Escaleras | | | | ✓ | | |
| Cielo Raso | | | ✓ | | | |
| Piso arquitectónico | | | ✓ | | | |
| Barandillas de escaleras | | | | ✓ | | |
| Zapatas | | | | | ✓ | |
| Pedestales | | | | | ✓ | |
| Columnas | | | | | ✓ | |
| Vigas | | | | | ✓ | |
| Anclaje de columnas | | | | | ✓ | |
| Uniones estructurales | | | | | ✓ | |
| Losa de cimentación Metal Deck | | | | | ✓ | |
| Equipos mecánicos | | | | ✓ | | |
| Conductos de Aire acondicionado | | | | ✓ | | |
| Accesorios mecánicos | | | | ✓ | | |
| Cables eléctricos | ✓ | | | | | |
| Toma corrientes | | | | ✓ | | |
| Dispositivos de iluminación | | | | ✓ | | |
| Accesorios eléctricos | | | | ✓ | | |
| Tubería agua potable y caliente | | | | ✓ | | |
| Tubería sanitaria | | | | ✓ | | |
| Accesorios de tubería | | | | ✓ | | |
| Accesorios de plomería | | | | ✓ | | |

Fuente: Elaboración propia

2.1.6 Dimensiones BIM del proyecto piloto

Cuando se habla de sacar todo el rendimiento BIM, no solo se habla de tres dimensiones, significa toda la posibilidad de información que se pueda adjuntar en el proyecto.

En la actualidad son 7 dimensiones BIM y en el presente proyecto piloto, tenemos como uno de los objetivos, abarcar hasta la dimensión 5D, teniendo en cuenta las siguientes diferencias entre cada una de ellas.

1D Concepto: Definiremos las bases para el proyecto colaborativo.

2D Vectorización del boceto: Estableceremos el flujo de trabajo y los procedimientos organizacionales (plantillas) en torno a BIM de las distintas áreas de trabajo implicadas.

3D Modelado de información del edificio: Modelación en 3D del conjunto de elementos del edificio que se va representar, de forma paramétrica y unificada. Enfocado a representar toda la información geométrica, por medio de elementos integrados, tales como muros, suelos, techos, columnas, puertas, etc. No es será visual, si no que comprenderá toda la información necesaria para las siguientes fases. Coordinación de las distintas disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones).

4D Planificación/Simulación: El objetivo principal, establecer los plazos de ejecución y lograr que se cumplan. Con la ayuda de las herramientas BIM y MS Project se realizará un cronograma de las actividades del proyecto, asignando tiempos a las distintas partes de la obra y sus elementos, con el fin de programar totalmente la ejecución del edificio antes de su inicio.

5D Cuantificación: En la quinta dimensión BIM, definiremos con la ayuda de la cuantificación la cantidad de materiales y elemento a utilizar en la obra. Llevando a cabo los procesos antes desglosados, estaremos implementando las herramientas BIM en el desarrollo y diseño del proyecto piloto tipo residencial y a la misma vez cumplimos con nuestro objetivo específico número uno.

Capitulo III: Adquirir conocimientos de los diferentes softwares BIM a utilizar en el proyecto

3.1 Búsqueda de información sobre la metodología BIM (Building Information Modeling)

Para el desarrollo correcto de nuestro proyecto monográfico, pasamos por un proceso autodidáctico de búsqueda correcta de información, apoyándonos de libros, normas y artículos digitales, complementándola con ayuda profesional, para reforzar conocimientos veraces sobre el tema y así aplicar los conocimientos adquiridos de manera efectiva en dicho proyecto.

3.2 Aprendizaje de los softwares y herramientas BIM

Este aprendizaje de los diferentes softwares y herramientas BIM se dio de manera didáctica y autodidáctica a través de cursos profesionales y material audiovisual. En el caso de nuestro proyecto, utilizamos los softwares de AutoDesk Revit 2020 y AutoDesk Navisworks Manage 2020, los cuales, una vez dominado su uso e implementación correcta, procedimos a utilizarlos en la creación de cada uno de los diferentes modelos que se requerían, para desarrollar el proyecto, iniciando con:

1. Creación de modelos de información con AutoDesk Revit 2020 (arquitectónico, estructural y sistema MEP)
2. Integración de especialidades
3. Detección de interferencias
4. Programación y simulación con Navisworks 2020
5. Cuantificación de obras con Navisworks 2020

3.3 Importancia de adquirir conocimiento sobre la metodología, los diferentes softwares y herramientas BIM

Cada uno de los puntos antes expuestos fueron de vital importancia, para crear el ambiente propicio para emprender en un nuevo mundo lleno de innovación, al cual le falta mayor divulgación para implantarlo en un país como Nicaragua, que contiene todo el potencial necesario para ejecutarlo.

Sin embargo, una de las brechas estructurales que identificamos, este proceso de la elaboración de nuestro proyecto, es la falta de capital humano especializado en la industria de la construcción con las competencias necesarias en BIM para el desarrollo de sus actividades. Comenzar en el mundo BIM no es una tarea sencilla, se necesita formación y capacitación, debido a que cambian procesos, integración de las especialidades, impulsa el trabajo colaborativo y sobre todo cambian las competencias de los profesionales.

Capitulo IV: Desarrollo del proyecto piloto

4.1 Creación modelos 3D para “propuesta de implementación de la metodología BIM por medio del diseño y desarrollo de un proyecto piloto tipo residencial” con Revit 2020

El edificio de 3 plantas “Vivienda Residencial” consta de una estructura de columnas y vigas de perfiles metálicos, sistema de entrepiso y techo losa Metal Deck soportada sobre sistema reforzado de varillas, las vigas y columnas de perfil metálico constan con conexiones de placas base y clip angle y cimentaciones de concreto, con un área neta de construcción del edificio de 295.53 m². Para simplificar el trabajo de la creación del modelo 3D en Revit, se clasifican los objetos a modelar por disciplina de la construcción, tales como: Estructura, Arquitectura e Instalaciones MEP.

Se presenta como ejemplo guía, la creación de los modelos terminados con las disciplinas de estructura, arquitectura y sistemas MEP. Haciendo uso del software Revit 2020 se da inicio con el modelado en Revit, en el mismo orden que se construirá la obra en el sitio. Todo a partir de los diseños aprobados para el edificio.

En Revit, un proyecto contiene la descripción completa de un edificio y toda la información necesaria para ilustrarlo en vistas de dos y tres dimensiones. Cuando el usuario modifica el diseño del edificio en una vista, Revit aplica los cambios a la totalidad del proyecto. Esto significa que el modelo 3D, todas las vistas del modelo, los dibujos y las planificaciones son asociativos; todas las actualizaciones reflejan los cambios.

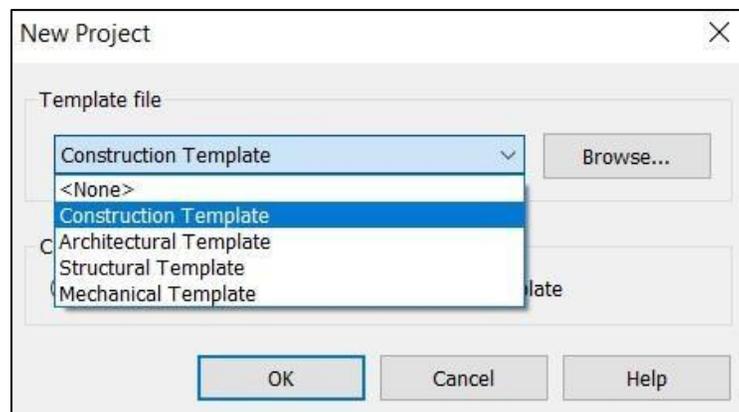
Para crear el modelo de construcción, se añaden diferentes componentes de edificación. Conforme diseña el edificio, el usuario puede crear distintas vistas del edificio, como las de secciones, planos y alzados.

4.1.1 Creación de modelo estructural del proyecto piloto con Revit 2020

4.1.1.1 Selección de plantillas

Para comenzar con la creación de un modelo desde cero en Revit debemos hacer uso de plantillas de proyecto, el cual será nuestro punto de partida para proyectos nuevos, podemos hacer uso de las plantillas por defecto o personalizadas que cumplan con los requisitos de nuestro proyecto.

Figura 5. Cuadro de plantillas en Revit 2020



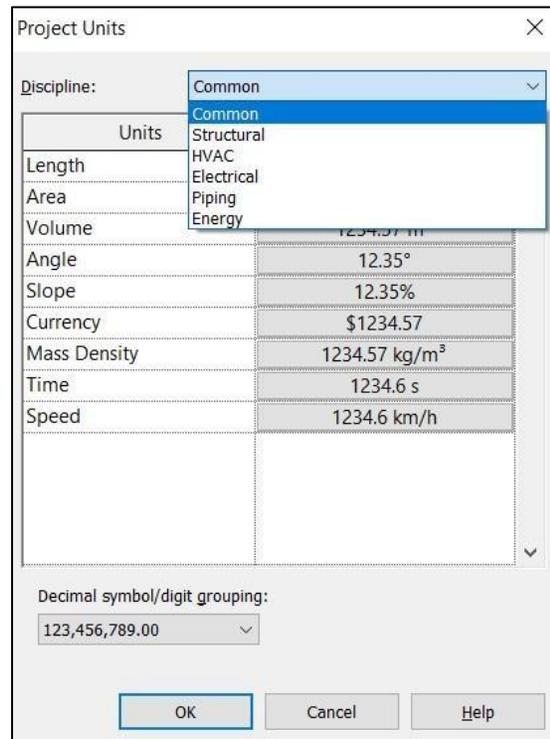
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Una plantilla de proyecto proporciona el punto de partida para un nuevo proyecto, como plantillas de vista, familias cargadas, parámetros definidos (por ejemplo, unidades, patrones de relleno, estilos de línea, grosores de línea, escalas de vista, etc.)

4.1.1.2 Unidades de proyecto

Otro de los primeros pasos antes de comenzar un proyecto en Revit, es configurar las unidades métricas con las que se va a documentar el mismo. Para cambiar las unidades que vienen configuradas por defecto haciendo uso del comando “UN” accedemos a la ventana de unidades, se modifican las unidades deseadas, para longitudes, áreas, volúmenes, ángulos y pendientes, así mismo seleccionamos la disciplina que vamos a trabajar en el proyecto y configuramos sus propias unidades.

Figura 6. Cuadro de diálogo para selección y configuración de unidades en un proyecto nuevo.

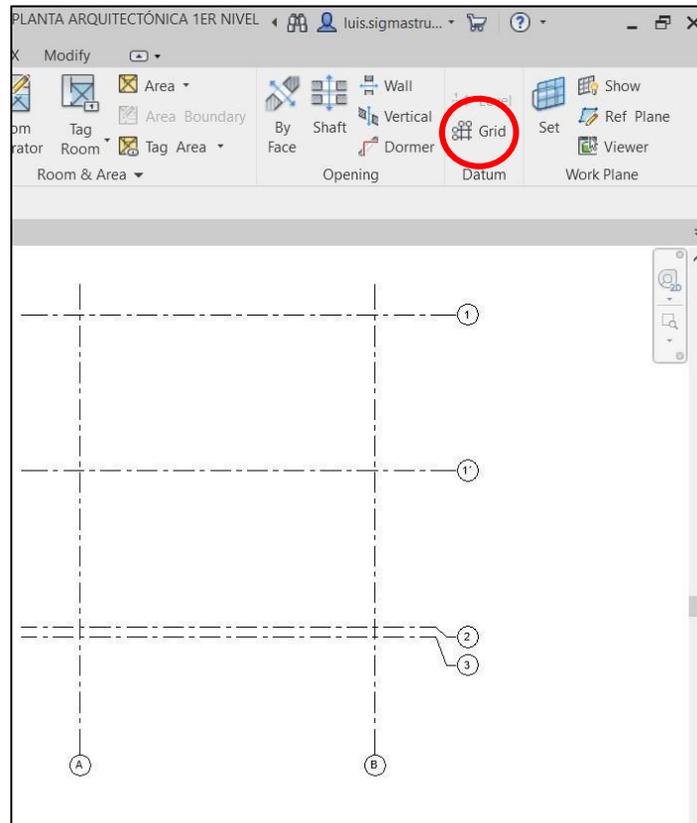


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.1.3 Creación de los grids (rejillas o ejes)

Las rejillas (ejes) las vamos a utilizar para crear determinadas restricciones en nuestro proyecto, tales como alineaciones de fachada u otras limitaciones geométricas del proyecto, también las usaremos para la colocación elementos estructurales tales como las columnas y muros. Son, en definitiva, elementos auxiliares que nos van a ayudar a desarrollar el proyecto sin perder el control del mismo.

Figura 7. Rejillas trazadas en el proyecto piloto



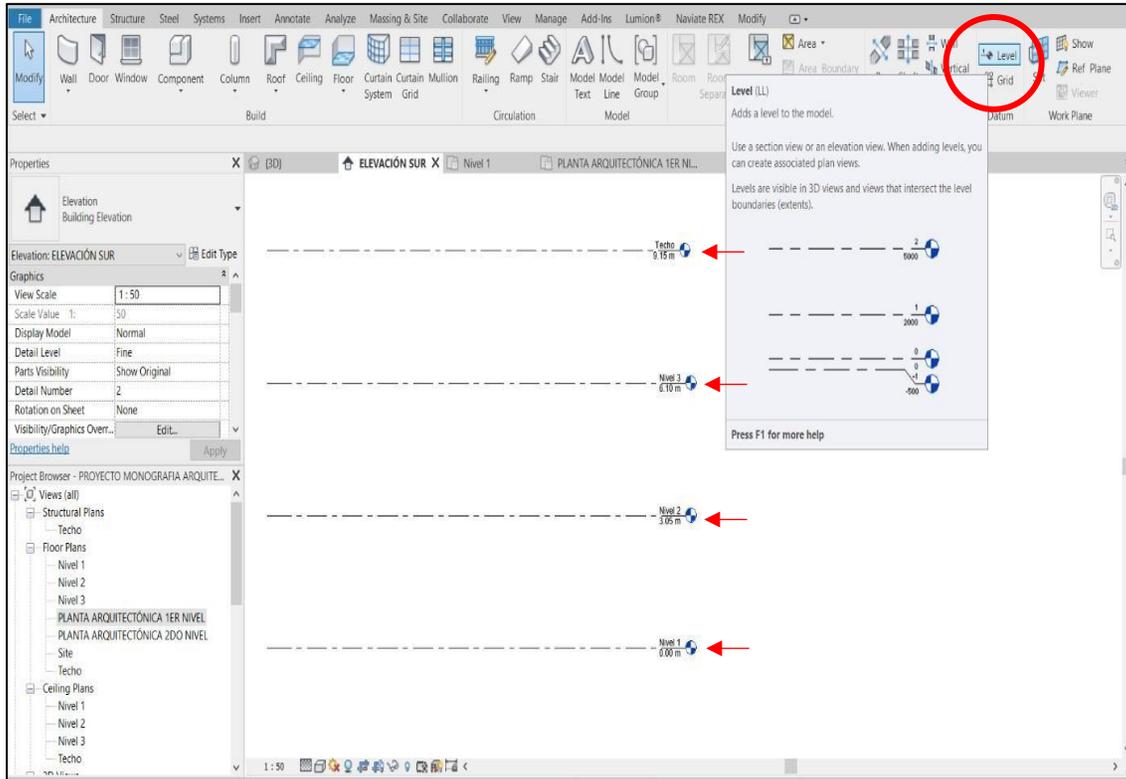
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Como norma general las rejillas o ejes, son visibles en todas las vistas salvo las vistas 3D. Estas las podemos crear en cualquier vista ya sea de sección, alzado o planta, así mismo, pueden ser horizontales o inclinadas, incluso líneas multisegmento o arcos.

4.1.1.4 Creación de niveles

Como siguiente paso vamos a crear los niveles para nuestro proyecto, esta herramienta la encontramos en el apartado de "datum" (datos) en Revit, estos son uno de los principales elementos de referencia más importantes y a partir de los niveles vamos a poder generar las vistas de nuestro proyecto.

Figura 8. Niveles definidos en el proyecto piloto



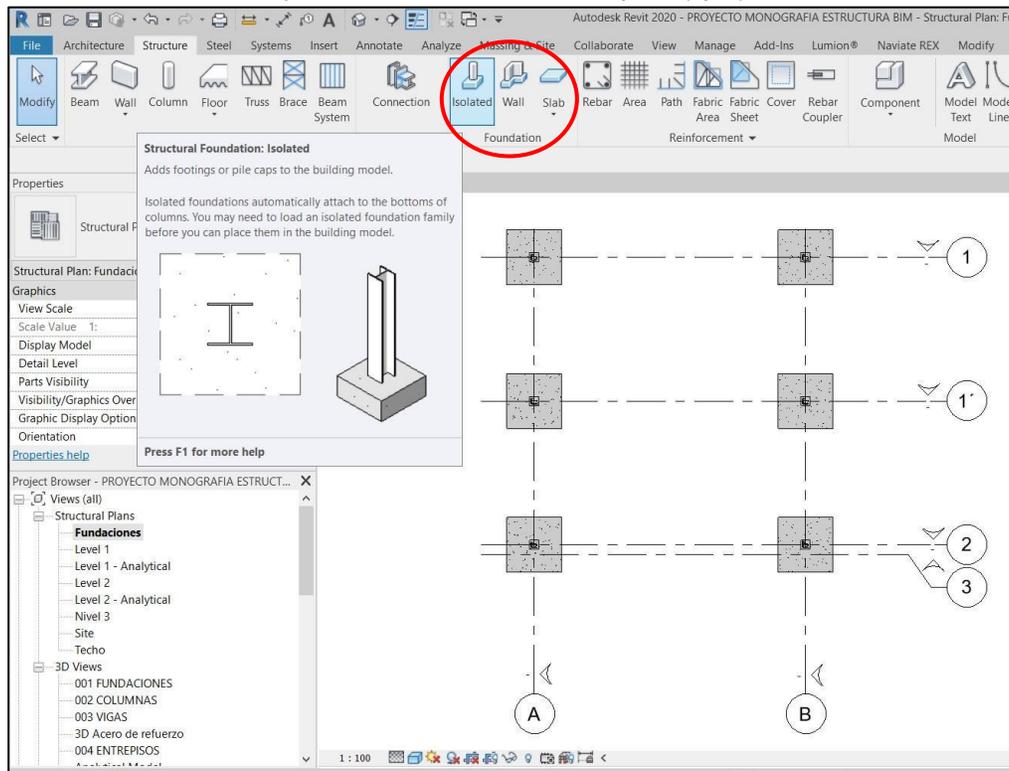
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Una vez definiendo los niveles de nuestro proyecto, estos nos sirven de referencia para la creación de los elementos alojados en cada uno de los niveles, tales como: entresijos o cubiertas de techo. Así mismo, definimos la altura entre cada uno de los diferentes niveles.

4.1.1.5 Modelado de fundaciones

Las zapatas que corresponden a este proyecto las creamos a partir de la pestaña “structure” en el apartado de “foundation”, para este proyecto utilizamos zapatas aisladas y haciendo uso de las herramientas de rejillas y grupo múltiple colocamos donde corresponda.

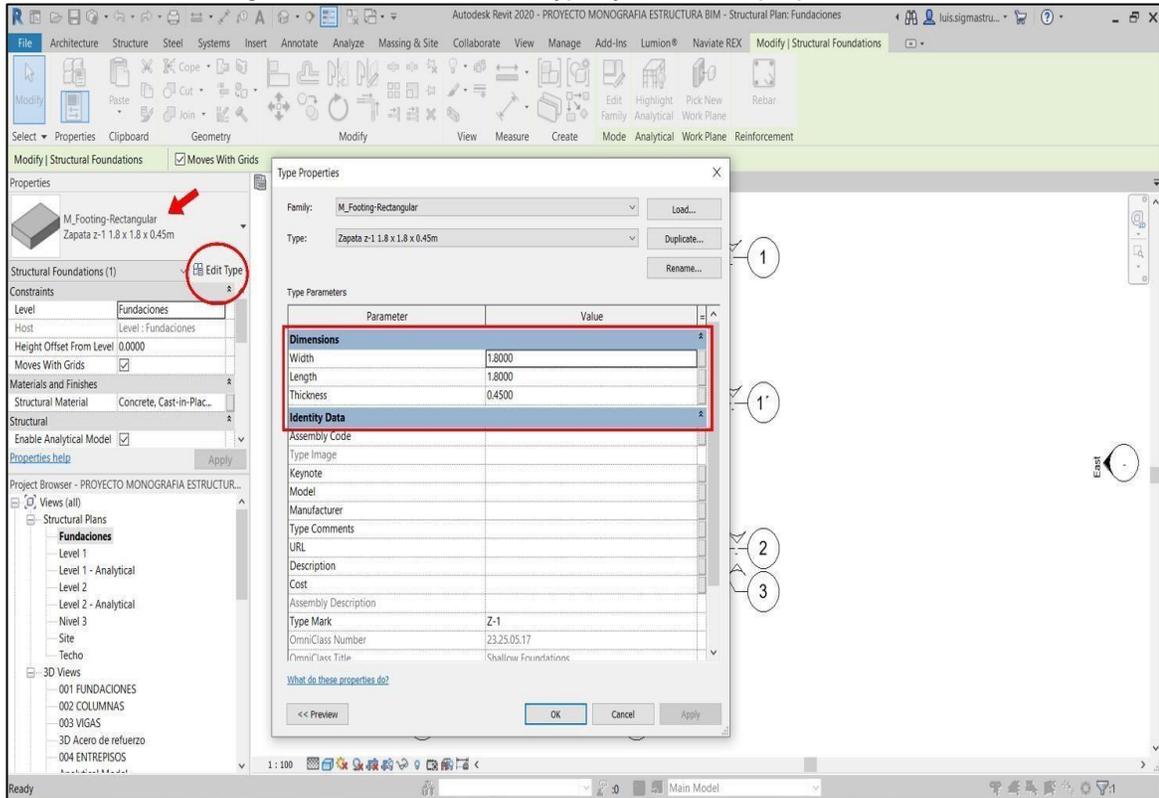
Figura 9. Colocación de las zapatas haciendo uso de las rejillas (ejes)



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Revit nos permite cargar familias de elementos para las diferentes especialidades, así mismo, dentro de Revit podemos modificar dichas familias, como en este caso hicimos uso de una familia de zapatas cargada predeterminada en Revit y la modificamos para crear una zapata con las dimensiones que requeríamos, esto lo logramos haciendo uso de la herramienta “edit type” y seleccionando la familia a modificar.

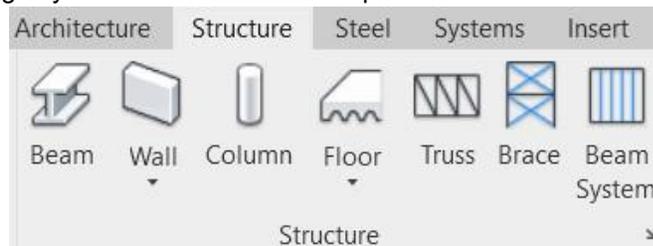
Figura 10. Panel de navegación, herramienta “edit type” y cuadro de propiedades



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

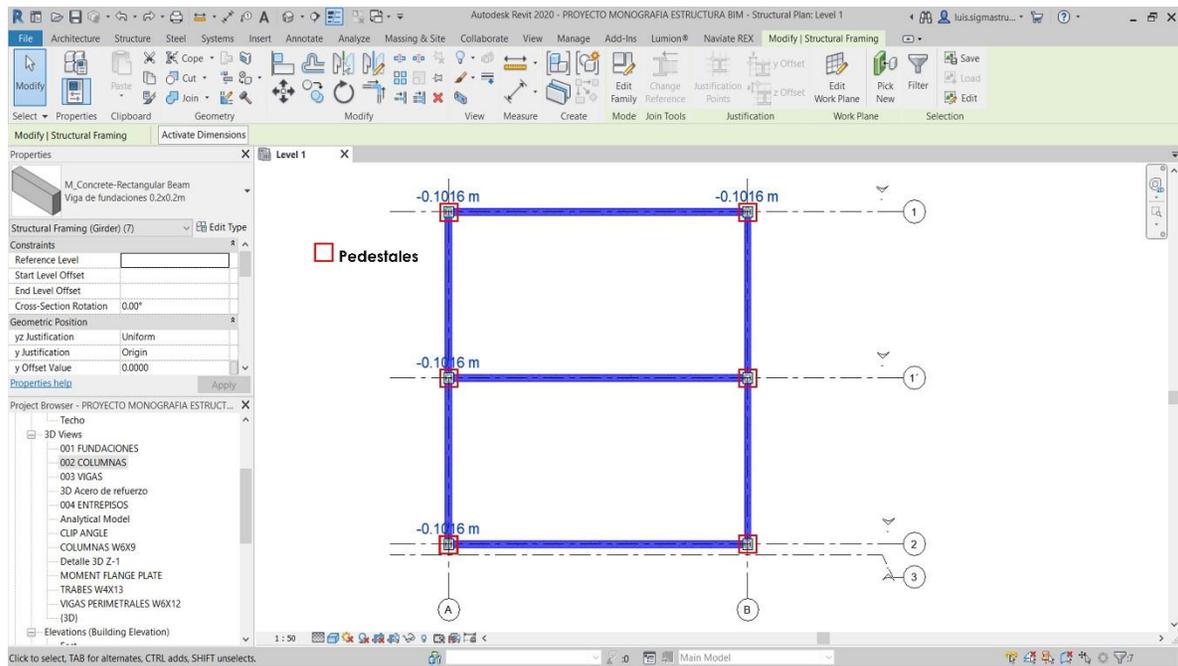
Para la creación de los pedestales y la viga asísmica, utilizamos en mismo proceso de elaboración que las zapatas, pero esta vez en el apartado de “structure” y las herramientas de vigas y columnas, haciendo uso de las diferentes herramientas para modificar las familias y dimensionarlas de tal manera que satisfaga las necesidades del proyecto piloto.

Figura 11. Apartado de vigas y columnas de Revit en la pestaña “Structure”



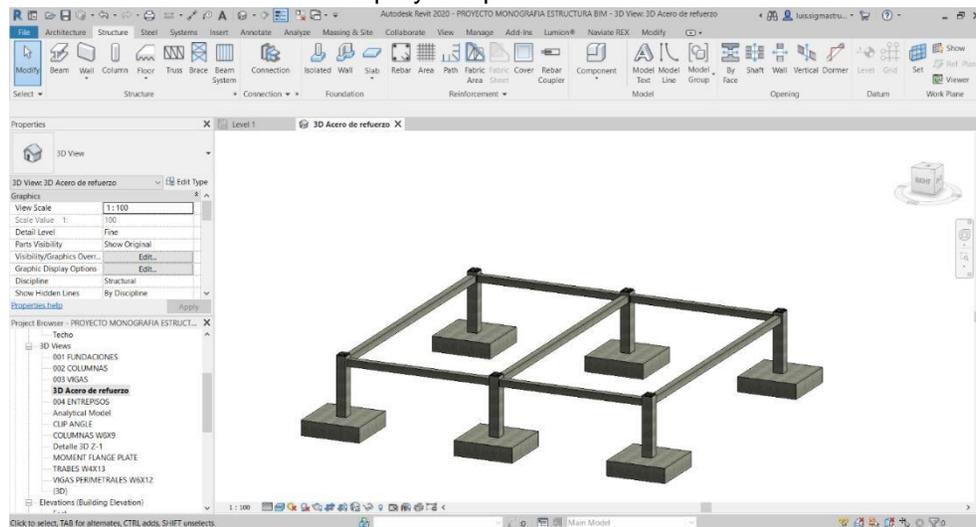
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 12. Vista de planta pedestales y viga asísmica terminados



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 13. Vista 3D de fundaciones del proyecto piloto

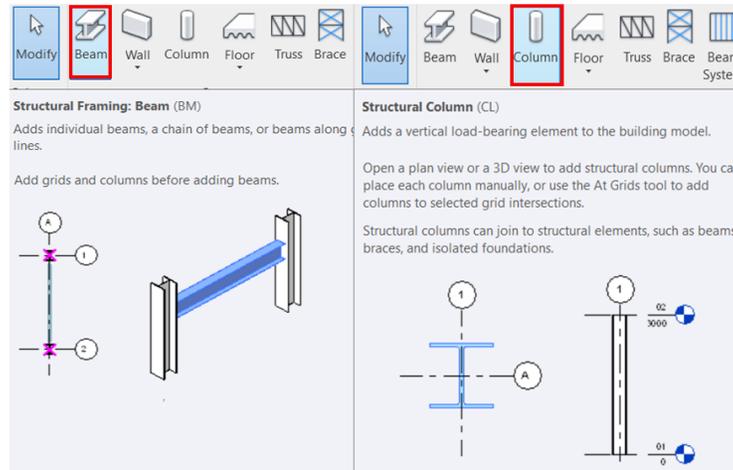


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.1.6 Modelado de columnas, vigas y traveses estructurales

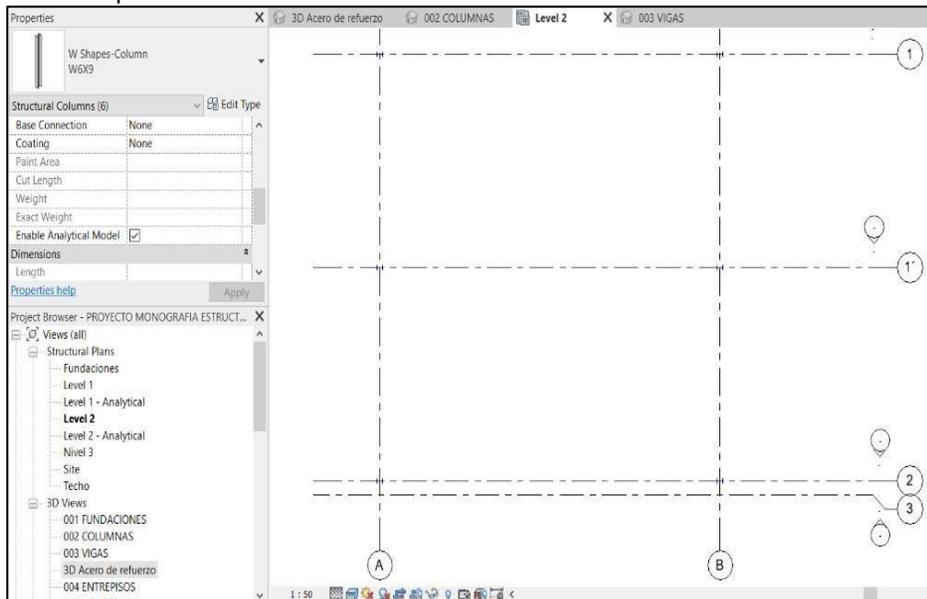
De manera similar a la colocación de las fundaciones para las columnas, vigas principales y secundarias haremos uso de la pestaña “structure”, en este caso con las herramientas de columnas y vigas.

Figura 14. Apartados para la colocación de vigas y columnas.



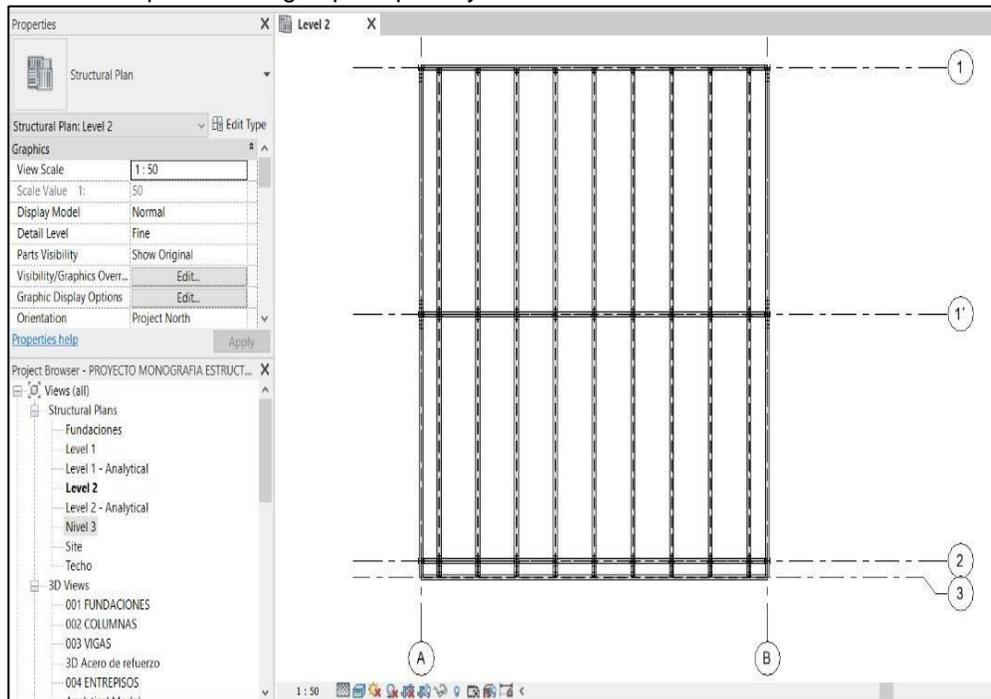
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 15. Vista de planta de columnas metálicas estructurales



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

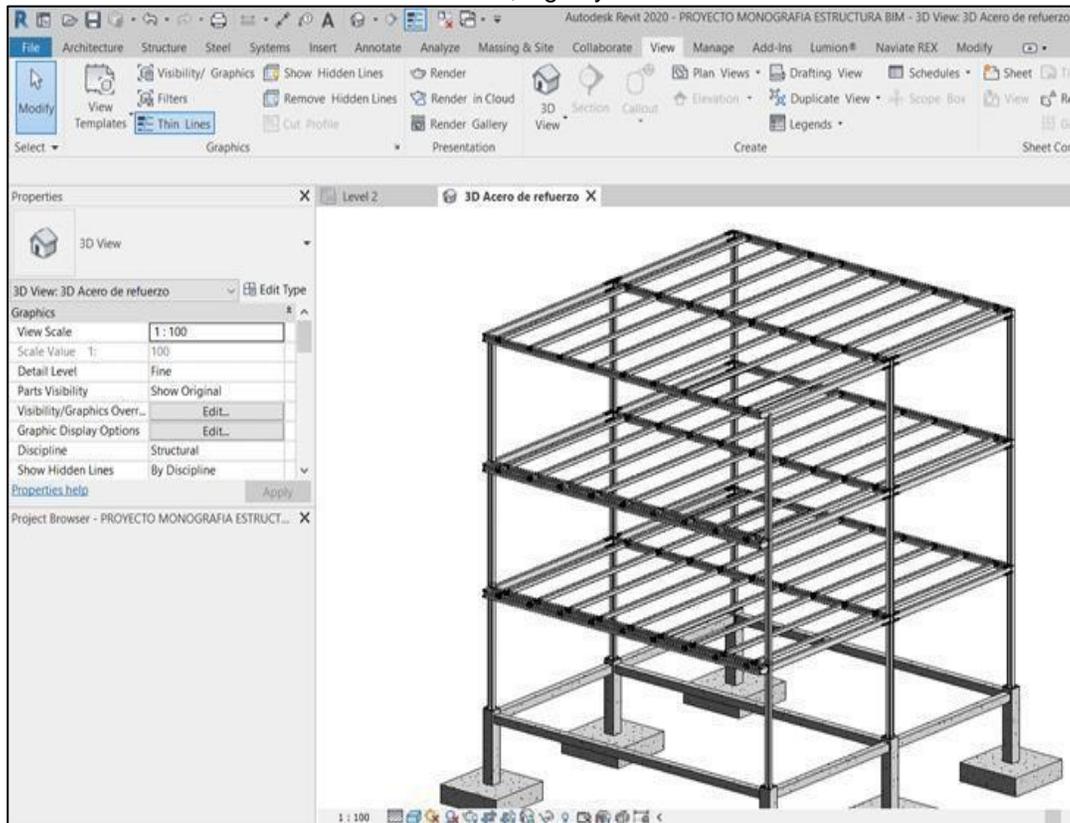
Figura 16. Vista de planta de vigas principales y traves metálicas estructurales



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

En este caso para poder hacer el modelado de estos elementos hacemos uso de una familia especial de Revit cargada desde la pestaña “Load family” la cual la podemos encontrar como “Structural columns” de la AISC 14.1, esta familia tiene la característica de poder lograr conexiones estructurales entre los diferentes elementos que conforman el modelo.

Figura 17. Vista 3D de colocación de columnas, vigas y traves metálicas estructurales terminadas.

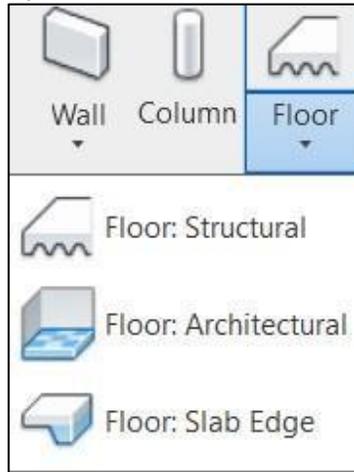


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.1.7 Creación de losa de entepiso

Una vez teniendo colocadas nuestras vigas traves en cada uno de los niveles, procedemos a la colocación de la losa de entepiso, para ello desde la pestaña “structure” con la herramienta “Floor” colocaremos dicha losa, Revit nos da la opción de escoger entre piso estructural o arquitectónico.

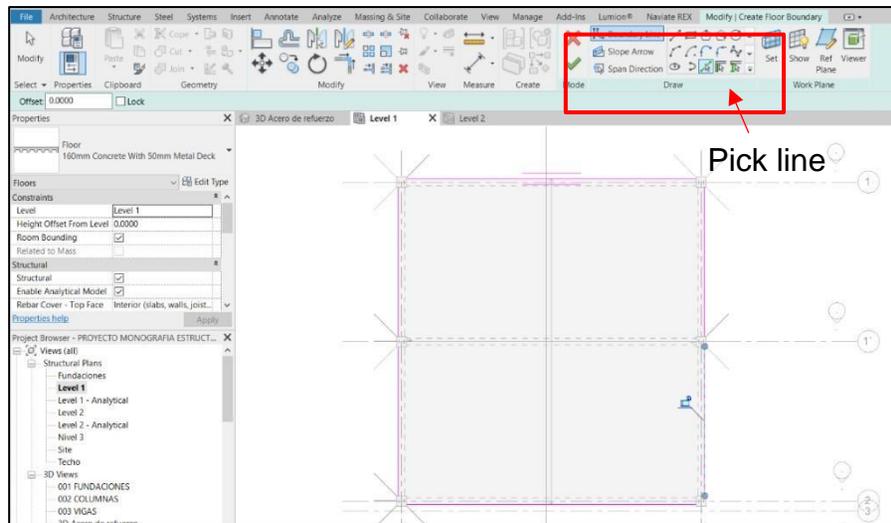
Figura 18. Apartado y herramientas para la colocación de losa de entrepiso



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

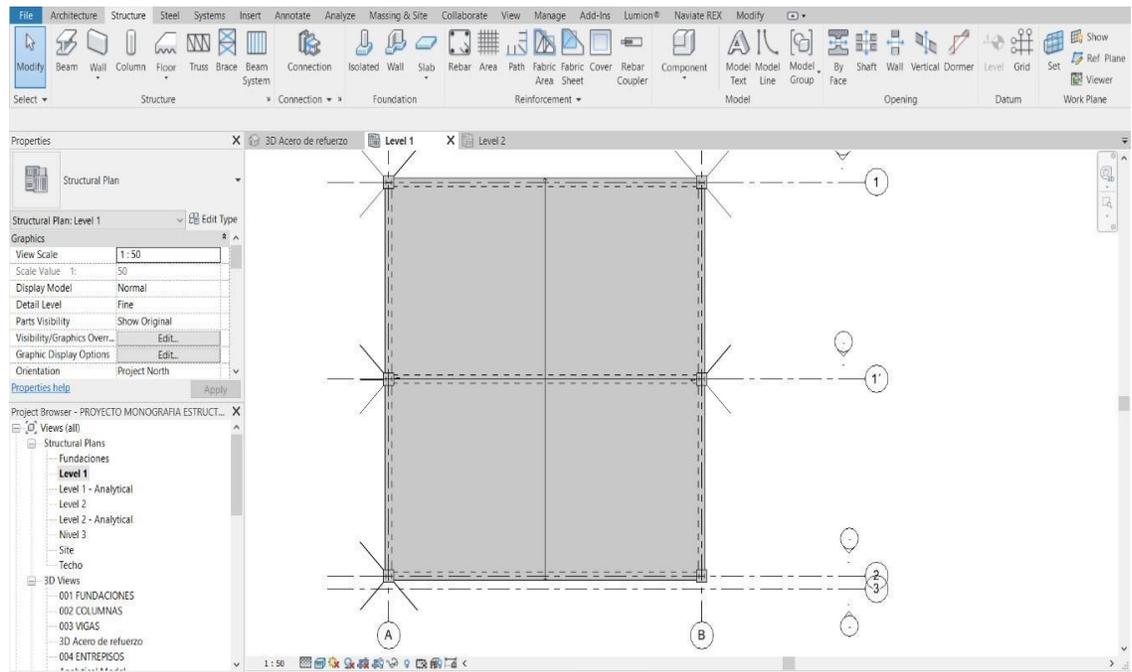
En este caso utilizamos Metal Deck, cargada previamente a las familias de Revit, para lograr crear la losa de entrepiso debemos dibujar todo el contorno del nivel en el cual la vamos a colocar, podemos hacer uso de la herramienta rectángulo o haciendo uso de la herramienta “Pick line”.

Figura 19. Colocación de losa de entrepiso haciendo uso de la herramienta “Pick line”



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 20. Vista de planta losa de entrepiso terminada

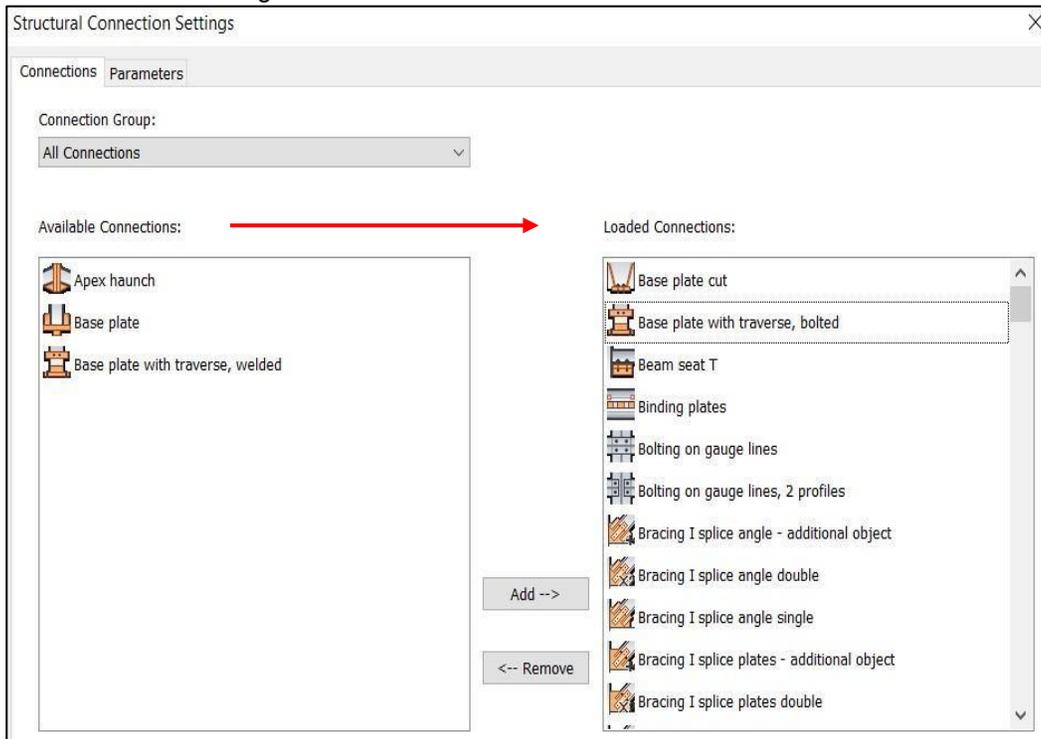


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.1.8 Conexiones estructurales

Para hacer las conexiones estructurales en los diferentes elementos del modelo, primeramente, debemos abrir las configuraciones de conexiones estructurales y por consiguiente cargar todos los anclajes que tengamos disponibles.

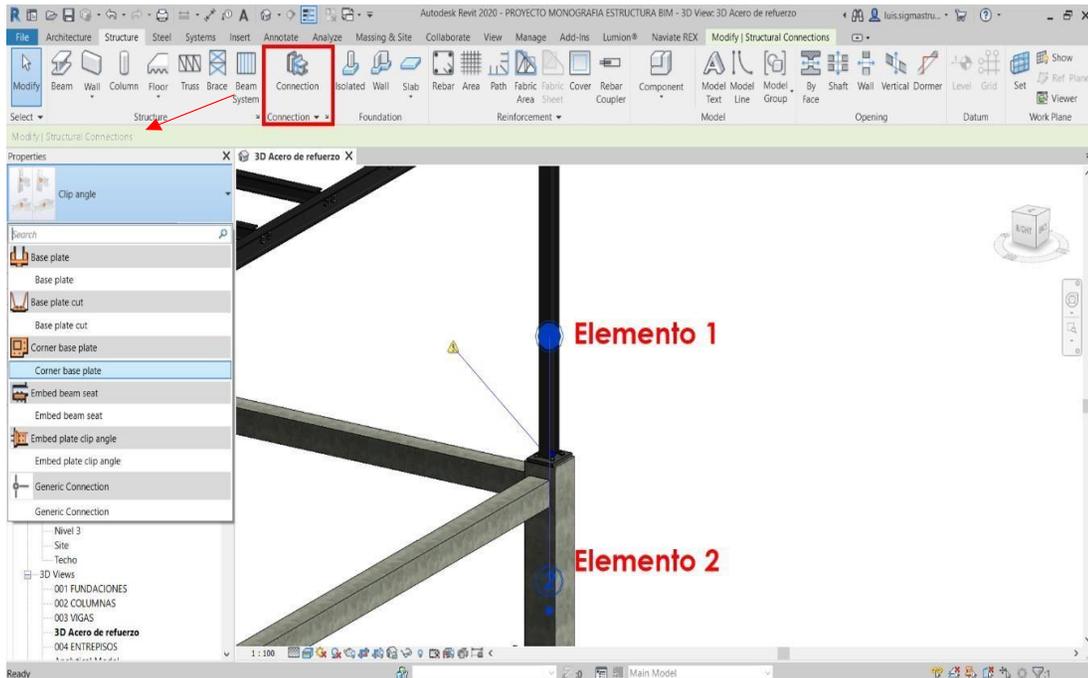
Figura 21. Cuadro de configuraciones de conexiones estructurales en Revit.



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Cargadas nuestras conexiones, procedemos a anclar nuestros elementos, para ello debemos seleccionar los elementos en los cuales deseamos hacer la conexión, una vez definidos los elementos desde la pestaña “Structure” con la herramienta “Connection”, Revit nos va a mostrar todos los anclajes específicos que tenemos para los elementos seleccionados.

Figura 22. Colocación de anclajes para los diferentes elementos estructurales



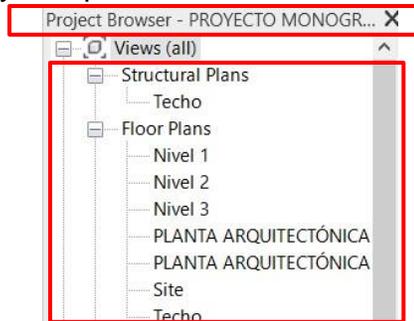
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.2 Elaboración modelo arquitectónico del proyecto piloto con Revit

4.1.2.1 Muros perimetrales e interiores

Antes de comenzar a trazar los muros debemos seleccionar el nivel desde donde comenzará el muro. Seleccionamos desde el panel del árbol de trabajo del proyecto en el apartado de planos de planta.

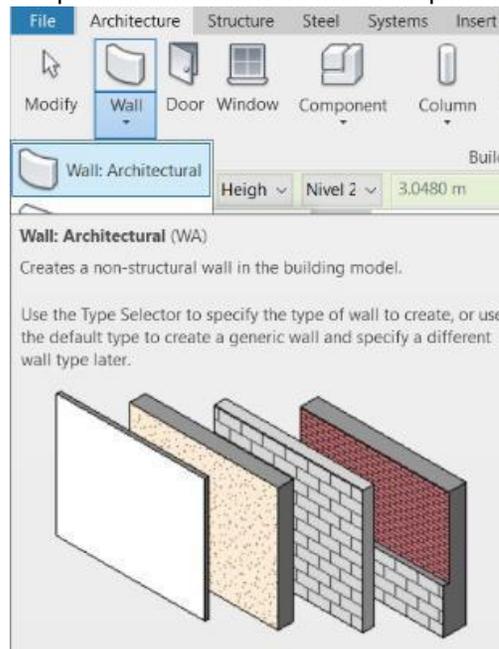
Figura 23. Navegador de proyecto para selección de niveles.



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Una vez teniendo definido el nivel donde trazaremos los muros, desde la pestaña Arquitectura > Construir > Muro > Muro Arquitectónico o utilizando el comando WA desde la interfaz de Revit, seleccionamos el tipo de muro desde las familias de Revit.

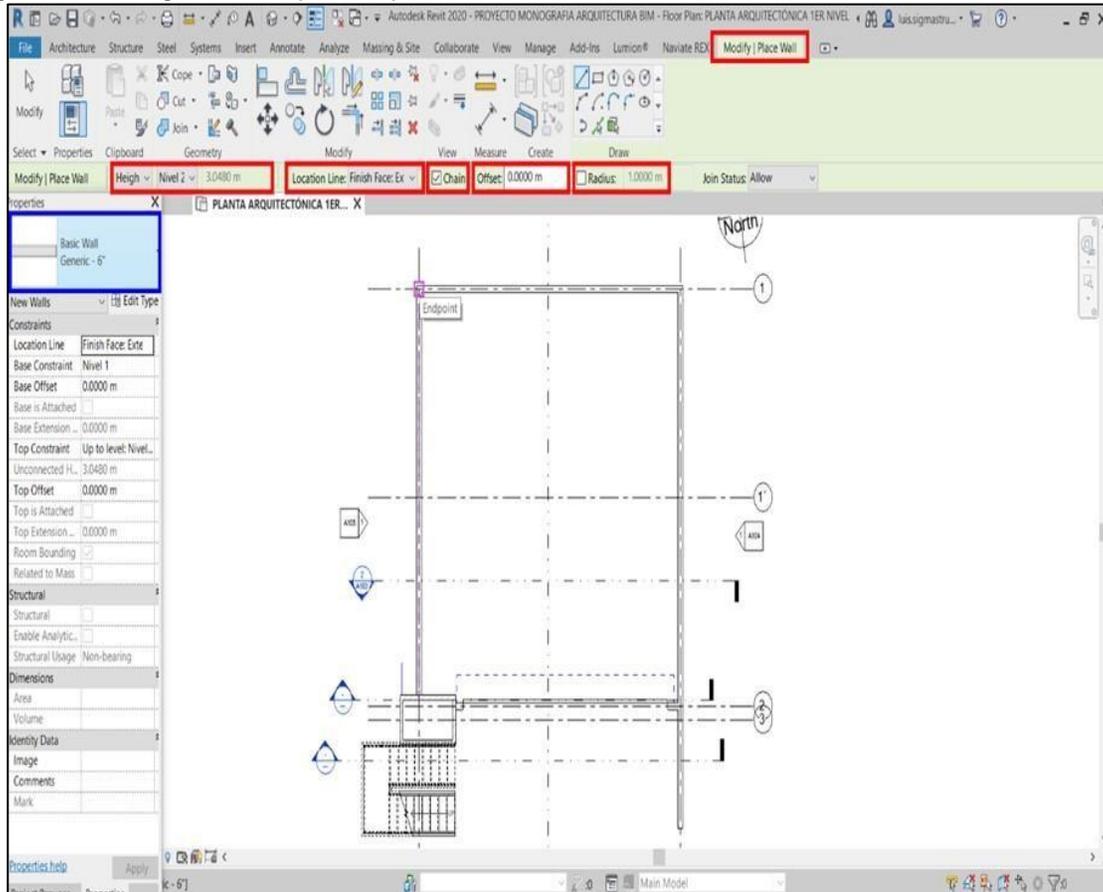
Figura 24. Apartado y herramientas para la colocación de muros arquitectónicos



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Cuando ya tenemos seleccionada la herramienta de creación de muros arquitectónicos en Revit tendremos esta distribución de pantalla para comenzar, así mismo haremos uso de las herramientas de referencias para dichos trazos, en este caso haremos uso de las rejillas previamente definidas.

Figura 25. Configuraciones previas para creación de muros en Revit



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

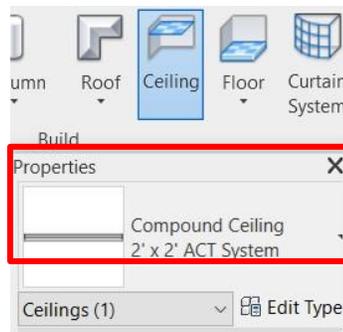
Aparecerá una nueva pestaña Modificar/Colocar muro, donde seleccionamos la herramienta línea, para crear el muro, además tenemos estas opciones:

1. Definir altura de muros.
2. La línea de donde partirá el muro.
3. Trazar muros en cadena (línea continua como AutoCad)
4. Desfase o cota relativa, al nivel que tenemos seleccionado de creación
5. Radio para que las esquinas de los muros sean redondas.

4.1.2.2 Modelado de cielo raso

Para la creación del cielo raso en los diferentes niveles de nuestro edificio, primeramente, debemos ir a nuestro árbol de proyecto, al apartado de planos de cielo, una vez seleccionado el plano del nivel que vamos a colocar el cielo raso, haremos uso de la herramienta “Cieling” en la pestaña de arquitectura, también podemos seleccionar el tipo de cielo que vamos a colocar desde las familias de Revit.

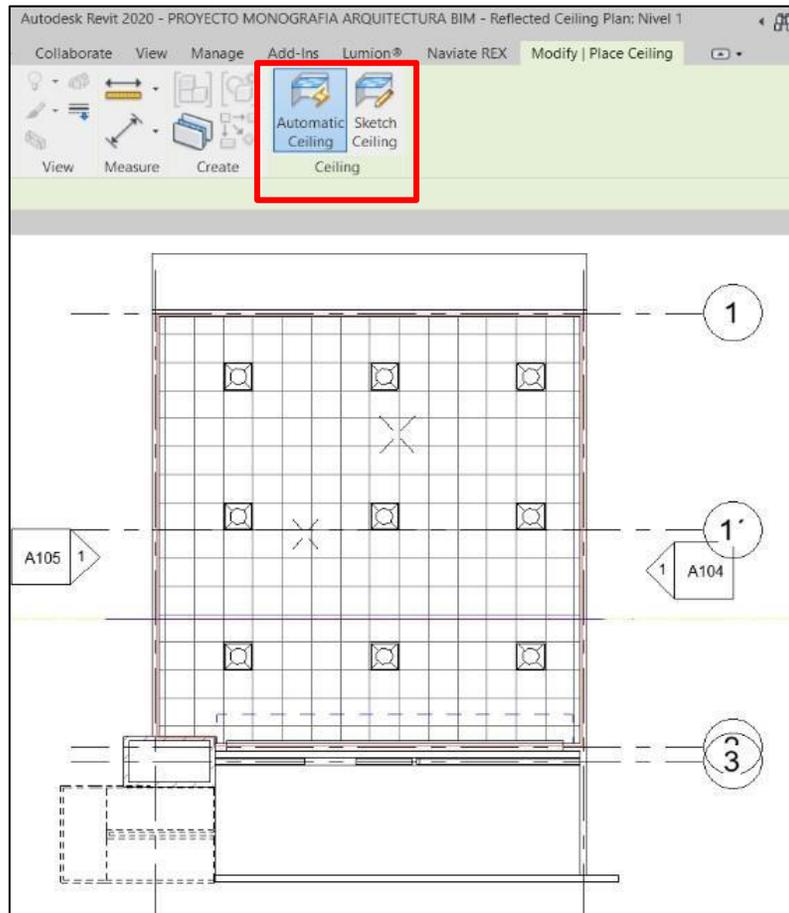
Figura 26. Cuadro de propiedades y herramientas para modelado de cielo raso



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Al hacer uso de la herramienta “Cieling” y haber seleccionado el tipo de cielo raso, Revit nos dará la opción de crearlo de manera automática, es decir, el programa detecta el área de nuestro plano de cielo y este lo generara de manera automática o podremos hacerlo de manera manual, haciendo uso de las herramientas de dibujo de Revit.

Figura 27. Generador de cielo raso automático o manual en Revit

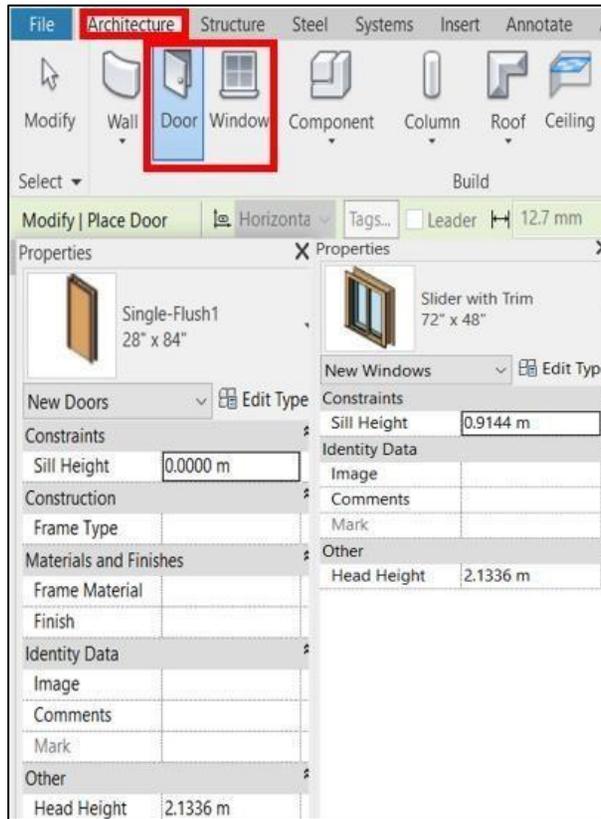


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.2.3 Puertas y ventanas arquitectónicas

Una vez teniendo trazados los muros interiores de cada uno de los niveles y los ambientes, podemos hacer uso de las herramientas de "Door y Window" desde la pestaña arquitectura y debemos cargar previamente los elementos a las familias de Revit.

Figura 28. Herramientas para colocar puertas y ventanas

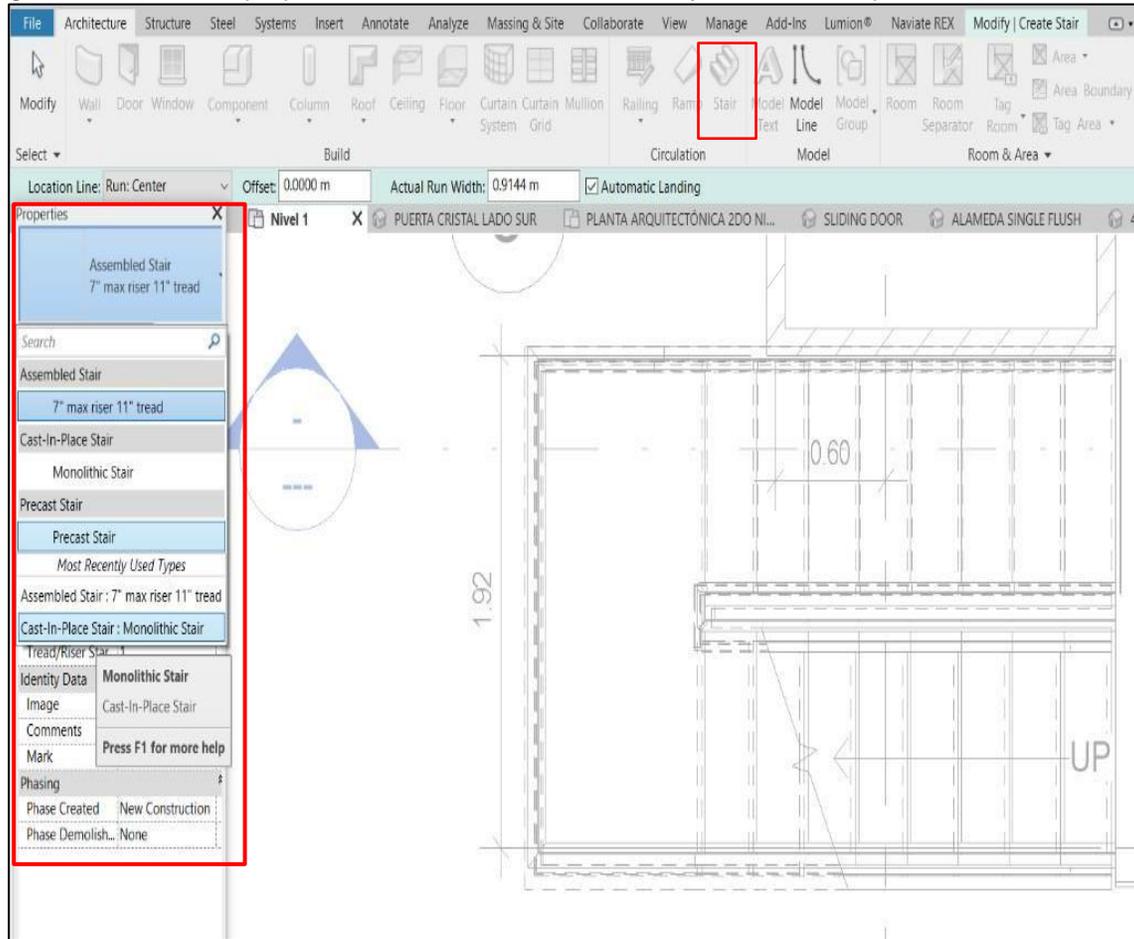


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.2.4 Sistema de escaleras

Revit nos proporciona tres familias de escaleras predeterminadas para nuestro modelo, entre ellas tenemos: Escalera moldeada in situ, Escalera prefabricada y Escalera ensamblada, las podemos encontrar en el cuadro de propiedades de la pestaña architecture>stair.

Figura 29. Cuadro de propiedades de familias de escaleras y herramientas para colocación

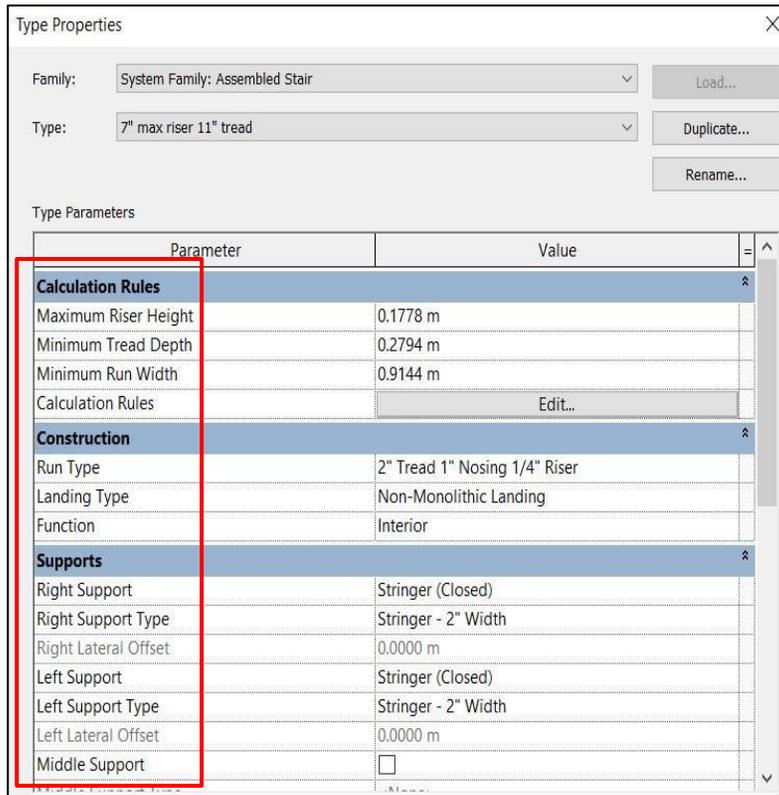


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Para crear un sistema que vaya acorde a nuestro proyecto, Revit nos da la opción de poder editar parámetros para configurar el sistema a nuestro gusto, podemos configurar los siguientes parámetros:

1. Normas de calculo
2. Construcción
3. Soportes
4. Gráficos
5. Datos de identificación

Figura 30. Cuadro de propiedades de sistema de escaleras



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Para poder hacer un cálculo más exacto del sistema de escalera que tendremos al subir por cada uno de los niveles del edificio, en el apartado de “Calculation rules >Edit” del cuadro de propiedades de sistema de escalera, podremos hacer uso de una calculadora para escaleras que nos proporciona Revit.

Figura 31. Cuadro de herramienta "stair calculator"

Stair Calculator

Use Stair Calculator for slope calculation

Results are used for stair creation only. They will not modify existing stairs.

Calculation Rule for target slope:

2 * Rise + 1 * Depth = 0.6350 m

Value Range for valid calculation result:

Maximum Result for Stair Calculator = 0.6477 m

Actual Result of Stair Calculation: 0.6350 m

Minimum Result for Stair Calculator = 0.5842 m

Min./max. values for Rise and Depth:

Maximum Riser Height = 0.1778 m

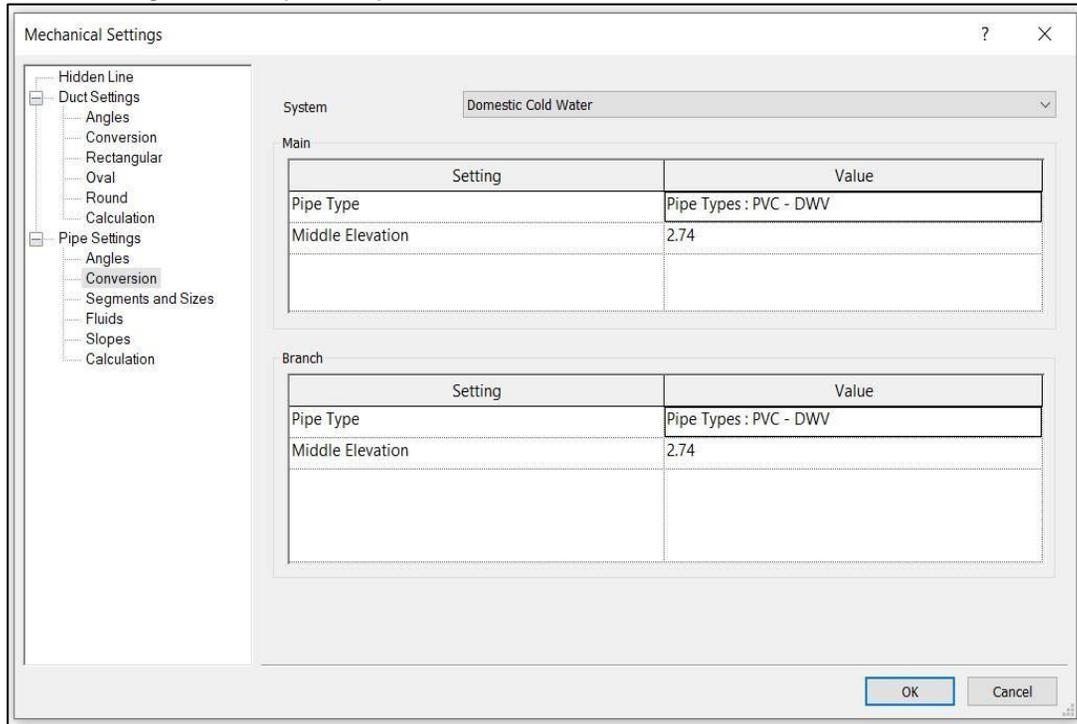
Minimum Tread Depth = 0.2794 m

Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.3 Creación de modelos MEP (Mechanical, Electrical y Plumbing)

Antes de comenzar el desarrollo de cada uno de estos sistemas, cabe destacar la importancia de las configuraciones previas que nos proporciona el menú "manage" en Revit, nos permite configurar pendientes, diámetros, tipos y estilos de materiales que van a conformar el modelo.

Figura 32. Configuraciones previas para modelos MEP



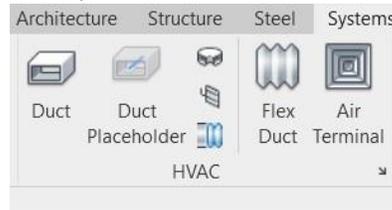
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.3.1 Sistema de ventilación y climatización mecánica

Primeramente, vamos hacer uso de la plantilla de trabajo correspondiente al sistema, los planos de cielo y los diferentes ambientes definidos creados en el modelo arquitectónico, esto con el fin de poder colocar con mayor precisión cada uno de los elementos que van a conformar este sistema.

En este tipo de sistemas MEP, Revit tiene un apartado con todas las herramientas y funciones, para crear los modelos, desde la pestaña “systems>HVAC” tenemos todas las herramientas que vamos a utilizar.

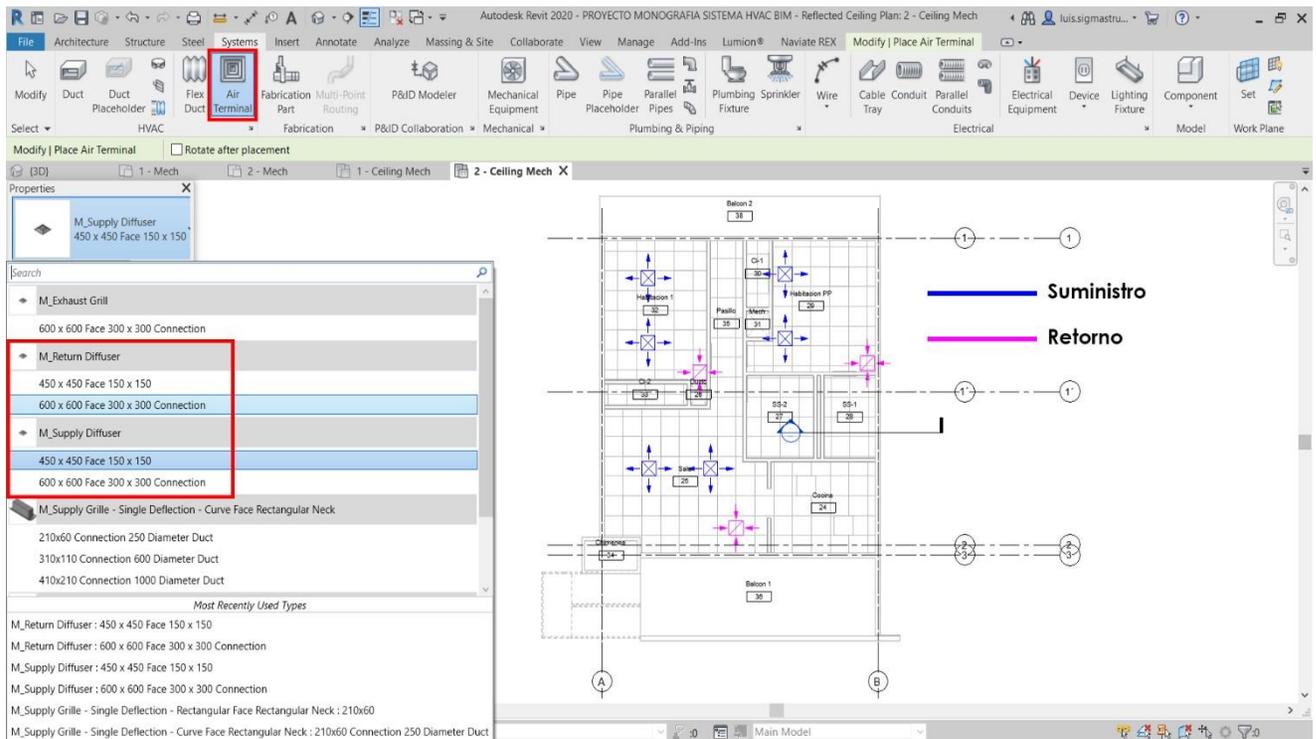
Figura 33. Apartado de herramientas para modelos de ventilación y climatización



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Luego definimos los difusores de suministro y retorno de aire, desde las familias previamente cargadas o las que Revit tiene predeterminadas en el programa. Desde el apartado de herramientas antes mencionado usamos la herramienta “Air terminal”, seleccionamos el difusor correspondiente de las familias y vamos a distribuirlos en los diferentes ambientes de nuestro modelo.

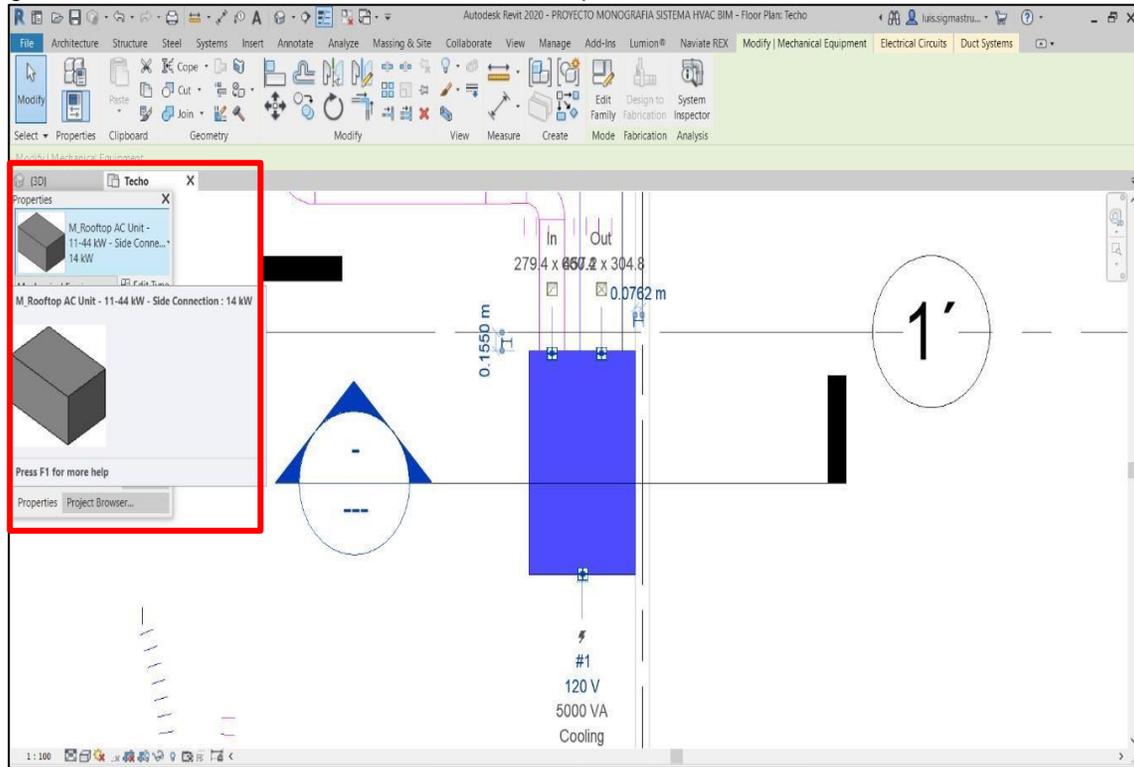
Figura 34. Distribución de difusores de suministro y retorno de aire



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Al tener la distribución de difusores de aire, colocamos en la cubierta de techo un equipo de unidad de techo de aire acondicionado (Rooftop AC unit), del cual se van a derivar los ductos que van a ir conectados a todos los difusores previamente distribuidos.

Figura 35. Unidad de techo de aire acondicionado para derivación de ductos

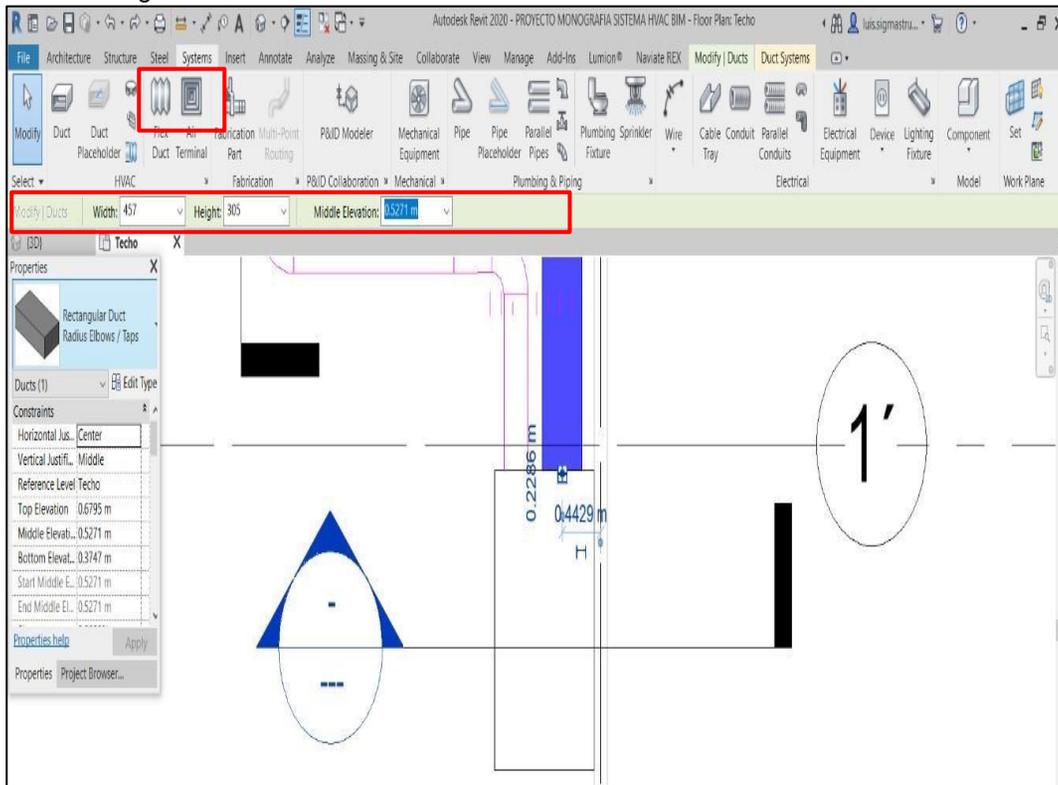


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Los ductos que se van a derivar de este equipo lo colocamos con la herramienta ductos en el apartado de "Systems", previo a la distribución de cada uno de los ductos podemos configurar el alto, ancho y elevación media.

Así mismo, podemos escoger entre las diversas opciones de familias predeterminadas que nos proporciona Revit o cargar familias específicas que vayamos a necesitar (personalizadas).

Figura 36. Configuraciones de ductos de aire acondicionado

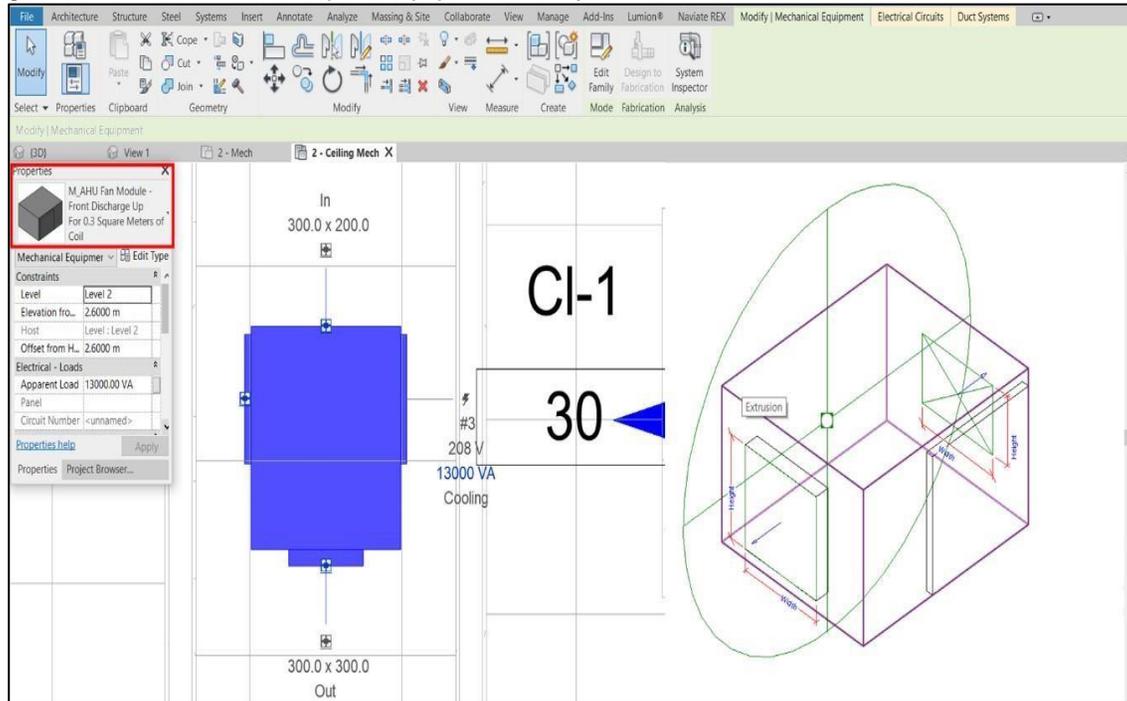


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

En el nivel dos, colocamos una manejadora de aire la cual va a funcionar para el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización, en cuanto a los caudales correctos de ventilación, limpieza, temperatura y humedad.

La familia que utilizamos fue una predeterminada de Revit la cual fue modificada “Edit family” de Revit de tal manera que cumpliera con las entradas y salidas de nuestro sistema.

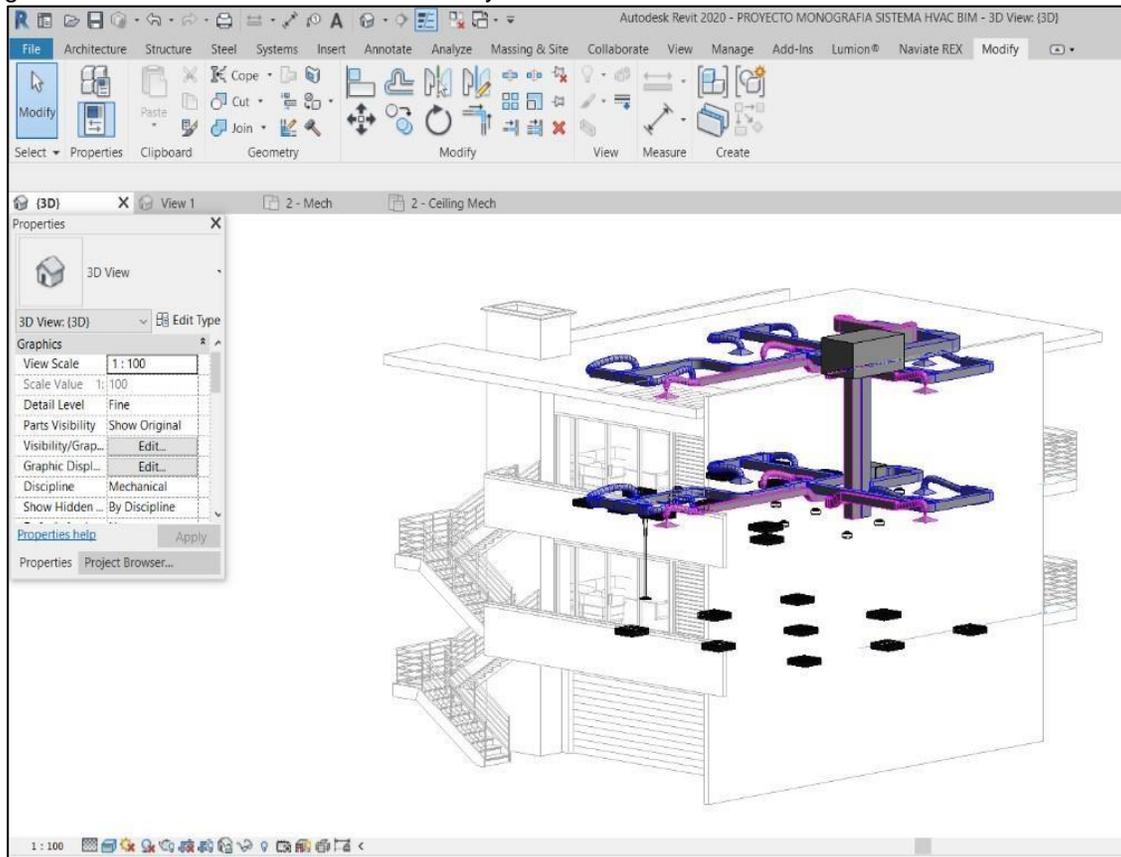
Figura 37. Edición de familia para equipo de manejadora de aire acondicionado



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Una vez finalizada la modificación de este equipo, continuamos con la distribución de los ductos de suministro y retorno a los diferentes ambientes del nivel 2 de la misma manera que se distribuyeron en el nivel 1.

Figura 38. Vista 3D sistema de ventilación y climatización mecánica HVAC terminado



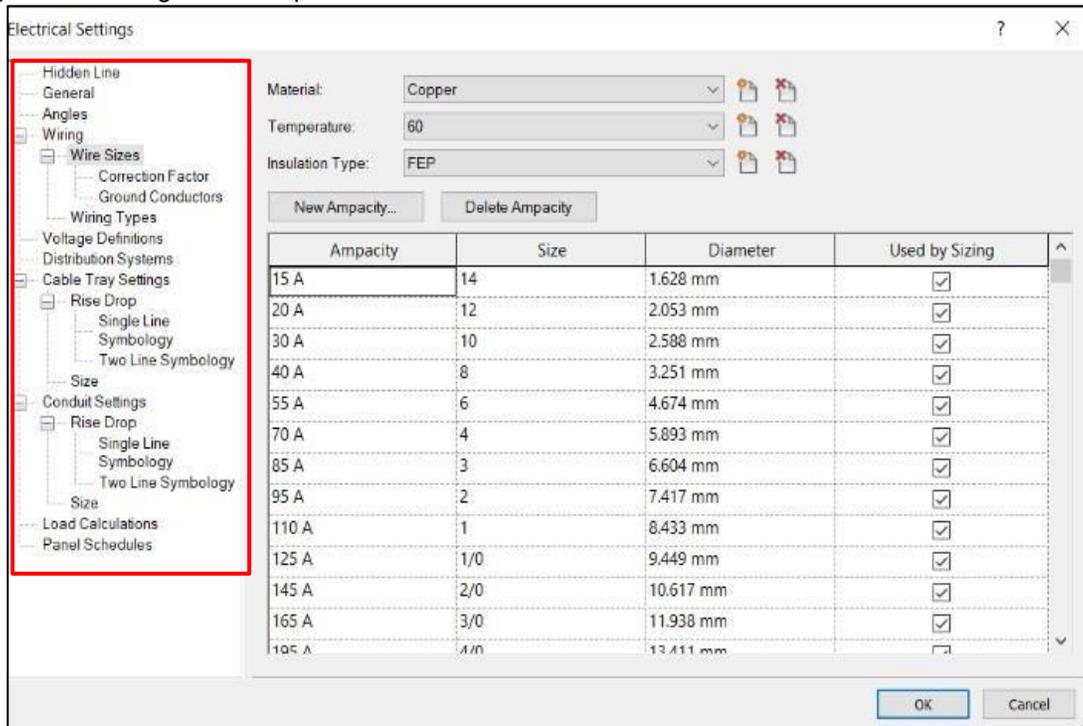
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.1.3.2 Creación de modelo MEP sistema eléctrico

Para comenzar a realizar el modelo es primordial que existan familias ya cargadas y colocadas que cuenten con conectores eléctricos correctamente configurados, prestando especial atención a los parámetros de voltaje requeridos.

Haremos uso de los planos de cielo y los diferentes ambientes definidos creados en el modelo arquitectónico. En la pestaña systems>electrical tendremos todas las herramientas que vamos a ocupar para hacer nuestro sistema eléctrico, antes de todo haremos las configuraciones previas que encontramos en la pestaña Manage>settings>MEP settings>electrical settings.

Figura 39. Configuraciones previas sistema eléctrico MEP

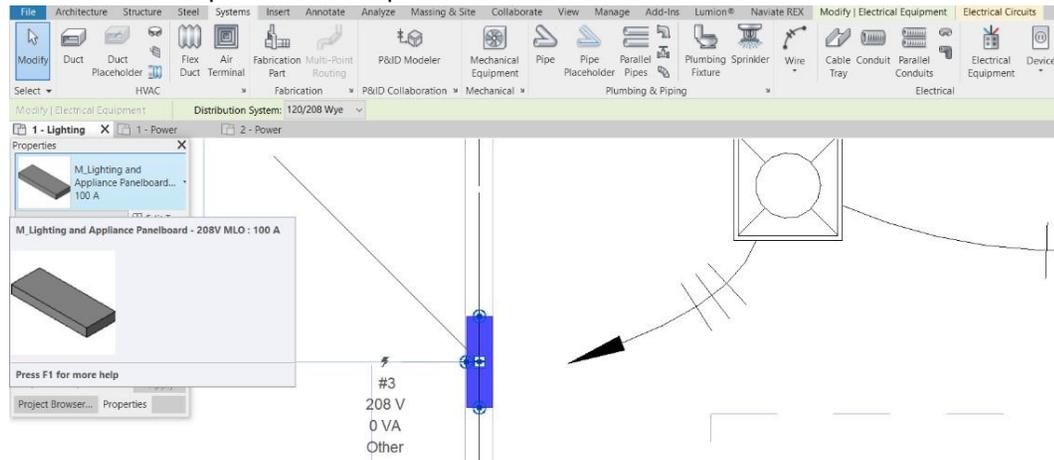


Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Con el plano de cielo raso podemos hacer la distribución de luces y tomacorrientes en los ambientes de cada uno de los niveles. Primeramente, debemos colocar el panel eléctrico para los diferentes niveles.

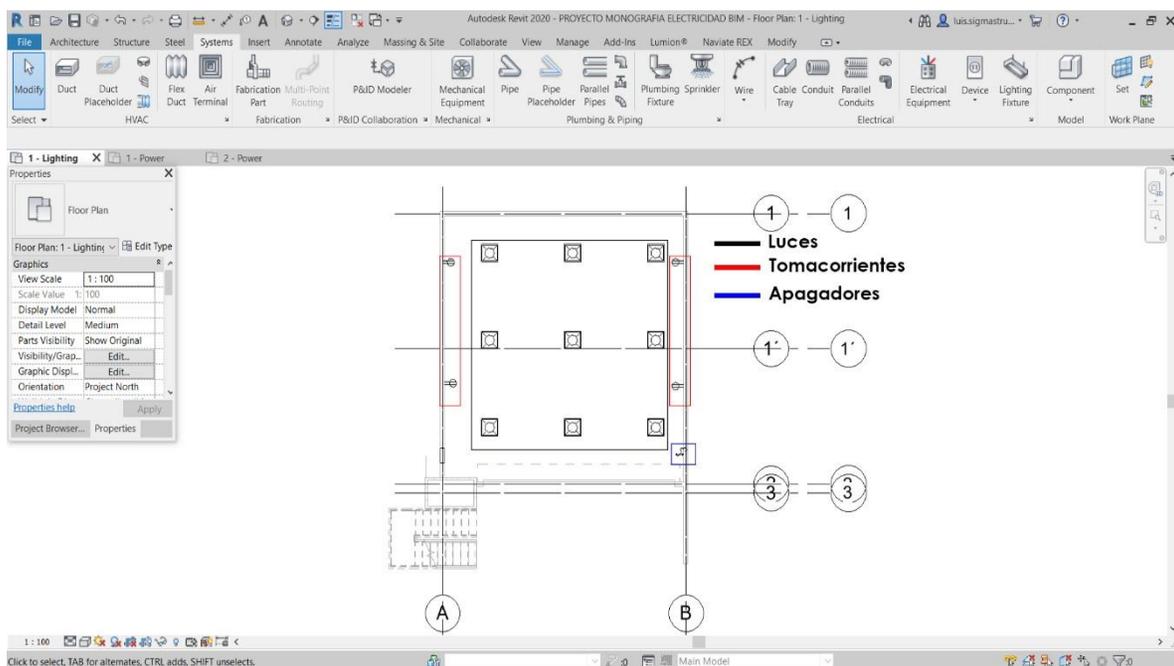
Desde la pestaña systems>electrical>electrical equipment y seleccionamos el equipo desde las familias de Revit.

Figura 40. Colocación de panel eléctrico para los diferentes niveles



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 41. Distribución de luces, tomacorrientes y apagadores nivel 1



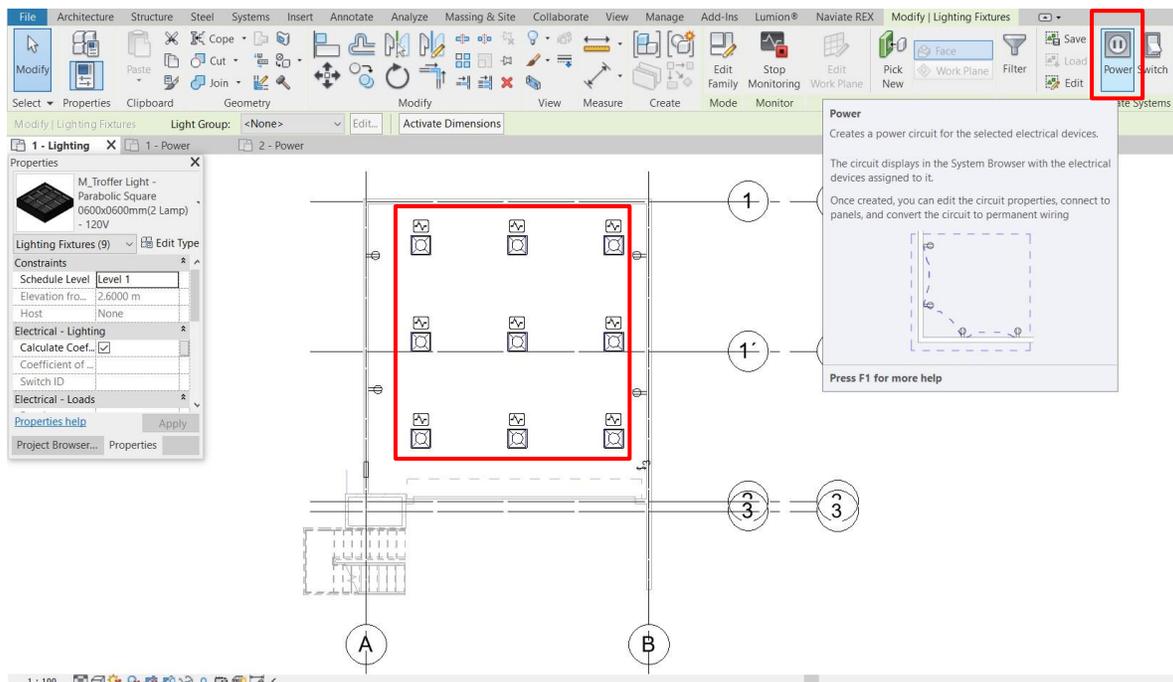
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Definiendo la distribución de las luces, tomacorrientes y apagadores podemos hacer el circuito correspondiente, en este caso haremos el circuito de luces, pero se hace de la misma manera para tomacorrientes y apagadores.

Hacemos una selección múltiple de todas las luces que irán en el circuito y se habilitará la opción de “Power” en el apartado de accesorios de iluminación, esta herramienta nos permite:

1. Editar las propiedades de los circuitos
2. Conectar a los paneles
3. Circuitos permanentes

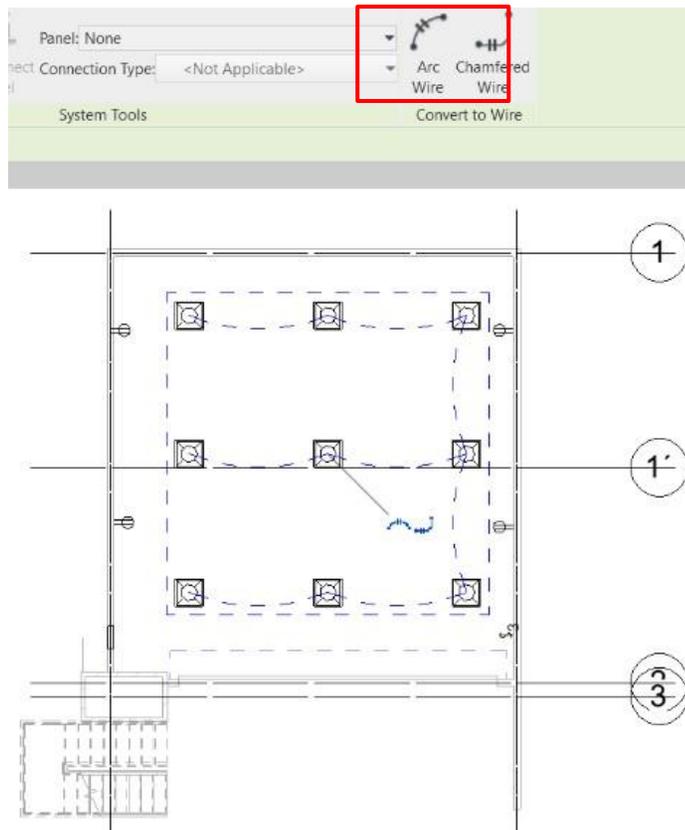
Figura 42. Selección de elementos para creación de circuitos eléctricos



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Como siguiente paso, Revit calcula automáticamente los tamaños de cable de los circuitos de potencia e iluminación y nos propondrá un circuito con líneas azules y discontinuas, así mismo tendremos la opción de escoger el tipo de cable para ilustrar los circuitos ya sea cableado en arco o tipo chaflán.

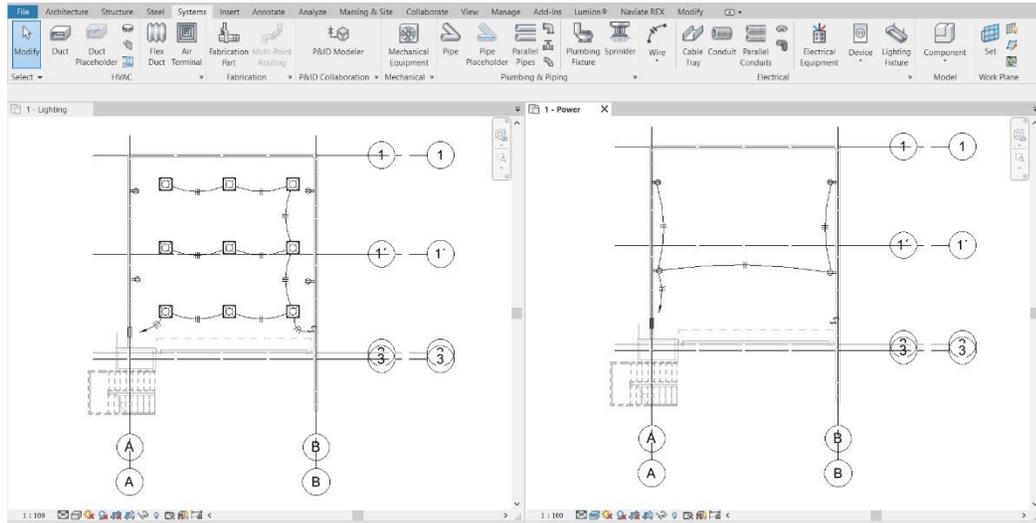
Figura 43. Creación de circuitos de iluminación



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

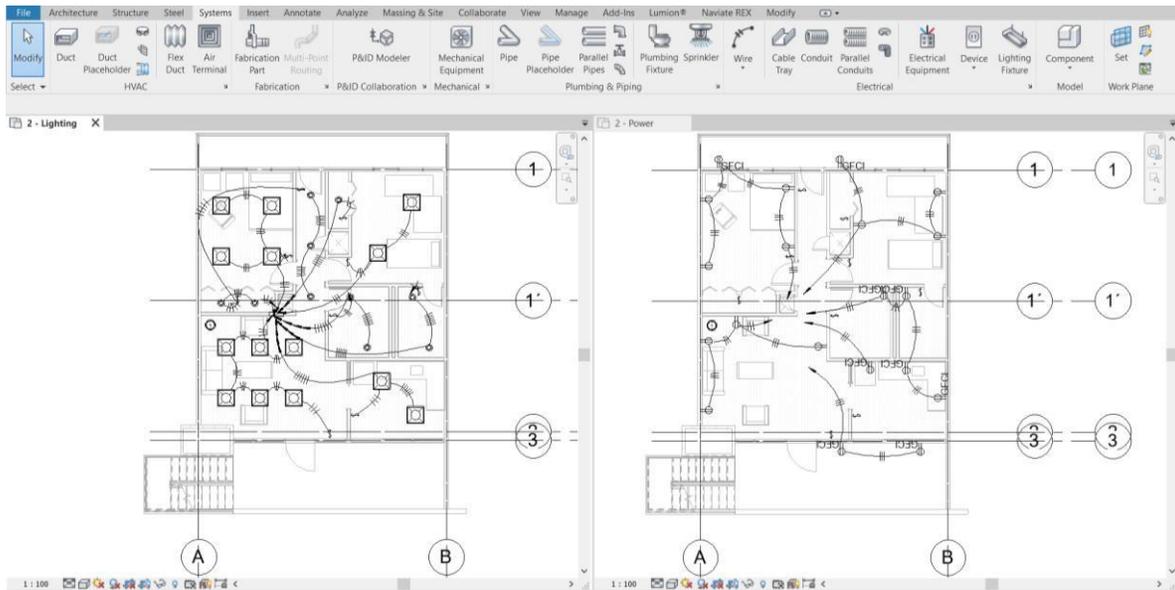
Haremos el mismo procedimiento en cada uno de los niveles para luces, tomacorrientes y apagadores y de igual manera conectaremos cada uno de los circuitos creados al panel eléctrico correspondiente.

Figura 44. Vista de planta circuitos de iluminación, tomacorrientes y apagadores en nivel 1 terminados



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 45. Vista de planta circuitos de iluminación, tomacorrientes y apagadores en nivel 2 y 3 terminados



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

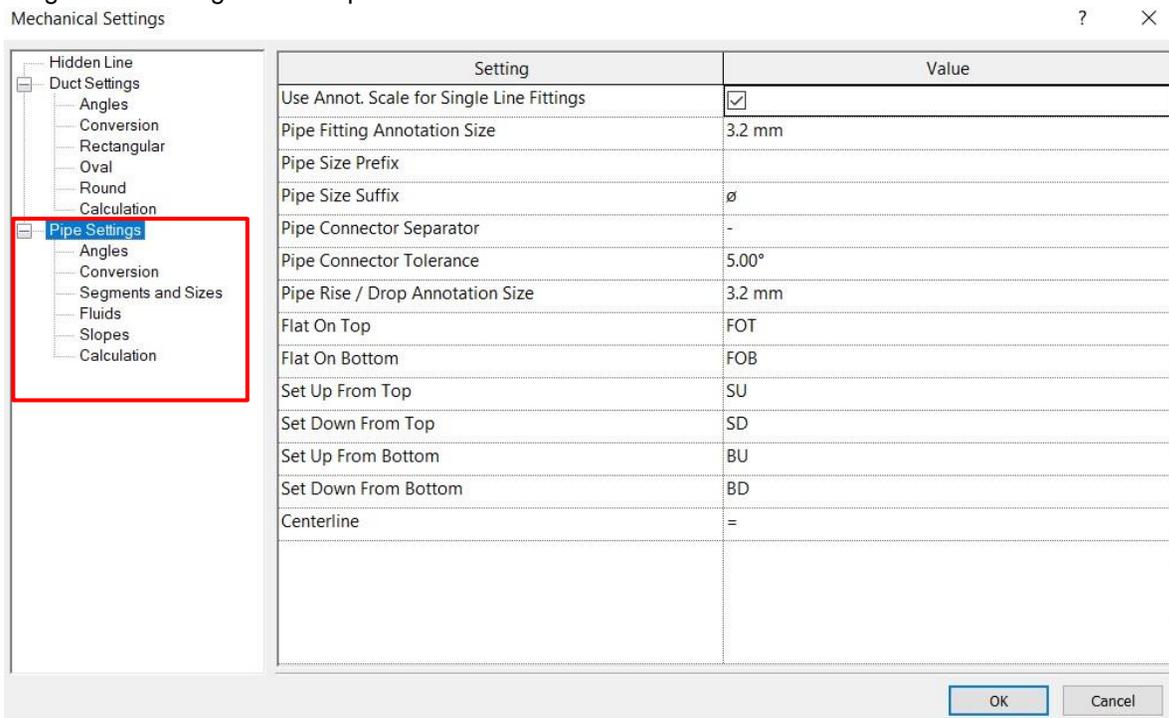
4.1.3.3 Creación de modelo MEP sistemas hidrosanitarios

En este proyecto piloto desarrollamos sistema de agua potable, agua caliente y aguas residuales, primeramente, en la pestaña Manage>settings>MEP settings>mechanical settings>pipe settings vamos a configurar diversos parámetros para desarrollar de manera correcta cada uno de los sistemas antes mencionados.

Podremos configurar:

1. Tipo de tubería
2. Diámetros de tuberías
3. Ángulos de los accesorios
4. Pendientes de las tuberías

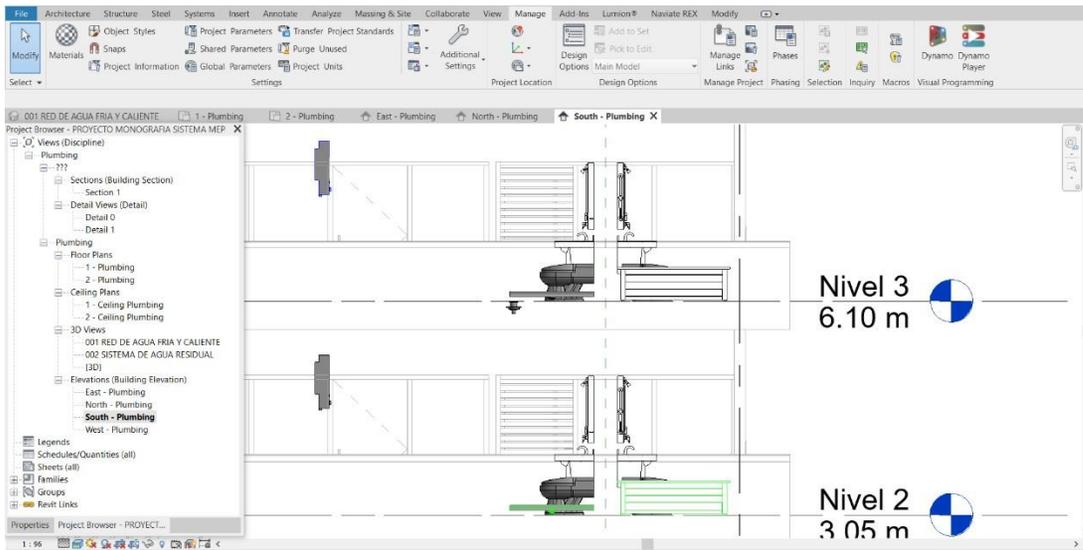
Figura 46. Configuraciones para sistemas hidrosanitarios



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Luego de terminar de configurar nuestros parámetros, hacemos uso del plano de distribución de los diferentes ambientes que conforma el edificio para poder hacer la distribución de los equipos hidrosanitarios en los diferentes niveles, para las redes de agua potable, agua caliente y aguas residuales. Accesorios tales como: Inodoros, lavamanos, duchas, bañeras y calentadores de agua de donde derivaremos las tuberías.

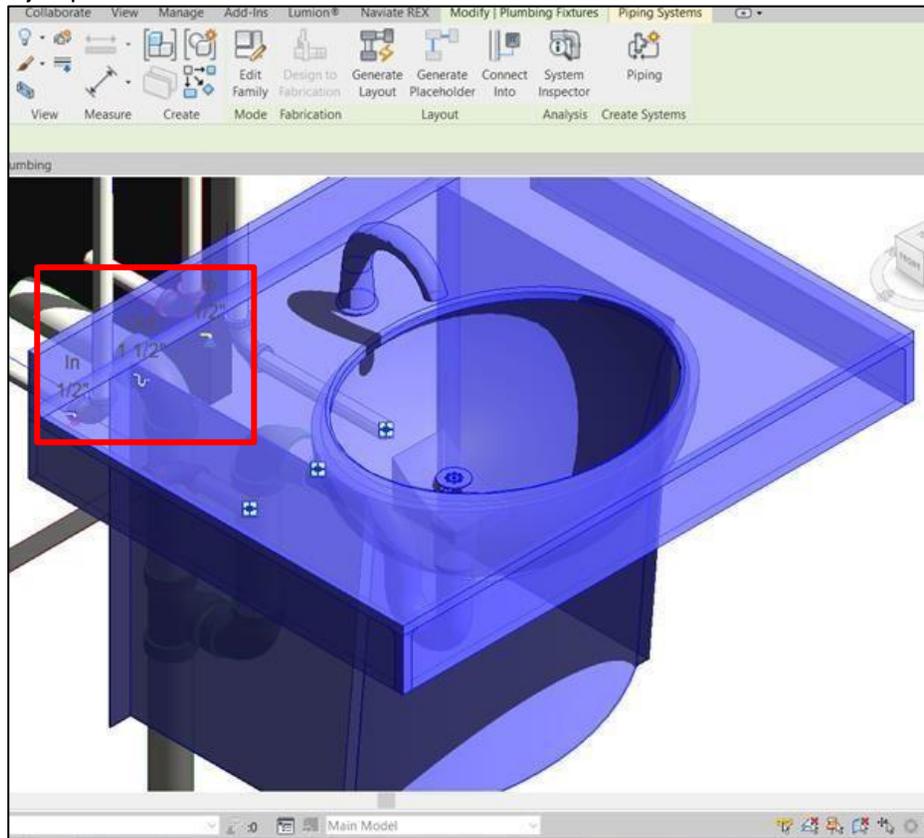
Figura 47. Vista de perfil costado sur de distribución de equipos hidrosanitarios



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Teniendo la distribución en cada uno de los niveles, las familias de equipos hidrosanitarios de Revit nos darán cada uno sus respectivas salidas de agua, para así derivar sus tuberías de los sistemas que corresponden.

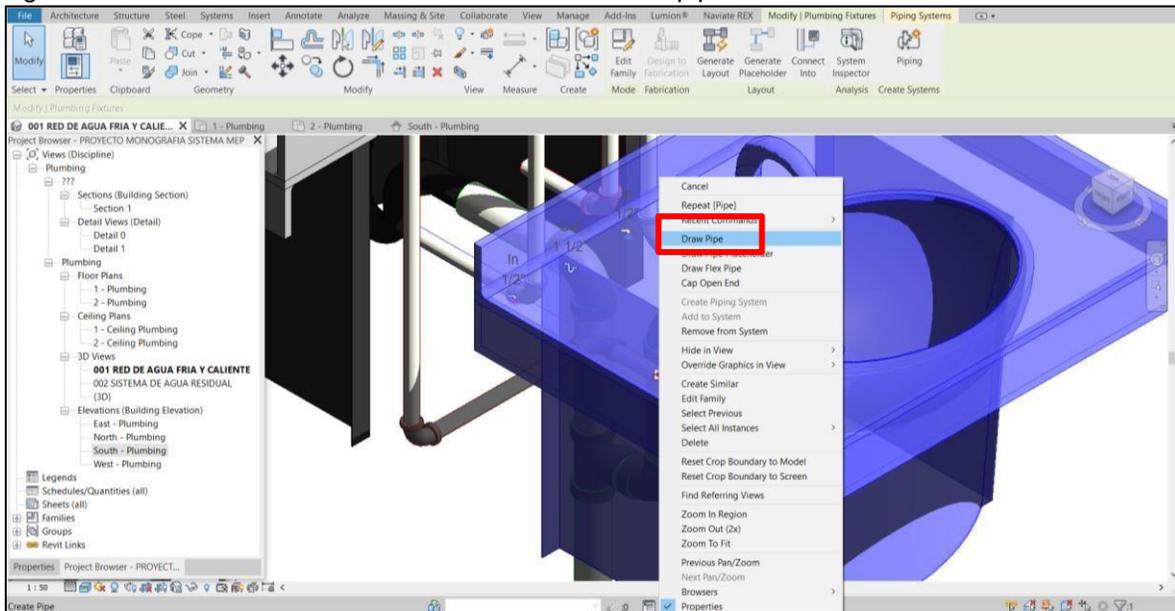
Figura 48. Ejemplo de salidas de tuberías en accesorios hidrosanitarios



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Comenzamos a distribuir las tuberías de los sistemas hidrosanitarios desde cada uno de los equipos de tal manera que sea un sistema bien distribuido, ordenada y con las conexiones correspondientes. Desde las salidas de agua de cada uno de los equipos antes mencionados podremos abrir un panel en donde tendremos la opción "Draw pipe" la cual nos permitirá trazar tuberías para cada sistema.

Figura 49. Trazado de tuberías con la herramienta “Draw pipe”

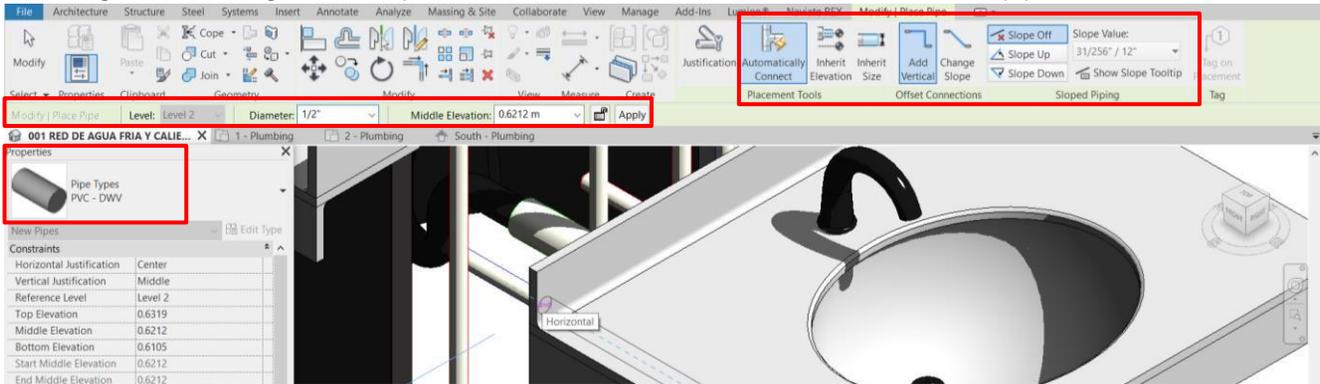


Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, ya podremos trazar tuberías y tendremos nuevas opciones con parámetros que podremos configurar, tales como:

1. Diámetro de tuberías
2. Elevación media
3. Cambios y definición de pendiente
4. Pendiente hacia arriba o abajo
5. Selección de material para tubería desde las familias de Revit

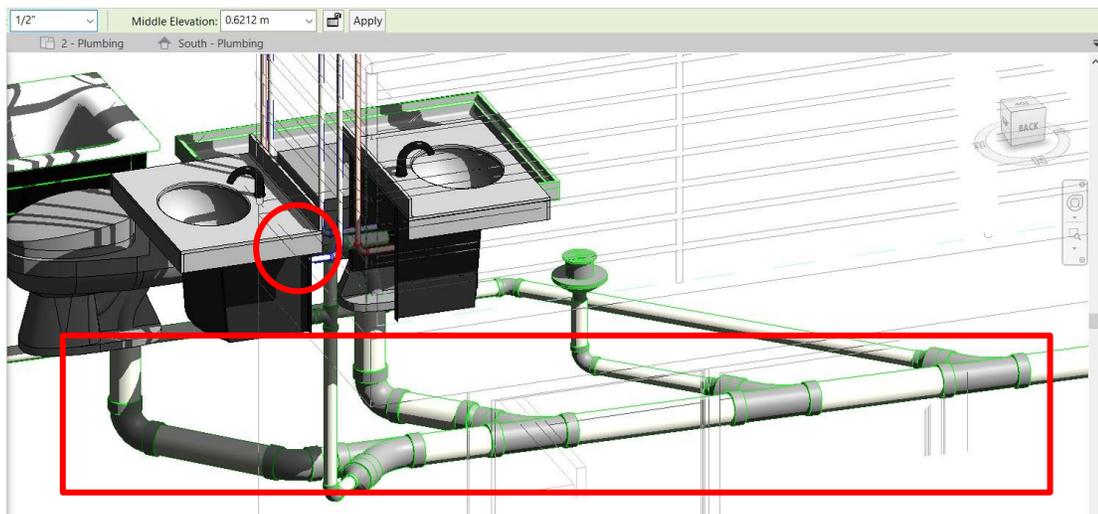
Figura 50. Configuraciones para trazado de tuberías con la herramienta “Draw pipe”



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

De la misma manera iremos haciendo el trazado y las conexiones de las tuberías de los diferentes sistemas en cada uno de los equipos hidrosanitarios. Al momento de hacer una unión entre dos tuberías Revit automáticamente los coloca el accesorio correspondiente (codos, yee, tee, trampas de céspol, reductores de diámetros).

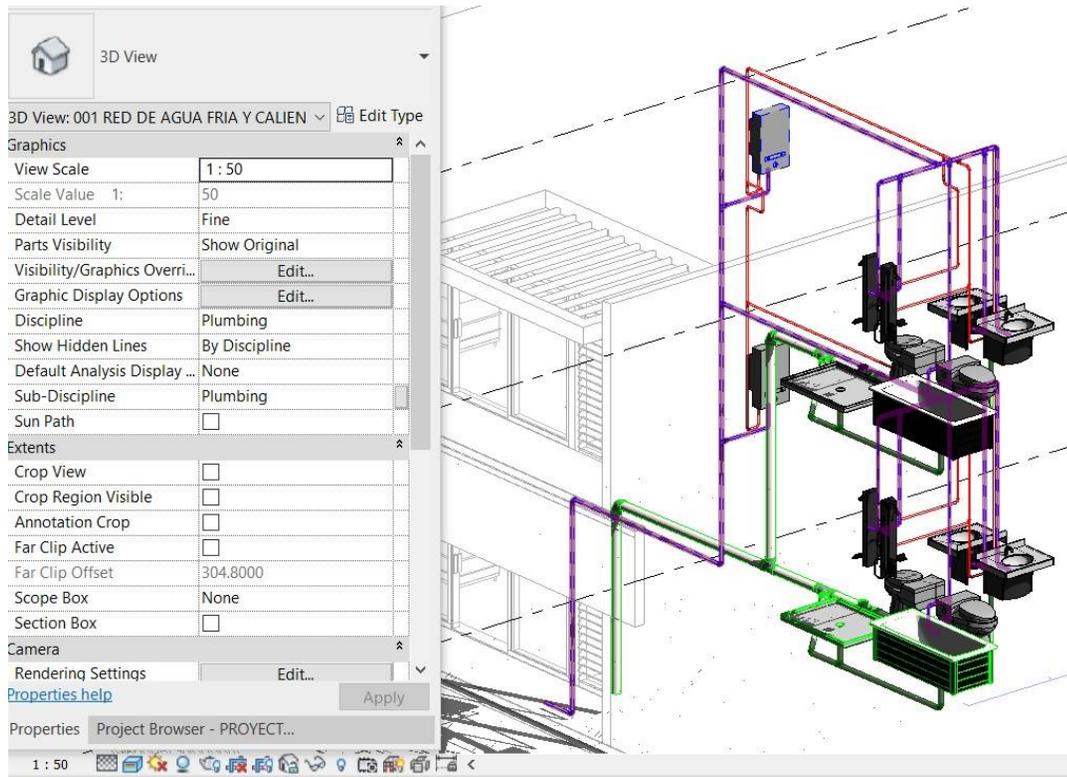
Figura 51. Accesorios hidrosanitarios para conexiones de tuberías



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

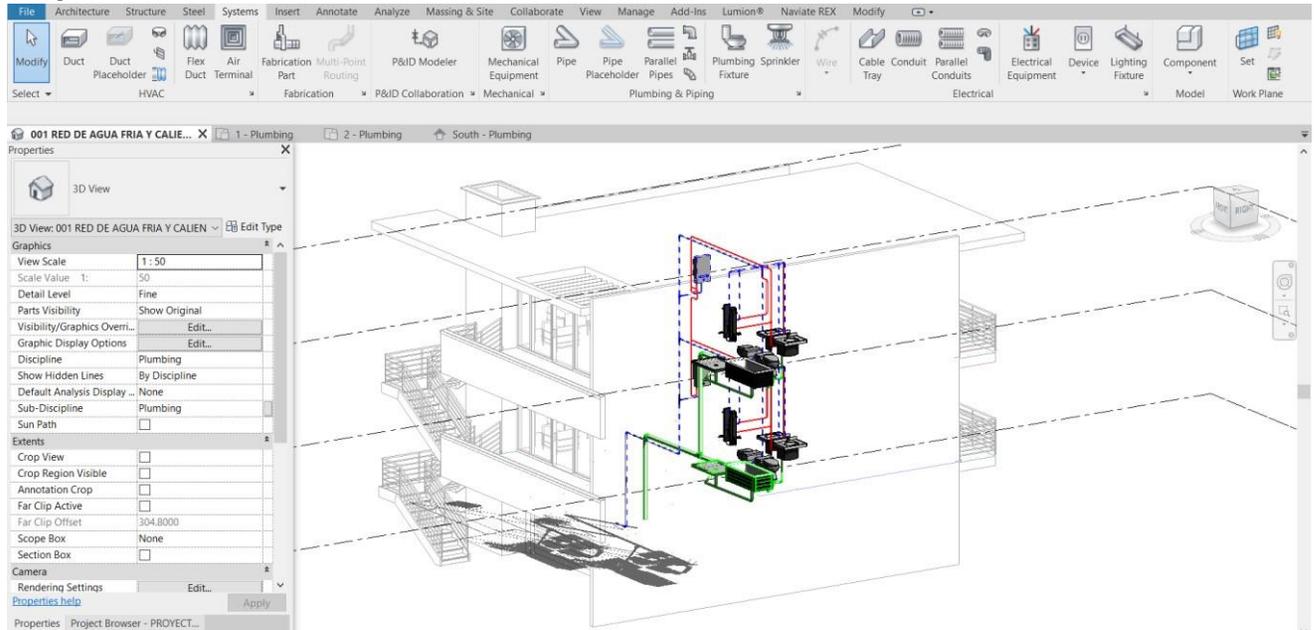
Una vez que tengamos trazados nuestros sistemas hidrosanitarios, Revit nos da la opción de ver que nuestro sistema esté conectado, colocando el cursor en cualquier parte de uno de nuestros modelos y con la tecla “TAB” automáticamente se sombrea todo el sistema con un color magenta, al ocurrir esto nos damos cuenta que está completamente conectado.

Figura 52. Ejemplo conexión completa en sistema MEP de agua potable



Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

Figura 53. Vista 3D de modelo MEP sistemas hidrosanitarios terminado



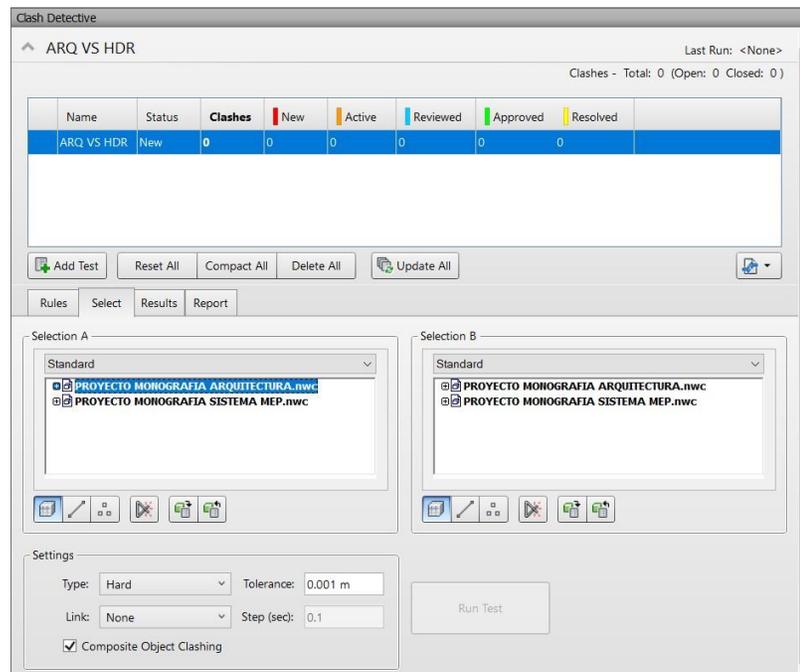
Fuente: Captura de pantalla Revit 2020. Elaboración propia

4.2 Interferencias entre especialidades mediante el uso de software Navisworks Manage 2020

Para lograr la etapa de interferencia de conflictos, nos apoyamos del programa Navisworks Manage 2020, el cual trabajamos con la información de los modelos generados en Revit. Este análisis de interferencia nos ayuda a prevenir errores antes de la ejecución de la obra.

Cada uno de los elementos (familias) modelados con sus respectivas dimensiones, este factor es muy importante a la hora de generar un reporte de interferencias ya que, si no se modelan las familias con sus correctas medidas, se pueden generar desviaciones en el correcto cálculo de las colisiones

Figura 54. Interfaz “Clash detective” con archivos exportados de Revit y cargados en Navisworks



Fuente: Captura pantalla Navisworks Manage 2020 - Elaboración propia

Para este proyecto piloto, realizamos un orden de análisis de interferencia entre las disciplinas involucradas, disponiéndolas de la siguiente manera:

1. Arquitectura vs Estructura
2. Arquitectura vs Sistemas hidrosanitarios
3. Arquitectura vs Sistemas HVAC
4. Estructura vs Sistemas hidrosanitarios
5. Estructura vs Sistemas HVAC
6. Sistemas HVAC vs Sistemas hidrosanitarios

Cada una de estas disciplinas las desglosamos en subdisciplinas, con el fin de hacer los análisis correspondientes.

Tabla 2. Desglose de subdisciplinas por especialidad

| DESGLOSE DE SUBDISCIPLINA POR ESPECIALIDAD | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| ARQUITECTURA | ESTRUCTURA | SISTEMA HIDROSANITARIO | SISTEMAS HVAC |
| Muros arquitectónicos | Fundaciones | Sistema de agua fría y caliente | Sistema HVAC de suministro |
| Puertas arquitectónicas | Columnas metálicas estructurales | Sistema de aguas residuales | Sistema HVAC de retorno |
| Ventanas arquitectónicas | Vigas metálicas estructurales | | |
| Cielos arquitectónicos | Entrepisos estructurales | | |
| Barandas arquitectónicas | | | |
| Escaleras arquitectónicas | | | |

Fuente: Elaboración propia

Para los análisis de interferencias que realizamos, Establecimos un rango máximo de tolerancia de 0.001m.

Dentro de los reportes generamos los versus entre sí, para cada una de las subdisciplinas de tal manera que cumplan con el orden de análisis de las disciplinas definidas anteriormente. Esto permitió poder abordar las interferencias de forma categorizada y con órdenes de prioridad para sus resoluciones.

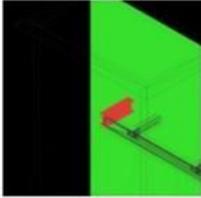
En cada reporte obtuvimos una imagen 3D en formato NWD, la cual muestra la ubicación de la incidencia con colores representativos para ambos elementos en colisión, al igual que el nivel altimétrico en el que se encuentra la interferencia, su ubicación planimétrica a través de la intersección de ejes con su respectivo dato de desplazamiento y la identificación del material.

Como ejemplo guía, en las siguientes figuras (Fig.55, Fig. 56) se muestran algunos de los reportes de colisiones entre subdisciplinas de las especialidades generados por Navisworks Manage 2020.

4.2.1 Reportes de Interferencias

Figura 55. Ejemplo 1 formato de reporte de interferencias entre Vigas Estructural. vs Muros Arquitectónicos

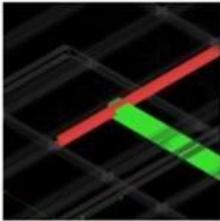
| 003 VIGAS EST VS 001 MUROS ARQ Clash | |
|--------------------------------------|--------|
| Tolerance | 0.001m |
| Total | 296 |
| New | 296 |
| Active | 0 |
| Reviewed | 0 |
| Approved | 0 |
| Resolved | 0 |
| Type | Hard |
| Status | OK |

| | | |
|---|---------------|--------------------------|
|  | Name | Clash1 |
| | Distance | -0.551m |
| | Description | Hard |
| | Status | New |
| | Clash Point | -4.019m, -2.543m, 9.121m |
| | Grid Location | A-2 : Nivel 1 |
| | Date Created | 2021/6/3 06:48 |
| | Item 1 | |
| Item Name | SubPart 1 | |
| Item Type | Shell | |
| Item 2 | | |
| Layer | Nivel 1 | |
| Item Name | Brick, Common | |
| Item Type | Solid | |

Fuente: Software Navisworks Manage 2020. Elaboración propia

Figura 56. Ejemplo 2 formato de reporte de interferencias entre HVAC vs Vigas

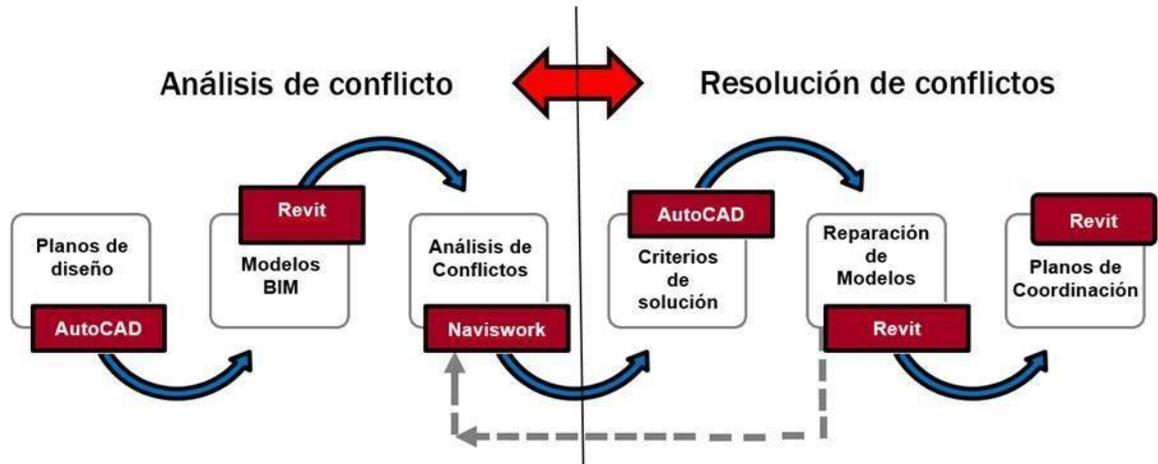
| 001 HVAC SUMINISTRO VS 003 VIGAS Clash | |
|--|--------|
| Tolerance | 0.001m |
| Total | 44 |
| New | 44 |
| Active | 0 |
| Reviewed | 0 |
| Approved | 0 |
| Resolved | 0 |
| Type | Hard |
| Status | OK |

| | | |
|---|------------------|------------------------|
|  | Name | Clash1 |
| | Distance | -0.087m |
| | Description | Hard |
| | Status | New |
| | Clash Point | 0.397m, 3.080m, 5.891m |
| | Grid Location | 1'-A : Level 1 |
| | Date Created | 2021/6/3 16:01 |
| | Item 1 | |
| Item Name | SubPart 1 | |
| Item Type | Shell | |
| Item 2 | | |
| Element ID | 842219 | |
| Layer | Level 1 | |
| Item Name | Rectangular Duct | |
| Item Type | Solid | |

Fuente: Software Navisworks Manage 2020. Elaboración propia

4.2.2 Flujo de trabajo para corrección de Interferencias

Apoyándonos del flujo de trabajo, analizamos las interferencias entre las disciplinas, para su posterior corrección. Así mismo elaboramos las matrices de conflictos de cada una de ellas.



4.2.3 Matrices de Interferencias

Las matrices de conflictos muestran un resumen y detalle de los análisis realizados para las subdisciplinas de las diferentes especialidades. Los datos presentados en cada casilla corresponden al resultado de conflictos detectados durante el análisis.

El color de la casilla representa lo que a criterio son los niveles de prioridad para abordar soluciones de forma conjunta con los diseñadores responsables de cada disciplina. El color rojo representa el principal orden de prioridad, el amarillo representa un segundo orden de prioridad y el color verde el menor orden de prioridad.

4.2.3.1 Arquitectura vs Estructura

Tabla 3. Matriz de interferencias del análisis entre las subdisciplinas de Arquitectura vs Estructura

| ARQUITECTURA Vs ESTRUCTURA | MUROS ARQ | PUERTAS ARQ | VENTANAS ARQ | CIELOS ARQ | BARANDADS ARQ | CALERA ARQ |
|----------------------------------|-----------|-------------|--------------|------------|---------------|------------|
| 001 FUNDACIONES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 002 COLUMNAS | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 003 VIGAS | 296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 004 ENTREPISOS | 43 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUB TOTAL | 360 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL ARQ vs EST | | | | | 362 | |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.2.3.2 Arquitectura vs Sistema hidrosanitario

Tabla 4. Matriz de interferencia del análisis entre las subdisciplinas de Arquitectura vs Sistema hidrosanitario

| ARQUITECTURA vs SISTEMAS HIDROSANITARIOS | Red de agua fría y caliente | Red de aguas residuales |
|--|-----------------------------|-------------------------|
| | 001 Muros Arq | 39 |
| 002 Puertas Arq | 0 | 0 |
| 003 Ventanas Arq | 0 | 0 |
| 004 Cielos Arq | 7 | 57 |
| 005 Barandas Arq | 0 | 0 |
| 006 Escalera Arq | 0 | 0 |
| SUB TOTAL | 46 | 78 |
| TOTAL ARQ vs HS | 124 | |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.2.4 Matriz general de Interferencias

En la siguiente matriz general, presentamos las cantidades totales obtenidas de los análisis de colisiones, obteniendo un total de 698 interferencias entre los diferentes versus de las disciplinas.

Tabla 5. Matriz general del análisis de interferencias entre las diferentes disciplinas

| VERSUS ENTE DISCIPLINAS | INTERFERENCIAS |
|---|-----------------------|
| Arquitectura vs Estructura (ARQ VS EST) | 362 |
| Arquitectura vs Sistemas Hidrosanitarios (ARQ VS HS) | 124 |
| Arquitectura vs Sistemas HVAC (ARQ VS HVAC) | 74 |
| Estructura vs Sistema hidrosanitario (EST VS HS) | 44 |
| Estructura vs sistemas HVAC (EST VS HVAC) | 88 |
| Sistemas HVAC vs sistemas hidrosanitarios (HVAC VS HS) | 6 |
| TOTAL | 698 |

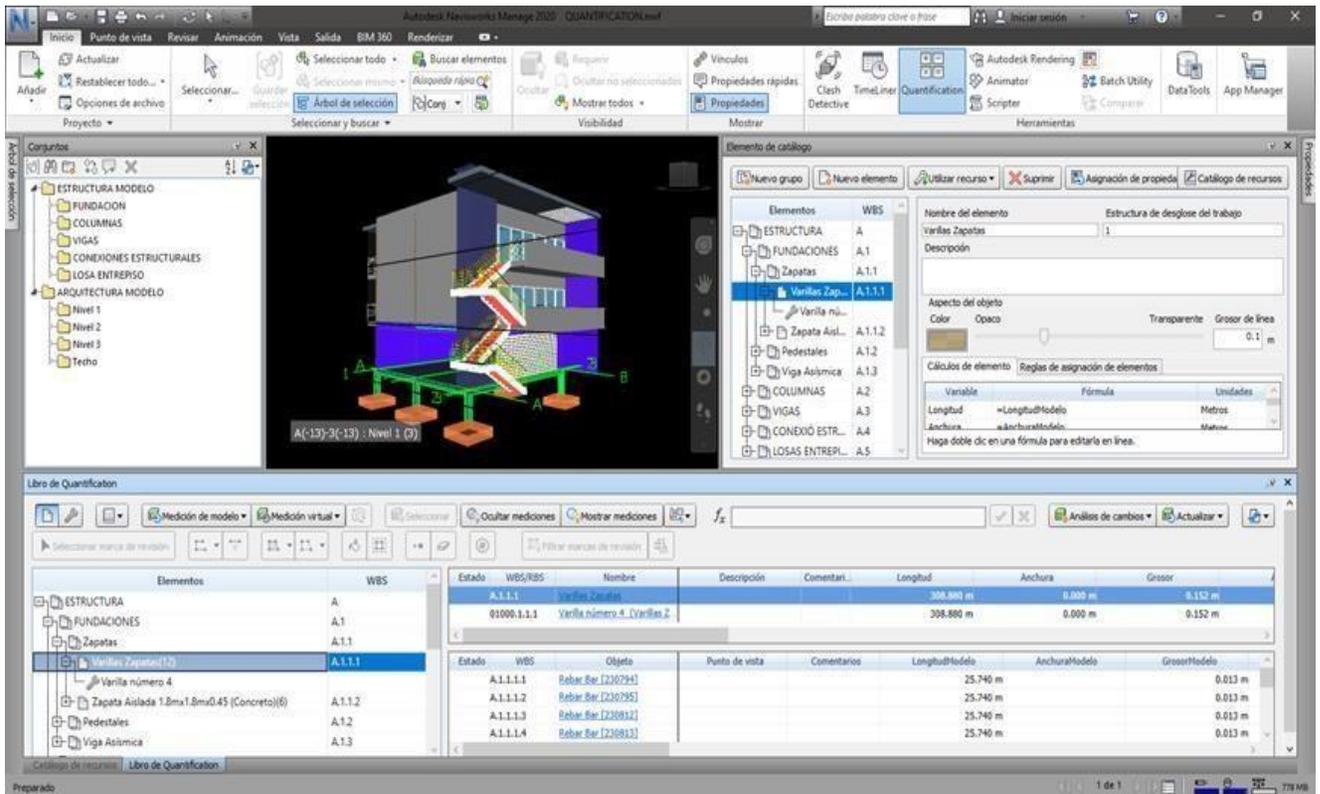
Fuente: Excel. Elaboración propia

En Anexos se pueden ver las diferentes matrices de interferencia con orden de prioridad a solucionar.

4.3 Dimensión BIM 5D Cuantificación (Metrado) determinada de los modelos 3D con Navisworks Manage 2020

A continuación, se presentan los resultados de los procesos de cálculo de las cantidades de elementos y recursos, obtenidos por el software Navisworks Manage 2020 para el proyecto, como ya se mencionó, estos resultados corresponden a los modelos de “Estructura y Arquitectura”.

Figura 57. Interfaz de Cuantificación en Navisworks



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

4.3.1 Determinación de cantidad de obra

El edificio de “Apartamentos residenciales” constará con tres plantas de uso variado, para satisfacer las necesidades del cliente. El proyecto será construido en un área neta de 295.53 m², en la cual se dispondrá: un piso para parqueo vehicular, y dos pisos para residencia habitacional.

A continuación, se presentan las áreas y codificación de cada edificio:

Tabla 6. Codificación de edificios según su uso

| FASE | PLANTA | USO | ÁREA CONSTRUCCIÓN (m2) |
|------------|--------|--|------------------------|
| DISEÑO BIM | 01 | Área de parqueo Capacidad dos vehículos | 81.40 |
| | 02 | Piso. Residencia habitacional Capacidad cuatro personas | 107.06 |
| | 03 | Piso. Residencia habitacional Capacidad cuatro personas | 107.07 |

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de las cantidades de elementos y recursos requeridos para la obra, previamente se crearon modelos 3D con información en Revit Manage 2020, para la posterior elaboración de la Cuantificación con el software Navisworks Manage 2020, en este caso se realizó en los modelos de Estructura y Arquitectura.

A continuación, tenemos las tablas resumen de la cuantificación. En los archivos digital encontraremos el “INFORME TOTAL DE LA CUANTIFICACION DE LOS MODELOS DE ESTRUCTURA Y ARQUITECTURA” generado por Navisworks Manage 2020.

4.3.1.1 Estructura

4.3.1.1.1 Fundaciones. Acero de refuerzo

Tabla 7. Informe de cuantificación barras zapatas, generado por Navisworks Manage 2020

| BARRAS ZAPATA AISLADA | | | | | |
|------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud total Barra (m) | Unidad Elemento | Cantidad Zapata |
| Acero Parrilla | #4 | 0.013 | 25.74 | 1 | 1 |
| | | | | | |
| Total General: | | | 308.88 | 12 | 6 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 8. Tabla. Informe de cuantificación barras pedestales, generado por Navisworks Manage 2020

| BARRAS PEDESTALES | | | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud Total Barra (m) | Cantidad Elementos | Cantidad Pedestal |
| Acero Pedestal | #3 | 0.013 | 3.050 | 1 | 1 |
| | | | | | |
| Total General: | | | 98.2 | 36 | 6 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 9. Informe de cuantificación estribos pedestales, generado por Navisworks Manage 2020

| ESTRIBOS PEDESTALES | | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud Total Barra (m) | Cantidad Elementos |
| Acero Estribo T1 | #3 | 0.010 | 0.943 | 1 |
| Total General: | | | 5.659 | 6 |
| Acero Estribo T2 | #3 | 0.010 | 0.408 | 1 |
| Total General: | | | 2.450 | 6 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 10. Informe de cuantificación barras viga asísmica, generado por Navisworks Manage 2020

| BARRAS VIGA ASÍSMICA | | | | | |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud total Barra (m) | Cantidad Elementos | Cantidad Viga Asísmica |
| Acero Viga Asísmica | #3 | 0.010 | 9.130 | 1 | 1 |
| Total General: | | | 189.640 | 28 | 7 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 11. Informe de cuantificación estribos pedestales, generado por Navisworks Manage 2020

| ESTRIBOS VIGA ASÍSMICA | | | | |
|-------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud total Barra (m) | Cantidad Elementos |
| Acero Estribo T1 | #3 | 0.006 | 0.149 | 1 |
| Total General: | | | 66.752 | 448 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.3.1.1.2 Volumen de Concreto

Tabla 12. Informe de cuantificación volumen concreto zapatas, generado por Navisworks Manage

| CONCRETO ZAPATA AISLADA | | | | |
|--------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Tipo | Dimensiones | Volumen Concreto (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Zapatas |
| Concreto Zapata | 1.8m x 1.8m x 0.45m | 1.458 | 1 | 1 |
| Total General: | | 8.748 | 6 | 6 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 13. Informe de cuantificación volumen concreto pedestales, generado por Navisworks Manage 2020

| CONCRETO PEDESTALES | | | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Tipo | Dimensiones | Volumen Concreto (m3) | Cantidad elementos | Cantidad Pedestal |
| Concreto Pedestal | 0.30m x 0.30m x 1.80m | 0.162 | 1 | 1 |
| Total General: | | 0.972 | 6 | 6 |

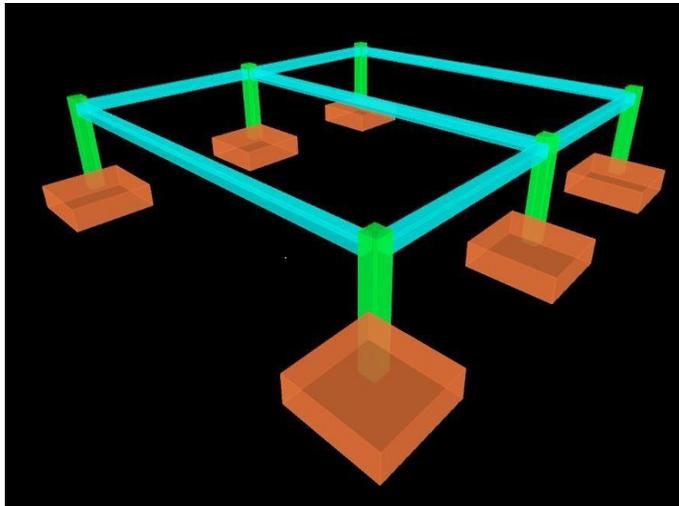
Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 14. Informe de cuantificación volumen concreto viga asísmica, generado por Navisworks Manage 2020

| CONCRETO VIGA ASÍSMICA | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Tipo | Dimensiones | Longitud Total (m) | Volumen Concreto (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Viga Asísmica |
| Concreto Viga Asísmica | 0.20m x 0.20m | 8.930 | 0.345 | 1 | 3 |
| Concreto Viga Asísmica | 0.20m x 0.20m | 4.730 | 0.177 | 1 | 4 |
| Total General: | | | | | |
| | | 45.710 | 1.744 | 7 | 7 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Figura 58. Estructura de fundaciones y viga asísmica



Fuente: Navisworks 2020. Elaboración propia

Figura 59. Estructura Zapata, Pedestal y Viga Asísmica



Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.3 Columnas y Vigas Metálicas

Tabla 15. Informe de cuantificación columnas metálicas, generado por Navisworks Manage 2020

| COLUMNAS METÁLICAS | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Tipo | Longitud Total | Perfil columna | Volumen Total (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Columnas |
| CM1 | 3.152 | W 6X9 | 0.005 | 1 | 6 |
| CM2 | 3.050 | W 6X9 | 0.005 | 1 | 6 |
| CM3 | 2.948 | W 6X9 | 0.005 | 1 | 6 |
| Total General: | | | | | |
| | 54.896 | | 0.093 | 18 | 18 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 16. Informe de cuantificación vigas metálicas (W6x12), generado por Navisworks Manage 2020

| VIGAS METÁLICAS W6x12 | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Tipo | Longitud Total | Perfil Viga | Volumen Total (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Vigas |
| VM1 | 8.930 | W6x12 | 0.020 | 1 | 10 |
| VM2 | 5.040 | W6x12 | 0.011 | 1 | 4 |
| VM3 | 4.730 | W6x12 | 0.011 | 1 | 8 |
| VM4 | 0.310 | W6x12 | 0.001 | 1 | 2 |
| Total General: | | | | | |
| | 147.920 | | 0.333 | 24 | 24 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 17. Informe de cuantificación vigas metálicas W4x13, generado por Navisworks Manage 2020

| VIGAS METÁLICAS W4x13 | | | | | |
|------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Tipo | Longitud | Perfil Viga | Volumen Total (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Vigas |
| VM1 | 5.040 | W4x13 | 0.012 | 1 | 18 |
| VM2 | 4.730 | W4x13 | 0.011 | 1 | 36 |
| VM3 | 0.310 | W4x13 | 0.001 | 1 | 9 |
| Total General: | | | | | |
| | 263.790 | | 0.627 | 63 | 63 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

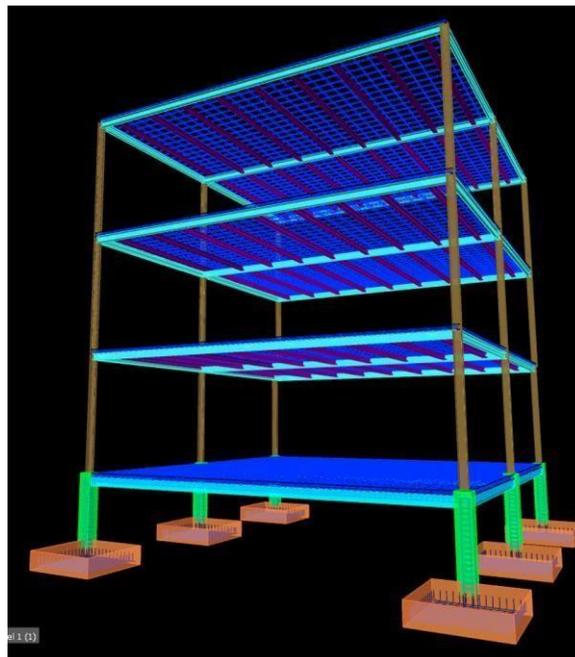
4.3.1.1.4 Uniones Estructurales

Tabla 18. Informe de cuantificación uniones viga a viga, generado por Navisworks Manage 2020

| Unión Viga - Viga (Clip Angle) | | | | |
|--|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Tipo | Longitud | Volumen Total (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Clip Angle |
| Clip Angle L3" x 1/2" x 3 1/2" x 1/4" | 0.086 | 0.0000941 | 1 | 108 |
| Clip Angle L3" x 1/2" x 3 1/2" x 1/4" | 0.088 | 0.0000954 | 1 | 36 |
| Total General: | 12.485 | 0.014 | 144 | 144 |

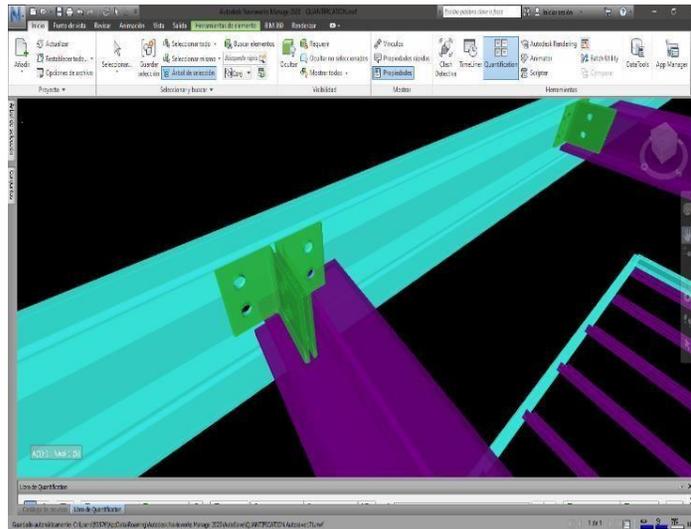
Fuente: Excel. Elaboración propia

Figura 60. Estructura metálica del edificio de 3 plantas "Vivienda Residencial"



Fuente: Navisworks 2020. Elaboración propia

Figura 61. Unión Viga -Viga (Clip Angle) del edificio



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

4.3.1.1.5 Losa de entrepiso

Tabla 19. Informe refuerzo losa de entrepiso y techo, generado por Navisworks Manage 2020

| REFURZO LOSA ENTREPISO Y TECHO | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Tipo | Nº Barra | Diámetro (m) | Longitud Total Barra (m) | Cantidad Elementos | Cantidad Barras | Lamina Troquelada (Metal Deck) |
| Refuerzo Barras Nivel 1 | 3 | 0.010 | 9.620 | 1 | 60 | 2" |
| | | | 9.090 | 1 | 60 | |
| | | | 8.630 | 1 | 8 | |
| | | | 4.430 | 1 | 8 | |
| Total: | | | 1227.08 | 136 | 136 | |
| Refuerzo Barras Nivel 2-3-Techo | 3 | 0.010 | 9.832 | 1 | 186 | - |
| | | | 8.992 | 1 | 204 | |
| Total: | | | 3662.712 | 390 | 390 | |
| Total General | | | 4889.792 | 526 | 526 | |

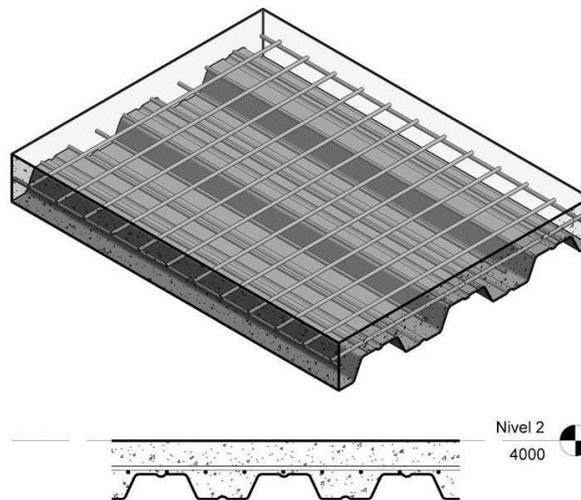
Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 20. Informe Concreto Losa Entrepiso y Techo, generado por Navisworks Manage 2020

| CONCRETO LOSA ENTREPISO | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Losa Entrepiso Concreto 2'' | Área (m2) | Perímetro (m) | Volumen Total (m3) | Cantidad Elementos | Cantidad Losa Entrepiso |
| Nivel 1 | 87.796 | 38.580 | 8.780 | 1 | 1 |
| Nivel 2-3-Techo | 89.156 | 37.806 | 8.916 | 1 | 3 |
| Total General: | 355.264 | 151.998 | 35.528 | 4 | 4 |

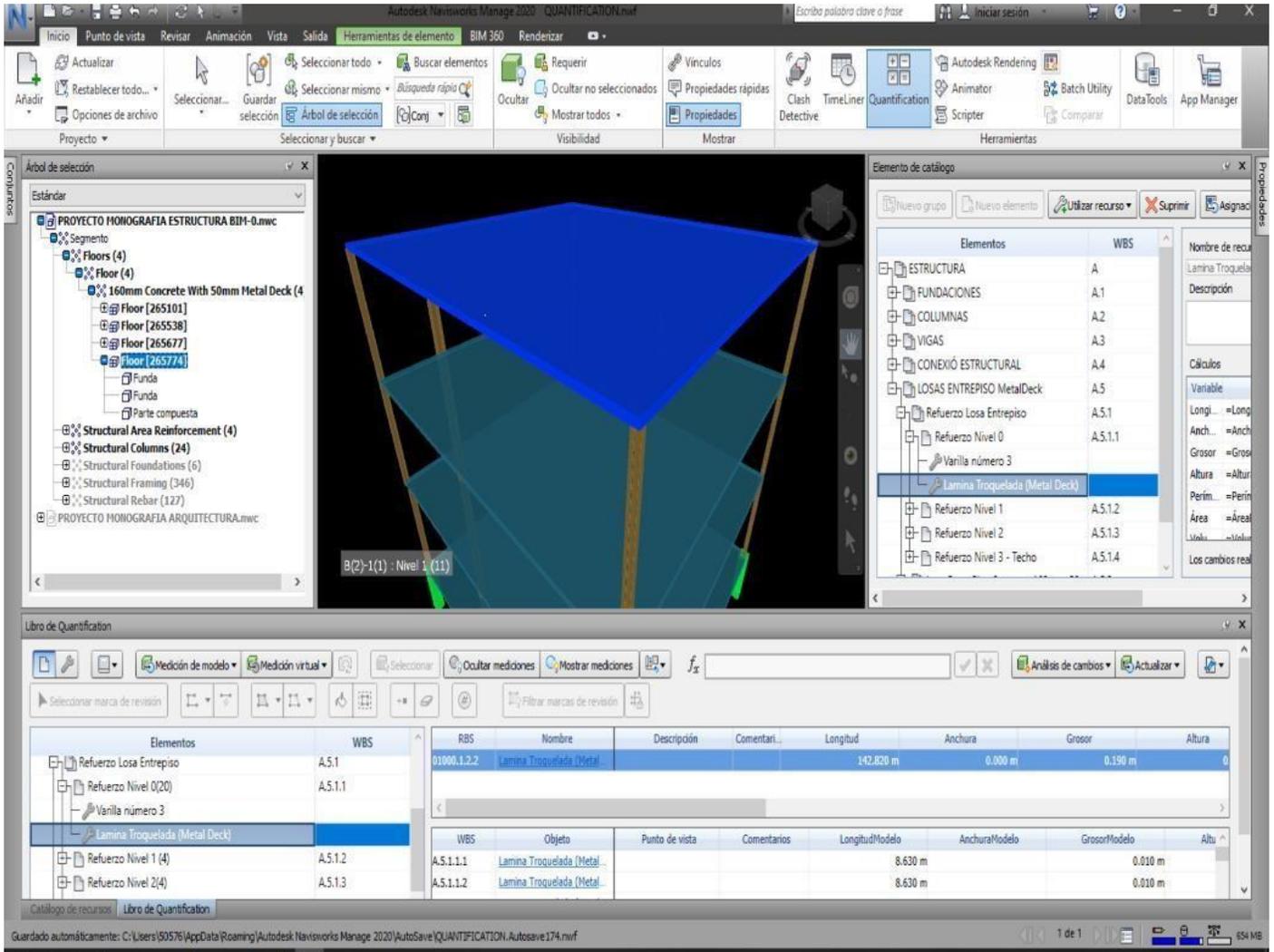
Fuente: Excel. Elaboración propia

Figura 62. Losas entrepiso MetalDeck en cada nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 63. Interfaz de Cuantificación de Losa Entrepiso del edificio.



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

4.3.1.2 Arquitectura

4.3.1.2.1 Escaleras

Tabla 21. Dimensiones de soporte, escalinata y descanso de la escalera ensamblada

| ESCALERA ENSAMBLADA | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| Escalera | Longitud (m) | Alto (m) | Grosor (m) | Cantidad Elemento |
| Soporte T1 | 2.685 | 0.305 | 0.051 | 1 |
| Total: | 5.37 | - | - | 4 |
| | | | | |
| Soporte T2 | 0.911 | 0.305 | 0.051 | 1 |
| Total: | 3.644 | - | - | 4 |
| | | | | |
| Soporte T3 | 2.056 | 0.305 | 0.051 | 1 |
| Total: | 4.112 | - | - | 2 |
| | | | | |
| Soporte T4 | 2.582 | 0.305 | 0.051 | 1 |
| Total: | 15.492 | - | - | 4 |
| | | | | |
| Total | 28.618 | - | - | 14 |
| | | | | |
| Escalinata | Huella | ContraHuella | Escalones | Elementos |
| - | 0.280m | 0.120m | 1 | 1 |
| Total Escalinata: | | | 32 | 4 |
| | | | | |
| Descanso | Longitud (m) | Ancho (m) | Grosor (m) | Cantidad Elemento |
| - | 2.005 | 0.914 | 0.051 | 1 |
| Total Descanso: | 4.01 | 1.828 | - | 2 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 22. Dimensiones de Barandillas de la Escalera Ensamblada

| ESCALERA BARANDILLAS | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| Barandilla | Longitud (m) | Diámetro | Cantidad Barandilla | Cantidad Elemento | Cantidad Tubo Circular | |
| Largueros T1 | 2.615 | 1 ½" | 1 | 1 | 1 | |
| Total: | 78.45 | | 6 | 5 | 30 | |
| | | | | | | |
| Largueros T2 | 2.921 | | 1 | 1 | 1 | |
| Total: | 29.21 | | 2 | 5 | 10 | |
| | | | | | | |
| Largueros T3 | 0.862 | | 1 | 1 | 1 | |
| Total: | 17.24 | | 4 | 5 | 20 | |
| | | | | | | |
| Largueros T4 | 1.958 | | 1 | 1 | 1 | |
| Total: | 19.58 | | 2 | 5 | 10 | |
| | | | | | | |
| Total General Largueros: | 144.48 | | - | 14 | - | 70 |
| | | | | | | |
| Soporte Vertical | 0.878 | 1 ½" | 1 | 1 | 1 | |
| | | | | | | |
| Total Soporte Vertical | 26.34 | | 10 | 3 | 30 | |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 23. Dimensiones de pasamanos de la escalera ensamblada

| ESCALERA PASAMANOS | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Pasamanos | Longitud (m) | Diámetro | Cantidad Pasamano | Cantidad Elemento | Cantidad Tubo Circular |
| Pasamano T1 | 2.632 | 1 ½" | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 5.264 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T2 | 2.650 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 5.3 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T3 | 0.219 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 0.438 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T4 | 0.178 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 0.356 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T5 | 2.664 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 5.328 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T6 | 2.949 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 5.898 | | 2 | - | 1 |
| Pasamano T7 | 0.904 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 1.808 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T8 | 1.984 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 3.968 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T9 | 0.619 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 1.238 | | 2 | - | 2 |
| Pasamano T10 | 0.115 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 0.115 | | 1 | - | 1 |
| Pasamano T11 | 0.979 | | 1 | 1 | 1 |
| Total: | 0.979 | 1 | - | 1 | |
| Total General Pasamanos: | 30.692 | - | 20 | - | 20 |
| | | | | | |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.3.1.2.2 Piso de Cerámica

Tabla 24. Informe Cerámica niveles 2,3 Navisworks Manaje 2020

| Cerámica | |
|-----------------|------------------------|
| Tipo | Área Total (m2) |
| Nivel 2-3 | 178.312 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.3.1.2.3 Paredes externas genéricas 6”

Tabla 25. Informe Paredes Externas Genéricas 6” (nivel1), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES EXTERNAS GENERICAS 6” NIVEL 1 | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| Nivel 1 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 8.930 | 3.048 | 27.683 | 0.152 | 4.219 | 1 |
| Pared 2 | 9.770 | 3.048 | 29.547 | | 4.503 | 1 |
| Pared 3 | 7.730 | 2.997 | 5.988 | | 0.913 | 1 |
| Pared 4 | 9.270 | 3.048 | 27.868 | | 4.247 | 1 |
| Pared 5 | 2.469 | 9.648 | 23.354 | | 3.559 | 1 |
| Total General: | 114.439 | 21.789 | 38.169 | 0.762 | 17.441 | 5 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 26. Informe Paredes Externas Genéricas 6" (nivel 2), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES EXTERNAS GENERICAS 6" | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 2 | | | | | | |
| Nivel 2 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 9.270 | 3.050 | 28.351 | 0.152 | 4.321 | 1 |
| Pared 2 | 8.930 | | 21.043 | | 3.207 | 1 |
| Pared 3 | 9.770 | | 29.799 | | 4.541 | 1 |
| Pared 4 | 7.730 | | 7.689 | | 1.172 | 1 |
| Total General: | 35.700 | | 86.881 | | 13.241 | 4 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 27. Informe Paredes Externas Genéricas 6" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES EXTERNAS GENERICAS 6" | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 3 | | | | | | |
| Nivel 3 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 9.270 | 3.550 | 32.999 | 0.152 | 5.029 | 1 |
| Pared 2 | 8.930 | 3.050 | 20.578 | | 3.136 | 1 |
| Pared 3 | 9.770 | 3.550 | 35.186 | | 5.362 | 1 |
| Pared 4 | 7.730 | 3.050 | 8.199 | | 1.250 | 1 |
| Total General: | 35.700 | | 96.962 | | 14.777 | 4 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 28. Informe Paredes Internas 4 7/8" (nivel 2), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES INTERNAS – 4 7/8" | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 2 | | | | | | |
| Nivel 2 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 3.456 | 3.050 | 10.119 | 0.124 | 1.253 | 1 |
| Pared 2 | 0.436 | | 1.098 | | 0.136 | 1 |
| Pared 3 | 1.458 | | 4.636 | | 0.574 | 1 |
| Pared 4 | 0.230 | | 0.618 | | 0.077 | 1 |
| Pared 5 | 0.648 | | 1.975 | | 0.245 | 1 |
| Pared 6 | 0.778 | | 1.996 | | 0.247 | 1 |
| Pared 7 | 3.226 | | 9.608 | | 1.190 | 1 |
| Pared 8 | 1.168 | | 2.453 | | 0.304 | 1 |
| Pared 9 | 3.276 | | 8.579 | | 1.062 | 1 |
| Pared 10 | 0.844 | | 2.196 | | 0.272 | 1 |
| Pared 11 | 0.844 | | 2.196 | | 0.272 | 1 |
| Pared 12 | 0.270 | | 0.711 | | 0.088 | 1 |
| Pared 13 | 4.308 | | 11.201 | | 1.387 | 1 |
| Pared 14 | 1.772 | | 5.556 | | 0.688 | 1 |
| Pared 15 | 4.308 | | 12.718 | | 1.575 | 1 |
| Pared 16 | 2.664 | | 7.748 | | 0.959 | 1 |
| Pared 17 | 0.874 | | 2.468 | | 0.306 | 1 |
| Pared 18 | 1.148 | | 3.268 | | 0.405 | 1 |
| Pared 19 | 2.664 | | 7.748 | | 0.959 | 1 |
| Total General: | 34.372 | | 96.893 | | 11.998 | 19 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 29. Informe Paredes Internas 6 1/8" (nivel 2), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES INTERNAS - 6 1/8" | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 2 | | | | | | |
| Nivel 2 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 0.710 | 3.050 | 0.651 | 0.156 | 0.101 | 1 |
| Pared 2 | 0.810 | | 0.963 | | 0.150 | 1 |
| Pared 3 | 0.810 | | 0.742 | | 0.115 | 1 |
| Pared 4 | 1.296 | | 1.140 | | 0.177 | 1 |
| Pared 5 | 1.282 | | 1.183 | | 0.184 | 1 |
| Pared 6 | 1.220 | | 1.120 | | 0.174 | 1 |
| Total General: | 6.128 | | 5.799 | | 0.902 | 6 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 30. Informe Paredes Balcón (nivel 2-3), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES BALCONES | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------------|
| NIVEL 2 - 3 | | | | | | |
| Nivel 2 - 3 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Balcón |
| Pared Balcón | 8.400 | 1.238 | 10.401 | 0.500 | 1.585 | 1 |
| Total General: | 16.8 | | 20.802 | | 3.170 | 2 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 31. Informe Paredes Internas 4 7/8" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES INTERNAS – 4 7/8" | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 3 | | | | | | |
| Nivel 3 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 3.456 | 3.050 | 10.119 | 0.124 | 1.253 | 1 |
| Pared 2 | 0.436 | | 1.098 | | 0.136 | 1 |
| Pared 3 | 1.458 | | 4.636 | | 0.574 | 1 |
| Pared 4 | 0.230 | | 0.681 | | 0.084 | 1 |
| Pared 5 | 0.648 | | 1.975 | | 0.245 | 1 |
| Pared 6 | 0.778 | | 1.996 | | 0.247 | 1 |
| Pared 7 | 3.226 | | 9.605 | | 1.189 | 1 |
| Pared 8 | 1.168 | | 2.678 | | 0.332 | 1 |
| Pared 9 | 3.276 | | 8.611 | | 1.066 | 1 |
| Pared 10 | 0.844 | | 2.196 | | 0.272 | 1 |
| Pared 11 | 0.844 | | 2.196 | | 0.272 | 1 |
| Pared 12 | 0.270 | | 0.682 | | 0.084 | 1 |
| Pared 13 | 0.686 | | 1.804 | | 0.223 | 1 |
| Pared 14 | 2.862 | | 8.484 | | 1.050 | 1 |
| Pared 15 | 1.648 | | 5.138 | | 0.636 | 1 |
| Pared 16 | 4.308 | | 12.718 | | 1.575 | 1 |
| Pared 17 | 2.540 | | 7.371 | | 0.913 | 1 |
| Pared 18 | 0.998 | | 2.846 | | 0.352 | 1 |
| Pared 19 | 1.148 | | 3.268 | | 0.405 | 1 |
| Pared 20 | 2.540 | | 7.371 | | 0.913 | 1 |
| Total General: | 33.365 | | 95.471 | | 11.822 | 20 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 32. Informe Paredes Internas 6 1/8" (nivel 3), generado por Navisworks Manage 2020

| PAREDES INTERNAS - 6 1/8" | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| NIVEL 3 | | | | | | |
| Nivel 3 | Longitud Total (m) | Altura (m) | Área (m2) | Ancho (m) | Volumen (m3) | Cantidad Pared |
| Pared 1 | 0.710 | 3.050 | 0.651 | 0.156 | 0.101 | 1 |
| Pared 2 | 0.760 | | 0.696 | | 0.108 | 1 |
| Pared 3 | 0.810 | | 0.814 | | 0.127 | 1 |
| Pared 4 | 0.810 | | 0.742 | | 0.115 | 1 |
| Pared 5 | 1.220 | | 1.120 | | 0.174 | 1 |
| Pared 6 | 1.296 | | 1.140 | | 0.177 | 1 |
| Pared 7 | 1.282 | | 1.120 | | 0.174 | 1 |
| Total General: | 6.888 | | 6.283 | | 0.977 | 7 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 33. Informe Estructura Metálica Rectangular Techo, generado por Navisworks Manage 2020

| ESTRUCTURA METALICA RECTANGULAR TECHO | | | |
|--|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| Tipo | Longitud Total (m) | Volumen (m3) | Cantidad Elemento |
| Estructura Metálica Rectangular | 2.300 | 0.002 | 1 |
| Total General: | 25.300 | 0.019 | 11 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.3.1.2.4 Puertas

Tabla 34. Puertas de los niveles 1,2 y 3

| PUERTAS | | |
|-----------------------|------------------------------|----------------|
| Nivel | Tipo | Puertas |
| 1 | Puerta Garaje Overhead | 1 |
| 2 - 3 | Alameda Sliding 36"x80" | 2 |
| 2 - 3 | Alameda Single Flush 32"x84" | 10 |
| 2 - 3 | Bifold-4 Panel 72"x96" | 4 |
| 2 - 3 | Single-Flush1 18"x80" | 4 |
| 2 - 3 | Single-Flush1 28"x84" | 2 |
| 2 - 3 | Curtain Wall Sgl Glass | 2 |
| Total General: | | 25 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

4.3.1.2.5 Ventanas

Tabla 35. Puertas de los niveles 2 y 3

| VENTANAS | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------------|
| Nivel | Tipo | Ventanas |
| 2 - 3 | Control deslizante 72" x 48" | 4 |
| Total General: | | 4 |

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2.6 Cielo Falso Sistema ACT 2"X2"

Tabla 36. Nivel 1. Cielo Falso, Sistema ACT 2"X2", generado por Navisworks Manage 2020

| CIELO FALSO ACT 2" x 2" | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|
| Nivel 1 | | | | | | |
| Nivel 1 | Tipo | Componente | Área Total (m2) | Perímetro Total (m) | Grosor (m) | Volumen Total (m3) |
| Zona-1 | Sistema ACT 2"x2" | Acoustic Ceiling 24 x 24 | 78.161 | 36.170 | 0.057 | 4.467 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 37. Nivel 2. Cielo Falso, Sistema ACT 2"X2", generado por Navisworks Manage 2020

| CIELO FALSO ACT 2" x 2" | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|
| Nivel 2 | | | | | | |
| Nivel 2 | Tipo | Componente | Área (m2) | Perímetro (m) | Grosor (m) | Volumen Total (m3) |
| Zona-1 | Sistema ACT 2"x2" | Acoustic Ceiling 24 x 24 | 12.687 | 15.275 | 0.057 | 0.725 |
| Zona-2 | | | 33.458 | 40.653 | | 1.912 |
| Zona-3 | | | 13.427 | 16.507 | | 0.767 |
| Zona-4 | | | 5.485 | 9.410 | | 0.313 |
| Zona-5 | | | 4.218 | 8.443 | | 0.241 |
| Zona-6 | | | 1.708 | 6.649 | | 0.098 |
| Zona-7 | | | 1.451 | 5.556 | | 0.083 |
| Total General: | | | 72.434 | 102.492 | | 4.140 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

Tabla 38. Nivel 3. Cielo Falso, Sistema ACT 2"x2", generado por Navisworks Manage 2020

| CIELO FALSO ACT 2" x 2" | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|
| Nivel 3 | | | | | | |
| Nivel 3 | Tipo | Componente | Área (m2) | Perímetro (m) | Grosor (m) | Volumen Total (m3) |
| Zona-1 | Sistema ACT 2"x2" | Acoustic Ceiling 24 x 24 | 14.173 | 15.275 | 0.057 | 0.810 |
| Zona-2 | | | 36.947 | 40.901 | | 2.112 |
| Zona-3 | | | 14.170 | 16.507 | | 0.810 |
| Zona-4 | | | 5.217 | 9.162 | | 0.298 |
| Zona-5 | | | 4.012 | 8.195 | | 0.229 |
| Zona-6 | | | 1.451 | 5.556 | | 0.083 |
| Zona-7 | | | 1.708 | 6.649 | | 0.098 |
| Total General: | | | 77.679 | 102.244 | | 4.439 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

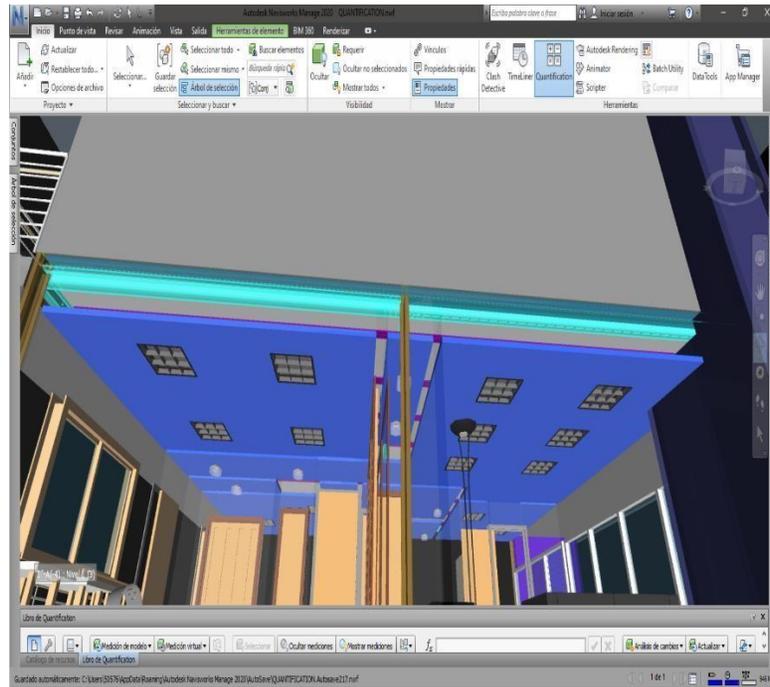
4.3.1.2.7 Iluminación de Techos

Tabla 39. Nivel 1-2-3. Lámparas Cuadradas Parabólicas (Techo)

| LÁMPARAS CUADRADAS PARABÓLICAS Y PLANAS REDONDAS NIVEL 1-2-3 | | | |
|---|--|------------------|-------------------------|
| Nivel | Tipo | Área (m2) | Cantidad Lámpara |
| 1-2-3 | Lampara Techo Cuadrada Parabólica 2 bombillos de 120-V | 1.282 | 1 |
| Total: | | 35.89 | 37 |
| 2-3 | Lampara Techo Planas Redondas (60W-120V) | 0.178 | 1 |
| Total: | | 3.562 | 20 |
| Total General: | | 39.452 | 57 |

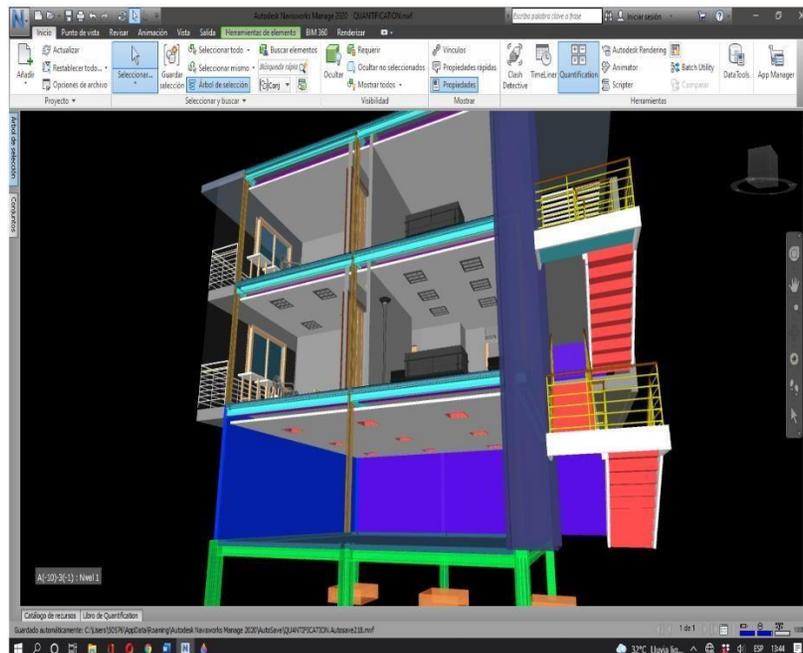
Fuente: Excel. Elaboración propia

Figura 64. Cielo falso en 2 nivel del edificio vivienda residencial



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

Figura 65. Paredes y cielo falso en edificio vivienda residencial



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

4.4 Dimensión BIM 4D utilizando el software Navisworks Manage 2020

La dimensión BIM 4D es el proceso en el que se utiliza el modelo 3D exportado de cualquier programa BIM, en este caso exportado de Revit, utilizando la dimensión 4D se puede programar además de mostrar la secuencia constructiva del proyecto.

Navisworks permite realizar una representación y generación de animaciones o imágenes y elementos en 3D, la navegación interactiva dentro del proyecto y la representación digital que hemos realizado y la vinculación de campos de información para completar el trabajo.

4.4.1 Programación (BIM 4D) con software Microsoft Project y Navisworks 2020

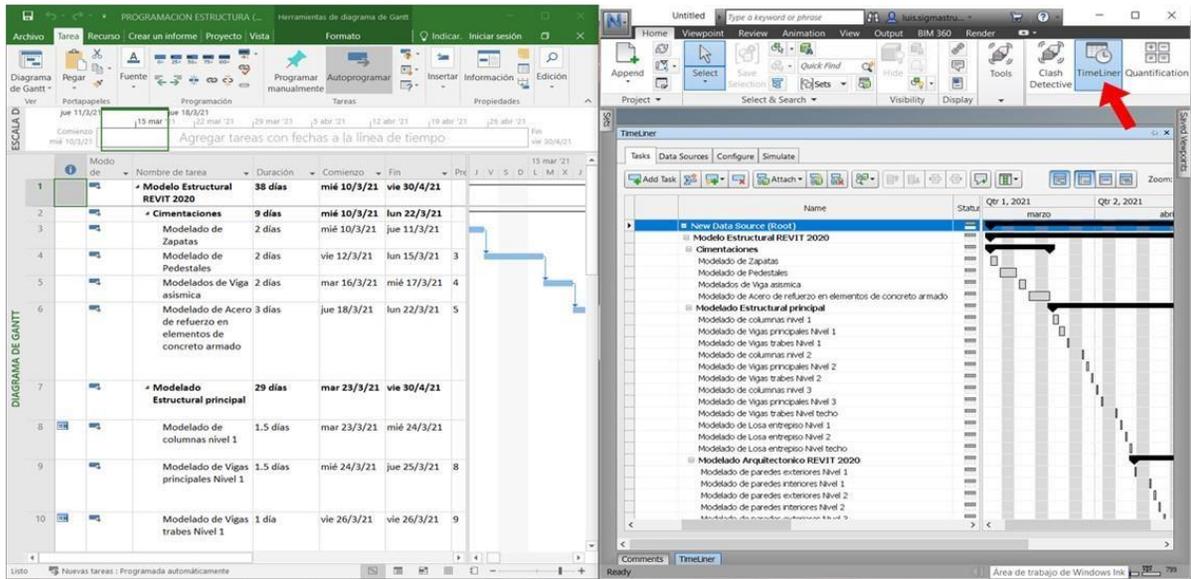
Para iniciar nos apoyamos del software Microsoft Project, para realizar una planificación con mayor detalle. Navisworks permite vincular archivos de MS Project, el cual usamos para una asignación de tiempos y recursos.

Seguidamente se asociaron las columnas del MS Project, así como son el inicio y final de cada actividad, se determinó la información para vincular en Navisworks.

Se generó un cronograma, con el objetivo de que el archivo de MS Project se sincronizara con la línea de tiempo del modelo (Time Liner) en Navisworks y así obtener una programación Y simulación virtual de la construcción del Edificio.

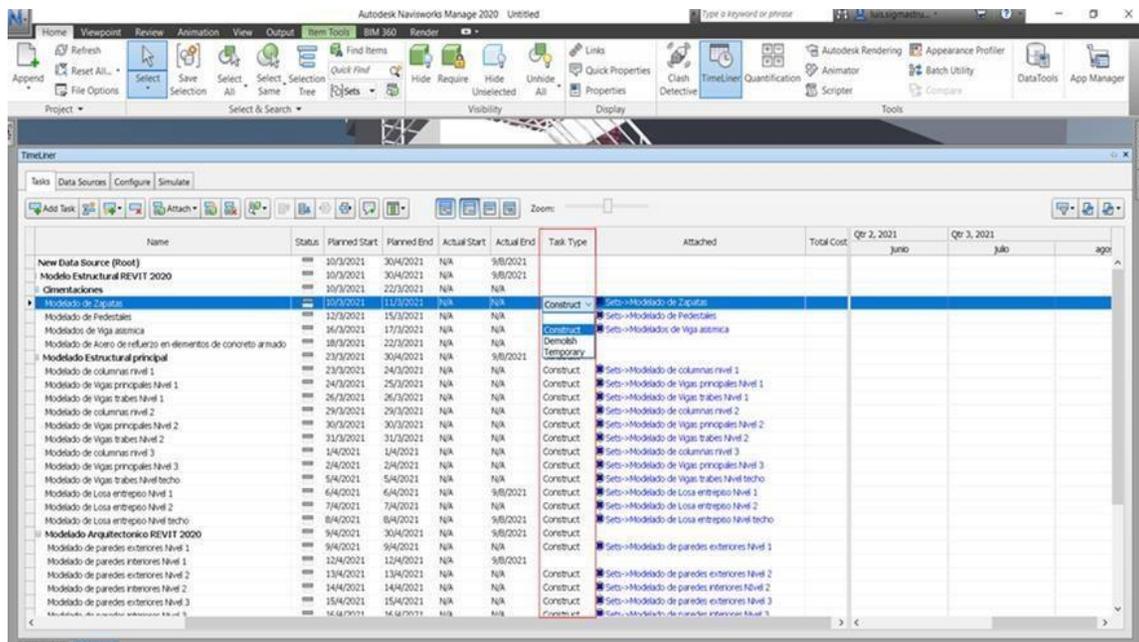
Para finalizar la programación, realizamos de manera automática un mejor enlace de cada elemento, definiendo así la cronología de los pasos formales del proceso a seguir en la construcción y producción de la simulación del proyecto piloto (ver fig.66).

Figura 66. Herramienta Timeline en Navisworks Manage 2020



Fuente: Captura pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

Figura 67. Definición del tipo de tarea a realizar, por cada una de las actividades y sets vinculados



Fuente: Captura pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

A continuación, se muestra la elaboración de las matrices de antecedentes y tiempo para el edificio:

4.4.1.1 Matriz de Antecedentes

Para nuestro proyecto piloto tipo residencia, se determinó la matriz de antecedente de la siguiente manera:

Tabla 40. Matriz de Antecedentes

| MATRIZ ANTECEDENTES | | | |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|
| ITEM | ACTIVIDADES | DURACION | PRECEDENCIA |
| A | Preparación del terreno | 2 | |
| B | Instalaciones provisionales | 2 | A |
| C | Trazado y nivelación del terreno | 2 | A,B |
| D | Cimientos | 6 | C |
| E | Viga asísmica | 3 | D |
| F | Columnas estructurales | 7 | E |
| G | Vigas principales estructurales | 6 | F |
| H | Vigas trabes estructurales | 6 | G |
| I | Losa de entrepiso | 9 | H |
| J | Paredes exteriores | 5 | I |
| K | Paredes interiores | 5 | H,I |
| L | Cubierta de techo | 4 | K |
| M | Escalera | 2 | L |
| N | Instalaciones sanitarias | 4 | M |
| O | Instalaciones eléctricas | 4 | N |
| P | Instalaciones HVAC | 5 | O |
| Q | Piso | 2 | P |
| R | Cielo falso | 2 | P |
| S | Ventanas | 1 | R |
| T | Puertas | 1 | S |

Fuente: Excel. Elaboración propia

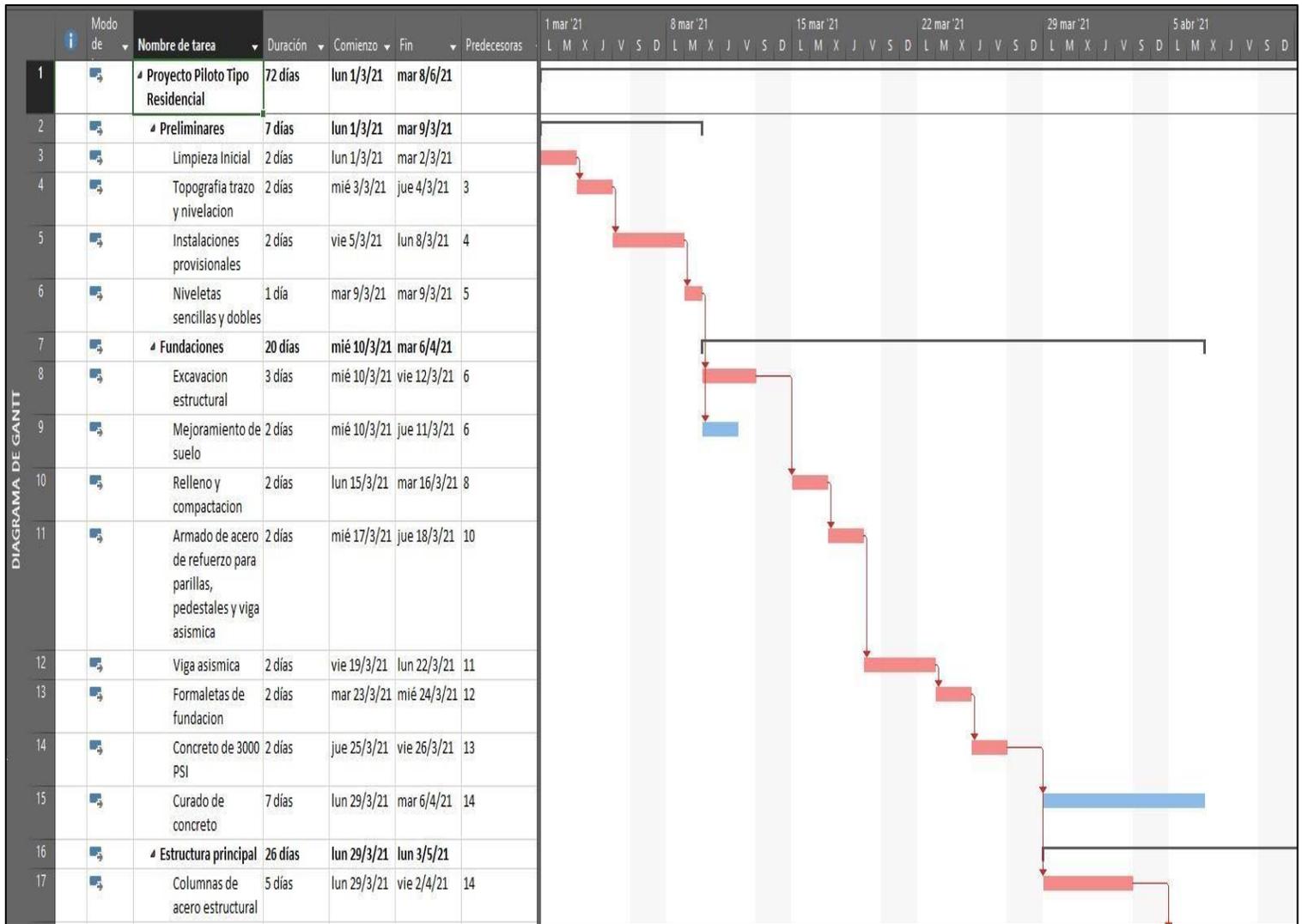
4.4.1.2 Matriz de Tiempos

Tabla 41. Matriz de Tiempo

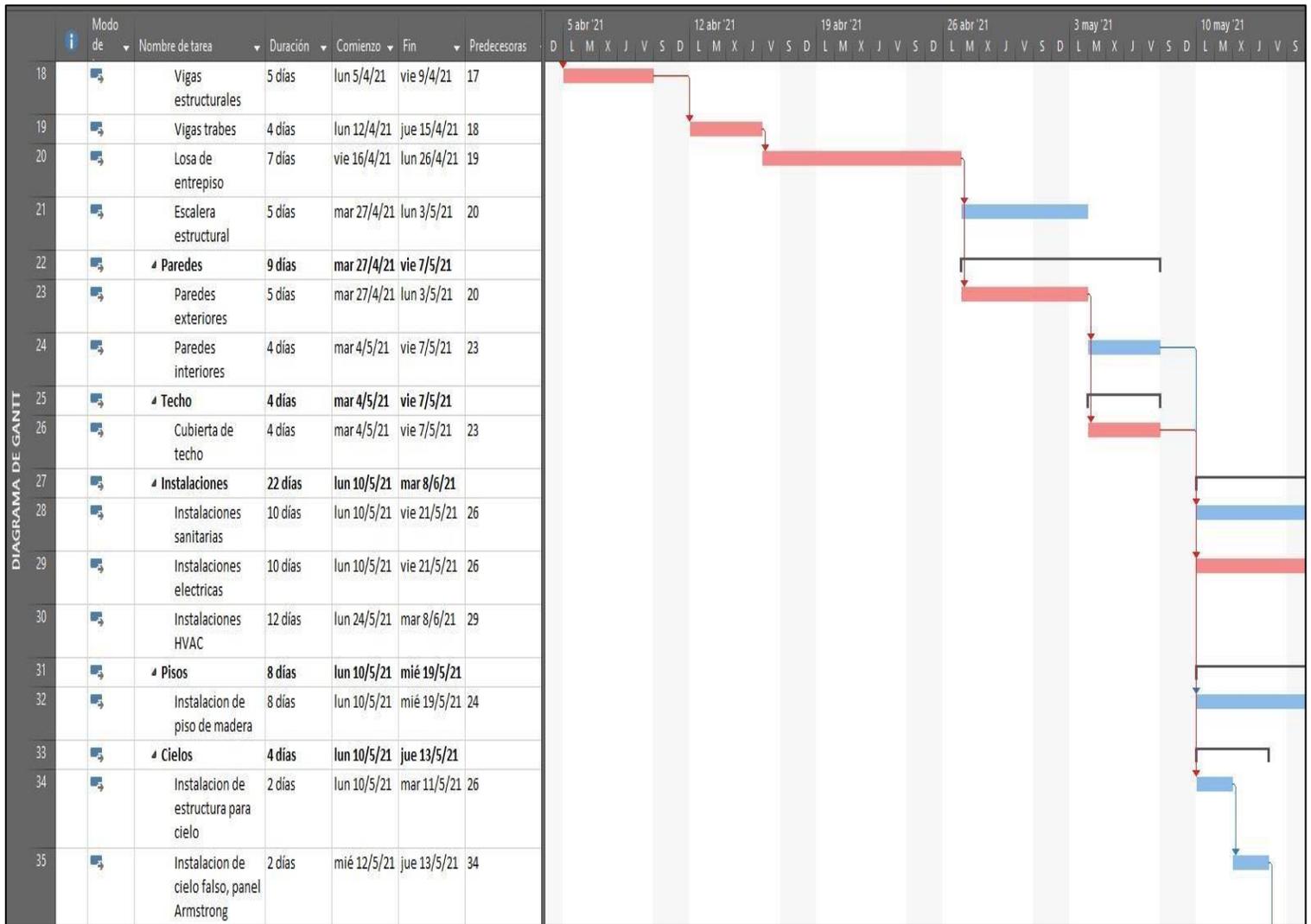
| MATRIZ DE TIEMPOS | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| ITEM | Actividades | Tiempo Optimo | Tiempo Probable más | Tiempo Pésimo | Tiempo Calculado |
| A | Preparación del terreno | 2 | 1 | 3 | 1 |
| B | Instalaciones provisionales | 2 | 1 | 3 | 1 |
| C | Trazado y nivelación del terreno | 2 | 1 | 3 | 1 |
| D | Cimientos | 6 | 5 | 7 | 5 |
| E | Viga asísmica | 3 | 2 | 4 | 2 |
| F | Columnas estructurales | 7 | 6 | 8 | 5 |
| G | Vigas principales estructurales | 6 | 5 | 7 | 5 |
| H | Vigas trabes estructurales | 6 | 5 | 7 | 5 |
| I | Losa de entrepiso | 9 | 8 | 10 | 7 |
| J | Paredes exteriores | 5 | 4 | 6 | 4 |
| K | Paredes interiores | 5 | 4 | 6 | 4 |
| L | Cubierta de techo | 4 | 3 | 5 | 3 |
| M | Escalera | 2 | 1 | 3 | 1 |
| N | Instalaciones sanitarias | 4 | 3 | 5 | 3 |
| O | Instalaciones eléctricas | 4 | 3 | 5 | 3 |
| P | Instalaciones HVAC | 5 | 4 | 6 | 4 |
| Q | Piso | 2 | 1 | 3 | 1 |
| R | Cielo falso | 2 | 1 | 3 | 1 |
| S | Ventanas | 1 | 1 | 2 | 1 |
| T | Puertas | 1 | 1 | 2 | 1 |

Fuente: Excel. Elaboración propia

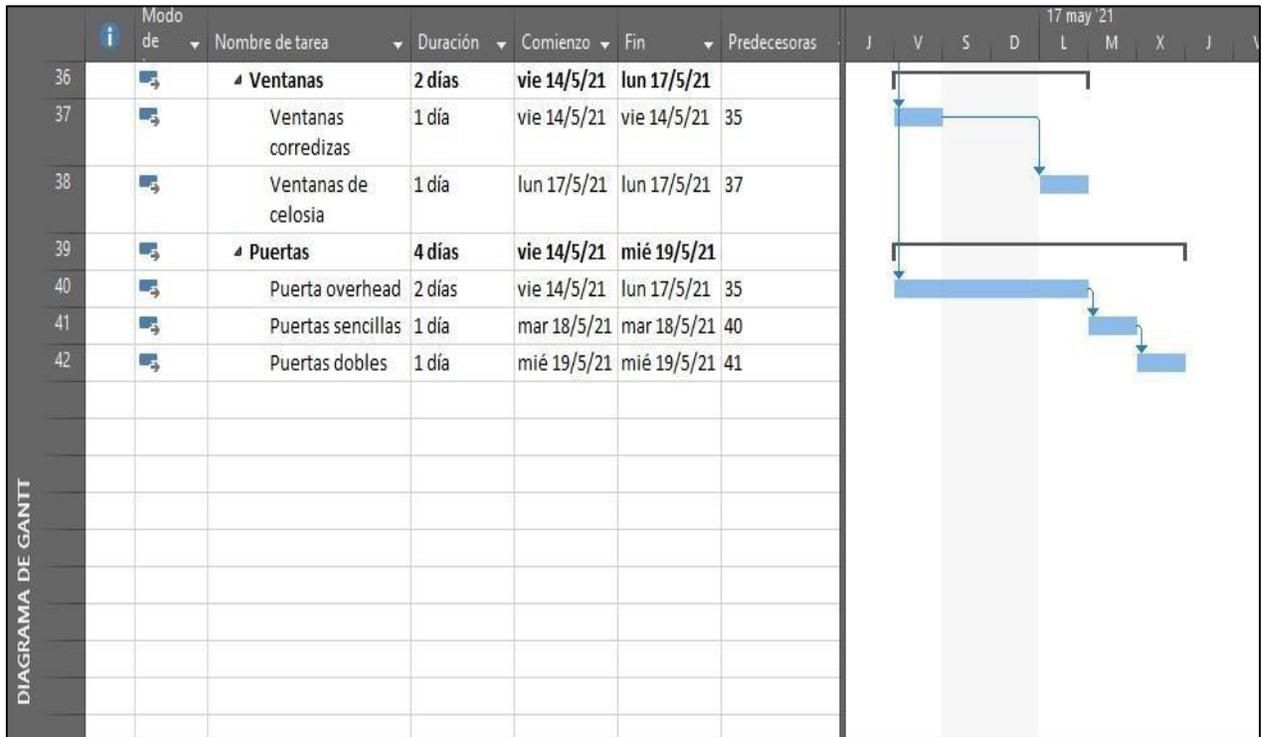
4.4.1.3 Diagrama de Gantt



Fuente: Captura pantalla. Microsoft Project. Elaboración propia



Fuente: Captura pantalla. Microsoft Project. Elaboración propia



Fuente: Captura pantalla. Microsoft Project. Elaboración propia

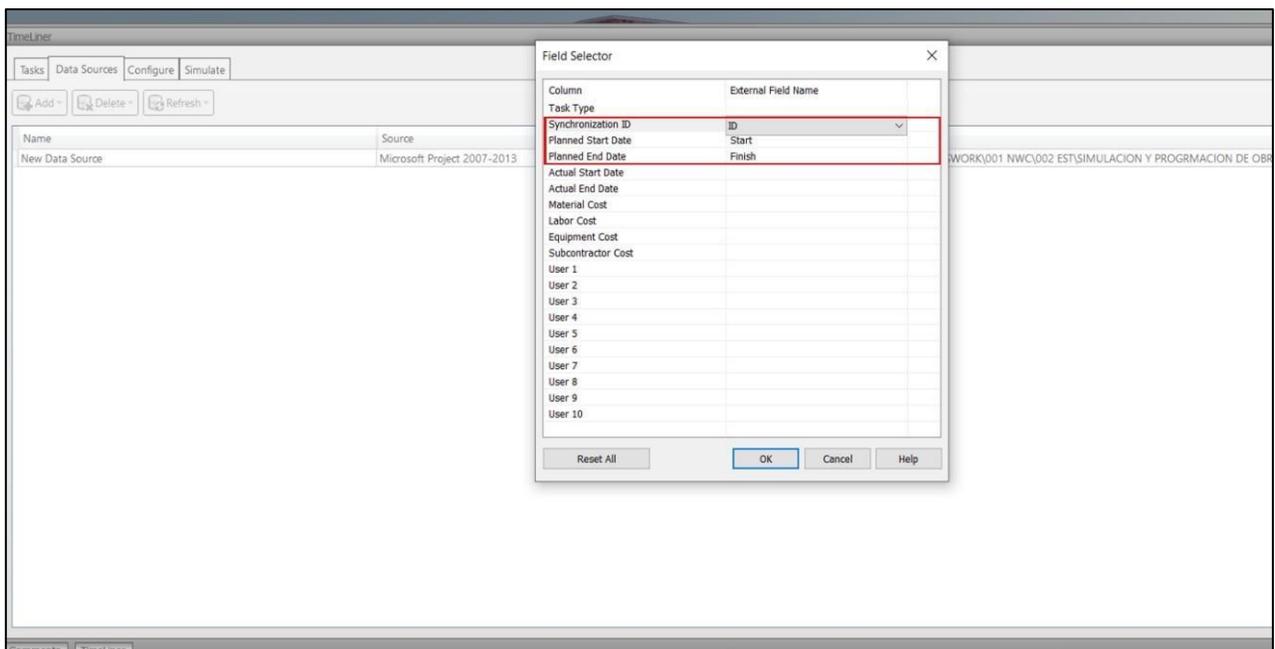
4.4.2 Simulación de modelos en Navisworks Manage 2020

Luego de obtener nuestra adecuada programación, se procede a la simulación dentro del mismo software Navisworks; en este caso se realizó en los modelos estructural y arquitectónico, con su correspondiente orden constructivo.

Seguimos los siguientes pasos para ejecutar la simulación de los modelos:

1. Field Selector: Asociar las columnas de MS Project, inicio y final de cada actividad.

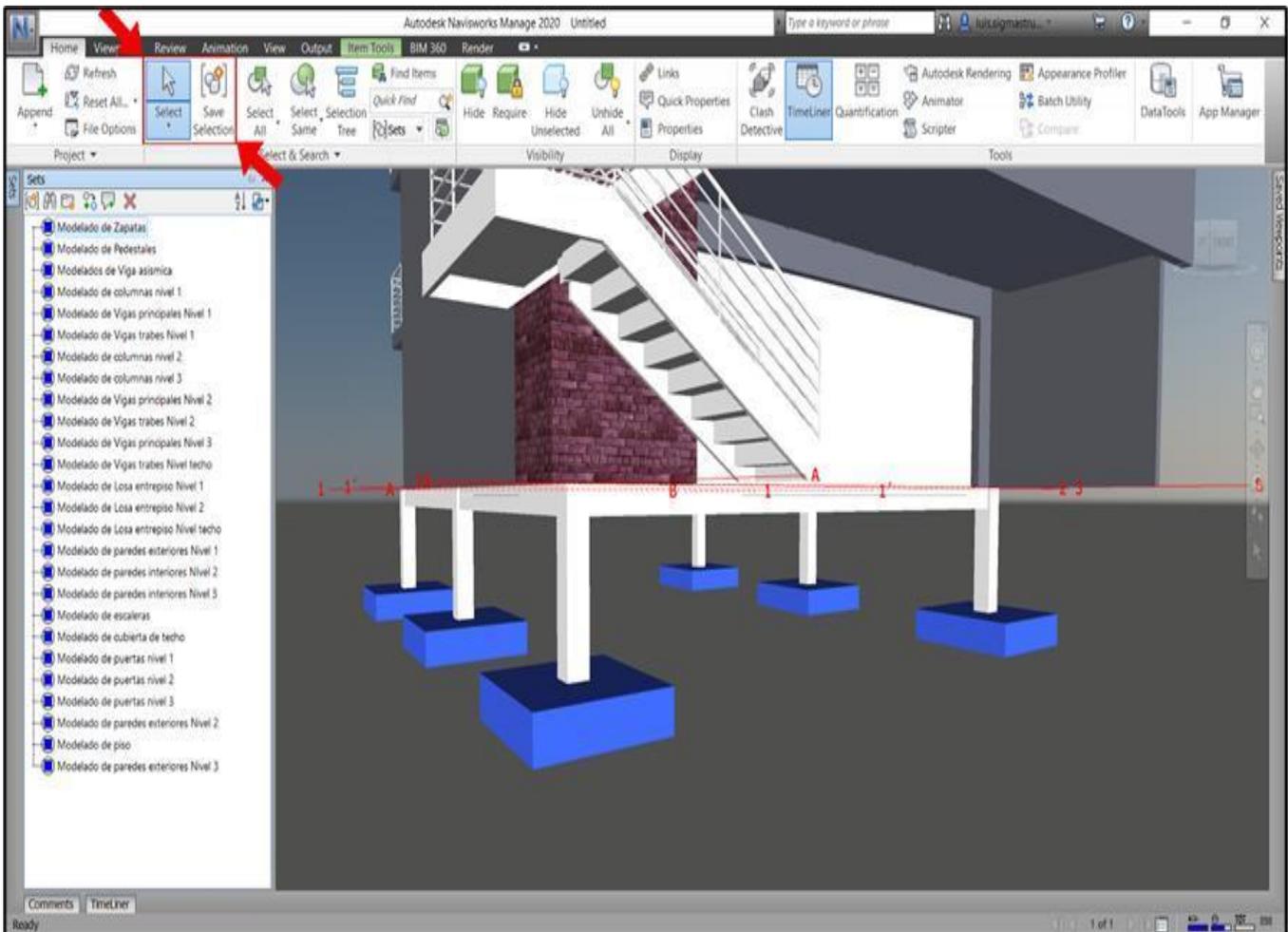
Figura 68. Cuadro de dialogo "Field selector" en Navisworks 2020



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

2. Rebuild Task Hierarchy: Regenerar el cronograma y sincronizar con la línea de tiempo del Modelo (Time Liner).
3. Creación de Sets/ Sets Groups: Enlazar las diferentes tareas a un elemento del modelo y crear grupos correlacionales.

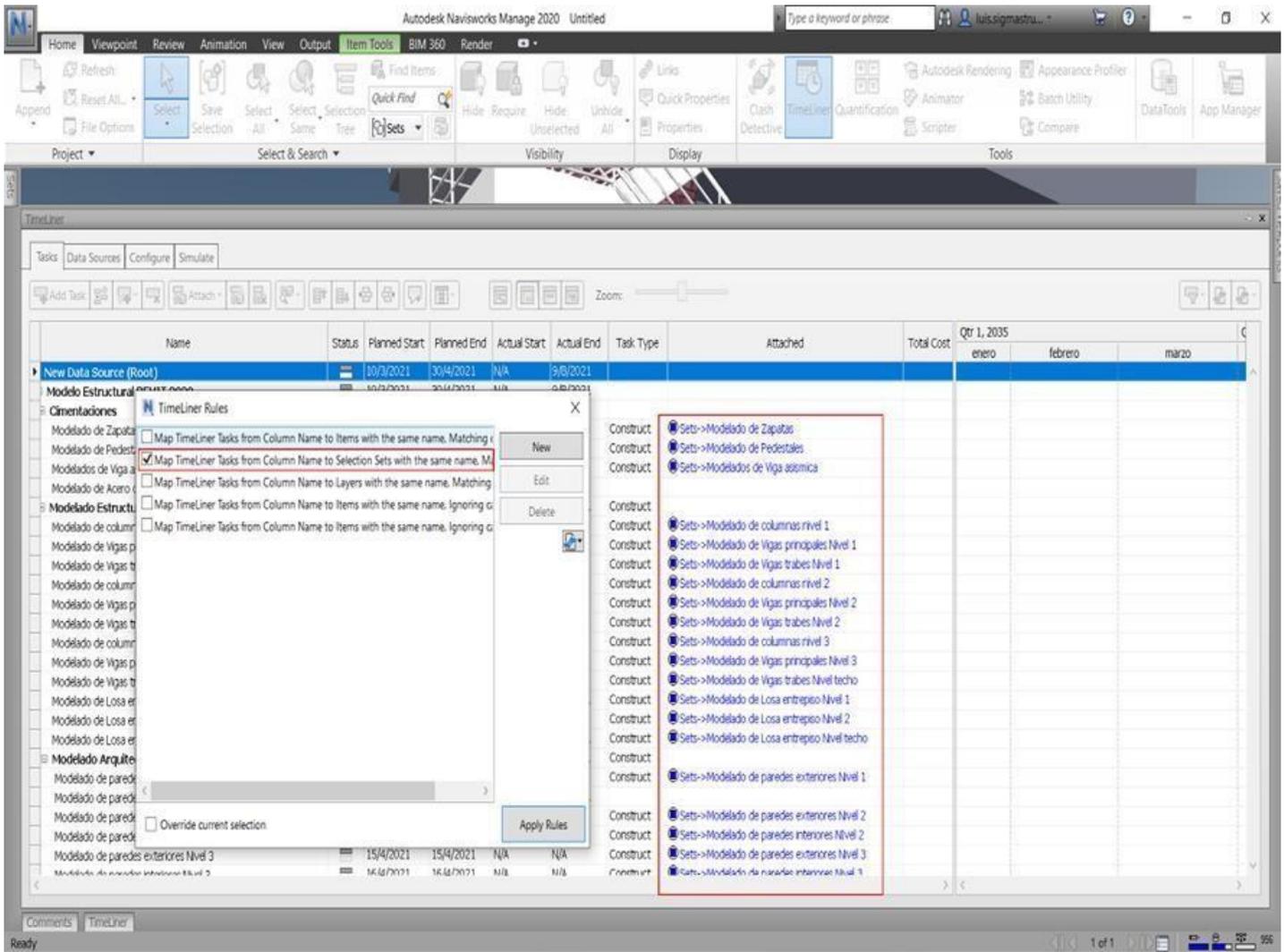
Figura 69. Elaboración de sets y grupos para la simulación en Navisworks Manage 2020



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

4. Vinculación de Sets: Creación y automatización de reglas asociativas de todos los componentes relacionados con las actividades del modelo. Auto Attach Using Rules.

Figura 70. Visualización de vinculación de sets en Navisworks Manage 2020



Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

5. Task Type: Definición metodológica y cronológica de los pasos del proceso a seguir en la construcción y producción de la simulación, a través de la opción "Construct".

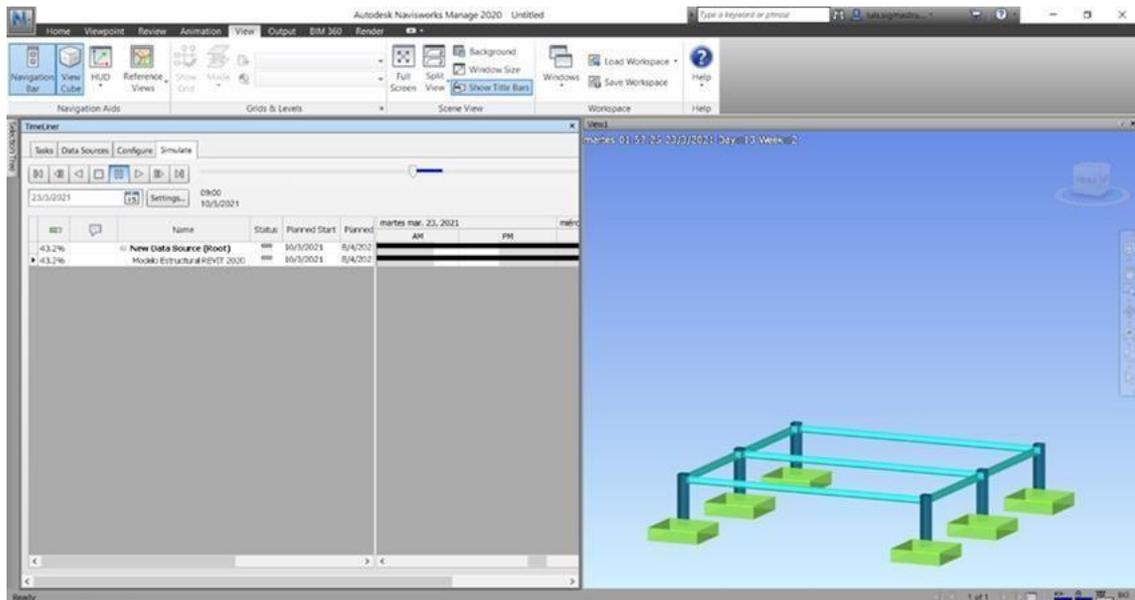
Figura 71. Definición del tipo de tarea a realizar por cada una de las actividades y sets vinculados.

| Name | Status | Planned Start | Planned End | Actual Start | Actual End | Task Type | Attached | Total Cost | Qtr 2, 2021 | Qtr 3, 2021 |
|---|--------|---------------|-------------|--------------|------------|-----------|--|------------|-------------|-------------|
| New Data Source (Root) | | 10/3/2021 | 30/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | | | | | |
| Modelo Estructural REVIT 2020 | | 10/3/2021 | 30/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | | | | | |
| Cimentaciones | | 10/3/2021 | 22/3/2021 | N/A | N/A | | | | | |
| Modelado de Zapatas | | 10/3/2021 | 11/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Zapatas | | | |
| Modelado de Pedestales | | 12/3/2021 | 15/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Pedestales | | | |
| Modelado de Vigas asimicas | | 16/3/2021 | 17/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelados de Viga asimica | | | |
| Modelado de Acero de refuerzo en elementos de concreto armado | | 18/3/2021 | 22/3/2021 | N/A | N/A | Demolish | | | | |
| Modelado Estructural principal | | 23/3/2021 | 30/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | Temporary | | | | |
| Modelado de columnas nivel 1 | | 23/3/2021 | 24/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de columnas nivel 1 | | | |
| Modelado de Vigas principales Nivel 1 | | 24/3/2021 | 25/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas principales Nivel 1 | | | |
| Modelado de Vigas trabes Nivel 1 | | 26/3/2021 | 26/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas trabes Nivel 1 | | | |
| Modelado de columnas nivel 2 | | 29/3/2021 | 29/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de columnas nivel 2 | | | |
| Modelado de Vigas principales Nivel 2 | | 30/3/2021 | 30/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas principales Nivel 2 | | | |
| Modelado de Vigas trabes Nivel 2 | | 31/3/2021 | 31/3/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas trabes Nivel 2 | | | |
| Modelado de columnas nivel 3 | | 1/4/2021 | 1/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de columnas nivel 3 | | | |
| Modelado de Vigas principales Nivel 3 | | 2/4/2021 | 2/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas principales Nivel 3 | | | |
| Modelado de Vigas trabes Nivel techo | | 5/4/2021 | 5/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Vigas trabes Nivel techo | | | |
| Modelado de Losa entrepiso Nivel 1 | | 6/4/2021 | 6/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | Construct | Sets->Modelado de Losa entrepiso Nivel 1 | | | |
| Modelado de Losa entrepiso Nivel 2 | | 7/4/2021 | 7/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de Losa entrepiso Nivel 2 | | | |
| Modelado de Losa entrepiso Nivel techo | | 8/4/2021 | 8/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | Construct | Sets->Modelado de Losa entrepiso Nivel techo | | | |
| Modelado Arquitectonico REVIT 2020 | | 9/4/2021 | 30/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | Construct | | | | |
| Modelado de paredes exteriores Nivel 1 | | 9/4/2021 | 9/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de paredes exteriores Nivel 1 | | | |
| Modelado de paredes interiores Nivel 1 | | 12/4/2021 | 12/4/2021 | N/A | 9/8/2021 | Construct | | | | |
| Modelado de paredes exteriores Nivel 2 | | 13/4/2021 | 13/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de paredes exteriores Nivel 2 | | | |
| Modelado de paredes interiores Nivel 2 | | 14/4/2021 | 14/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de paredes interiores Nivel 2 | | | |
| Modelado de paredes exteriores Nivel 3 | | 15/4/2021 | 15/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de paredes exteriores Nivel 3 | | | |
| Modelado de paredes interiores Nivel 3 | | 16/4/2021 | 16/4/2021 | N/A | N/A | Construct | Sets->Modelado de paredes interiores Nivel 3 | | | |

Fuente: Captura de pantalla Navisworks 2020. Elaboración propia

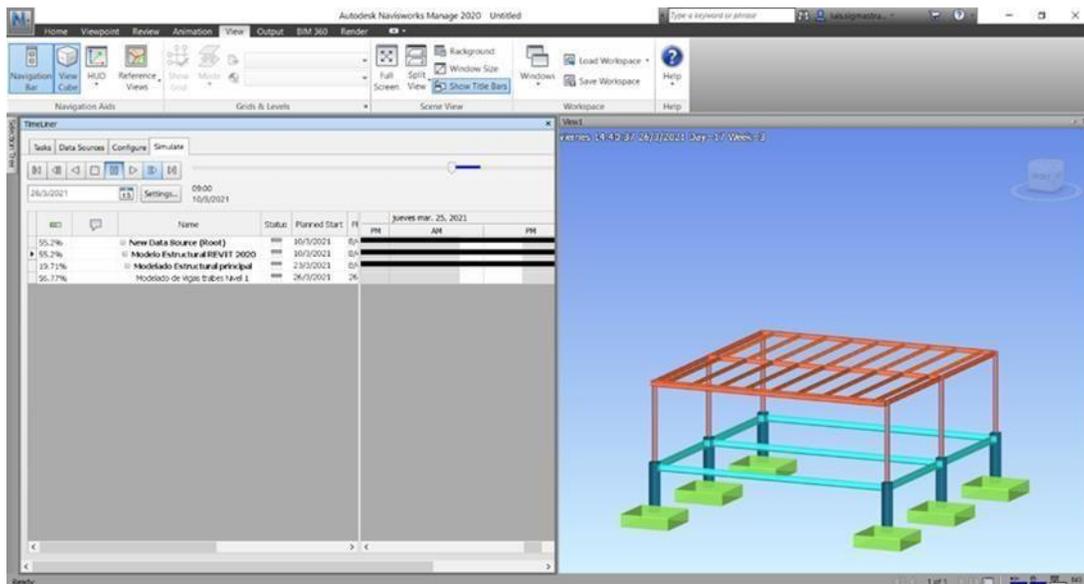
Para una mejor comprensión de lo elaborado con el software, nos apoyaremos de las siguientes imágenes del modelo estructural.

Figura 72. Simulación 4D fase de cimentaciones



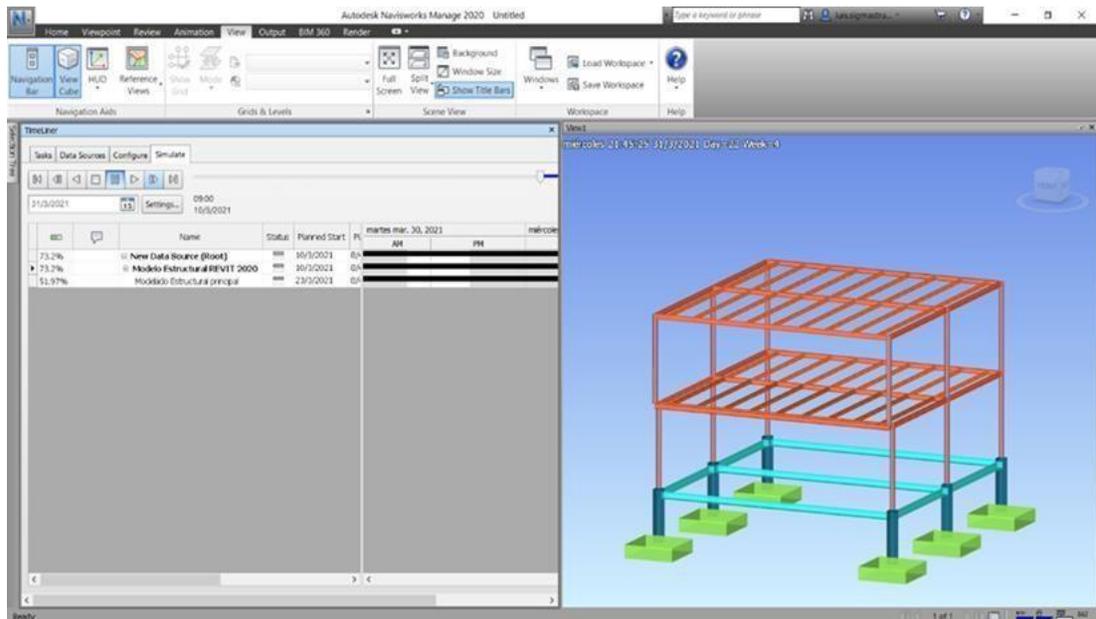
Fuente: Captura pantalla software Navisworks. Elaboración propia

Figura 73. Simulación 4D fase de estructura primer nivel



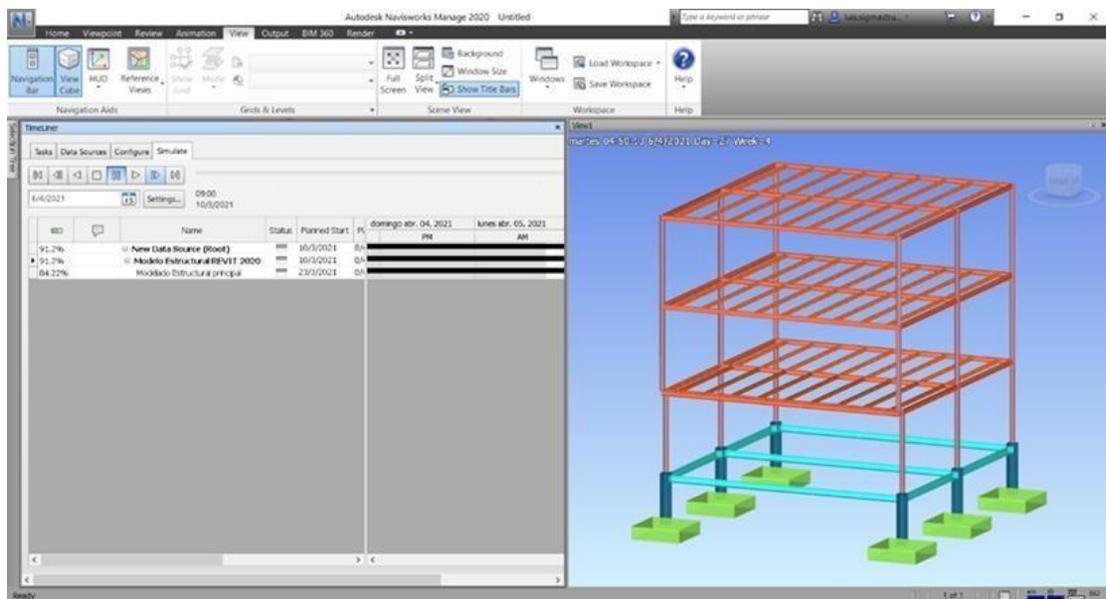
Fuente: Captura pantalla software Navisworks. Elaboración propia

Figura 74. Simulación 4D fase de estructura segundo nivel



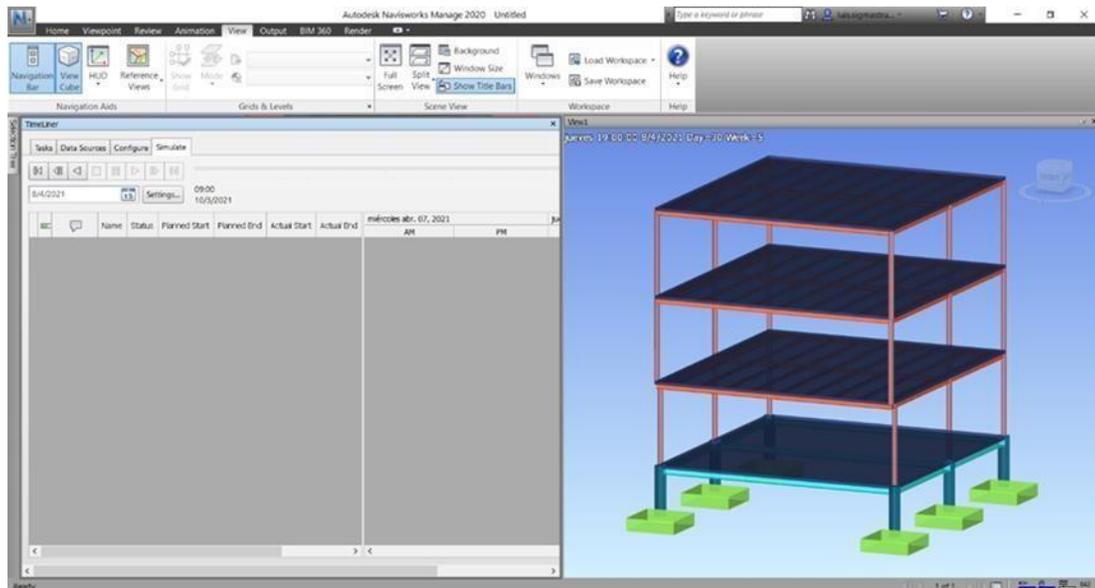
Fuente: Captura pantalla software Navisworks. Elaboración propia

Figura 75. Simulación 4D fase de estructura tercer nivel



Fuente: Captura pantalla software Navisworks. Elaboración propia

Figura 76. Fin de simulación 4D modelo estructural



Fuente: Captura pantalla software Navisworks. Elaboración propia

Conclusiones

A partir de los planos 2D se elaboró un modelo de información en el Software REVIT en el que se logró la sincronización de las disciplinas: Arquitectura, Estructura e Instalaciones MEP en un solo modelo que permite analizarlas como un conjunto.

En base a la cuantificación de obra (metrado), extraída del software Navisworks 2020, se calculó la cantidad de elementos y materiales requeridos para la edificación del edificio.

Se obtuvieron resultados que demuestran que la metodología es aplicable y funciona si se ejecuta de manera ordenada. La simulación aporta la cuarta dimensión (planificación) y quinta dimensión (cuantificación) al modelo permitiendo una visualización acertada de la programación de obra original.

Por lo tanto, se realizó la programación para los modelos de Estructura y Arquitectura en el programa MS Project, correspondiente al edificio.

Se estableció que la ejecución del edificio incurre en un tiempo de 72 días, este lapso de tiempo puede variar de acuerdo a la programación presentada para la ejecución del mismo, debido a atrasos en cualquiera de las actividades críticas del proyecto.

El tiempo de ejecución del proyecto “PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA BIM POR MEDIO DEL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROYECTO PILOTO TIPO RESIDENCIAL”, fue estimado de manera independiente, por lo tanto, la duración total del proyecto depende de la disponibilidad financiera que posea el cliente para la ejecución del edificio.

A partir de la programación en MS Project y el modelo de información AUTODESK Revit se obtuvo la simulación constructiva en el programa AUTODESK Navisworks mediante el cual se obtuvo una visión tridimensional de la programación de obras obtenida en MS Project.

Recomendaciones

1. En futuras planificaciones garantizar una buena comunicación y el fácil acceso a la información entre los agentes involucrados, para mejorar el flujo de trabajo durante la creación del modelo de información en Revit; siendo así de suma importancia para generar los parámetros adecuados al inicio del proceso de modelación.
2. Es importante hacer revisiones analíticas del modelo, con el fin de asegurar su integridad y congruencia, para cumplir con las normas de construcción vigentes que rigen a la industria de la construcción en nuestro país Nicaragua.
3. Durante la etapa de diseño de los modelos, hacer uso de programas de análisis entre disciplinas y subdisciplinas al igual que análisis estructurales, para evitar futuras complicaciones en la etapa de obras.
4. Durante la ejecución del proyecto, verificar que los materiales sean los indicados en los planos o los materiales propuestos en presupuesto y que cumplan con las normas técnicas de construcción.
5. Evitar retrasos en la programación, suministrando de manera adecuado y segura los materiales para la construcción de la obra.

Bibliografía

Alonso, C. (22 de Mayo de 2018). Instop. Obtenido de Instop:
<http://blog.instop.es/bim-conceptos-basicos>

architecturaldesignschool. (17 de junio de 2021). architecturaldesignschool.
Obtenido de architecturaldesignschool:
https://spa.architecturaldesignschool.com/brief-history-bim-54202?__cf_chl_jschl_tk__=f3c9fdb7aa9fb495f2093cacf0c24480ef12f31-1614744029-0-AbUrjuynjtUbGbHw4o4H5YeTlonCNW9D67fK0XLuQpUzc3L1Ak19FZimBxyeYcyTNdeCaR91Mf53k-vth4e6aob8i_ov8dl6O07nhSPslqeZBgEpTEQ

ArquiPARADOS. (20 de junio de 2018). arquiparados. Obtenido de arquiparados:
<https://www.arquiparados.com/t834-que-son-los-niveles-bim-bim-levels>

ASIDEK. (12 de Diciembre de 2016). ASIDEK CT SOLUTIONS. Obtenido de ASIDEK CT SOLUTIONS: <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>

Assistance, T. U. (20 de Octubre de 2017). Acerca de nosotros: teklastructures.
Obtenido de teklastructures:
https://teklastructures.support.tekla.com/es/191/es/gen_about_tekla_structures

AutoDesk. (9 de Abril de 2018). AutoDesk Knowledge Network. Obtenido de AutoDesk Knowledge Network:
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revitproducts/learnexplore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Analyze/files/GUID-7CCD1413-93C6-4BD7-824B-7AB47E2AC71A-htm.html>

AVANTIA. (5 de Febrero de 2020). grupoavantia.com. Obtenido de grupoavantia.com:
<https://www.grupoavintia.com/blog/el-uso-de-la-metodologiabim-en-la-construccionindustrializada/#gref>

BibLus. (9 de junio de 2021). biblus.accasoftware.com. Obtenido de biblus.accasoftware.com: <https://biblus.accasoftware.com/es/evolucion-del-bimmodelo-virtual/#:~:text=Evoluci%C3%B3n%20del%20BIM%3A%20el%20modelo,de%20%20ABfederaci%C3%B3n%20de%20modelos%20BB.&text=Por%20supuesto%20la%20tecnolog%C3%ADa%20BIM%20est%C3%A1%20en%20plena%20evoluci%20>

C2%ABfederaci%C3%B3n%20de%20modelos%20BB.&text=Por%20supuesto%20la%20tecnolog%C3%ADa%20BIM%20est%C3%A1%20en%20plena%20evoluci%20

BIM, A. (15 de Junio de 2017). Acerca de nosotros: Area BIM Engineering, S.L. Obtenido de Area BIM Engineering, S.L.: <https://www.areabim.com/navisworks/>

bim, o. (8 de Enero de 2020). Obtenido de bim.org.es: <https://bim.org.es/programasbim/archicad/>

Cerón, I.-L. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. (Tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Community, B. (8 de Marzo de 2018). BIMCommunity. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/667/bim-in-latin-america>

Diaz, J. (s.f.). IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA BIM-VDC PARA LA GESTIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE INSTALACIONES MECANICAS ELECTRICAS, CASA RETAIL RESTAURANTES EKEKO, AREQUIPA 2017-2018. Facultad de Ciencias e Ingenierias Físicas y Formales . Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

Diazgranados, M. (2018). Cambiando el chip de la construccion, dejando la metodologia tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodologia BIM. (Tesis de grado). Universidad Catolica de Colombia, Bogota.

Editeca. (22 de Febrero de 2018). Editeca. Obtenido de Editeca: <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

Espacio, B. (2015). espaciobim. Obtenido de espaciobim: <https://www.espaciobim.com/software-bim>

Fernandez, L. (s.f.). METODOLOGÍA BIM APLICADA AL DISEÑO DEL BLOQUE D DEL

PROYECTO ADUANILLA DE PAIBA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL Y SU EFECTO EN LA PROYECCION DE COSTOS DE CONSTRUCCION. FACULTAD TECNOLÓGICA. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, BOGOTÁ DC.

Gonzáles, R. (18 de Noviembre de 2015). ResearchGate. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_ME TODOLOGIA_BIM

Guadalajara, C. (2016-2017). Incidencia del BIM en el proceso proyectoconstrucción de arquitectura: Una vivienda con REVIT. (Tesis de grado). Universitat Politècnica de València, España.

imasgal. (31 de Enero de 2018). acerca de nosotros: imasgal. Obtenido de imasgal.com: <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>

ingegeek. (28 de abril de 2020). ingegeek.com. Obtenido de ingegeek.com: <https://ingegeek.com/2020/04/28/que-es-la-metodologia-bim/>

Ishveena, S. (4 de Mayo de 2017). Geospatial World. Obtenido de Geospatial World: <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>

Medrano, I. (2009). Google SketchUP aplicado al desarrollo de videojuegos educativos. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Superior, Madrid.

MSI. (20 de Noviembre de 2019). msistudio.com. Obtenido de msistudio.com: <https://msistudio.com/revit-mep-como-sacarle-el-maximo-rendimiento-a-laconfiguracionelectrica/>

PERÚ, e. D. (16 de junio de 2021). eadic.pe. Obtenido de eadic.pe: <https://www.eadic.pe/revit-mep-diseno-creacion-y-configuracion-de-instalacionesbim/>

PortalBim. (21 de Noviembre de 2020). PortalBim.org. Obtenido de PortalBim.org: <https://www.portalbim.org/blog/origen-e-historia-del-bim>

Rojas, J. (s.f.). GESTIÓN, CONTROL Y CUANTIFICACIÓN DE CANTIDADES DE

CONCRETO APLICANDO LA METODOLOGIA BIM EN UN PROYECTO DE VIVIENDA. FACULTAD DE INGENIERIA . UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA , Bogotá D.C.

Rosero, J. (s.f.). DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA HVAC PARA UN CUARTO DE CONTROL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA. FACULTAD DE INGENIERÍA . UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

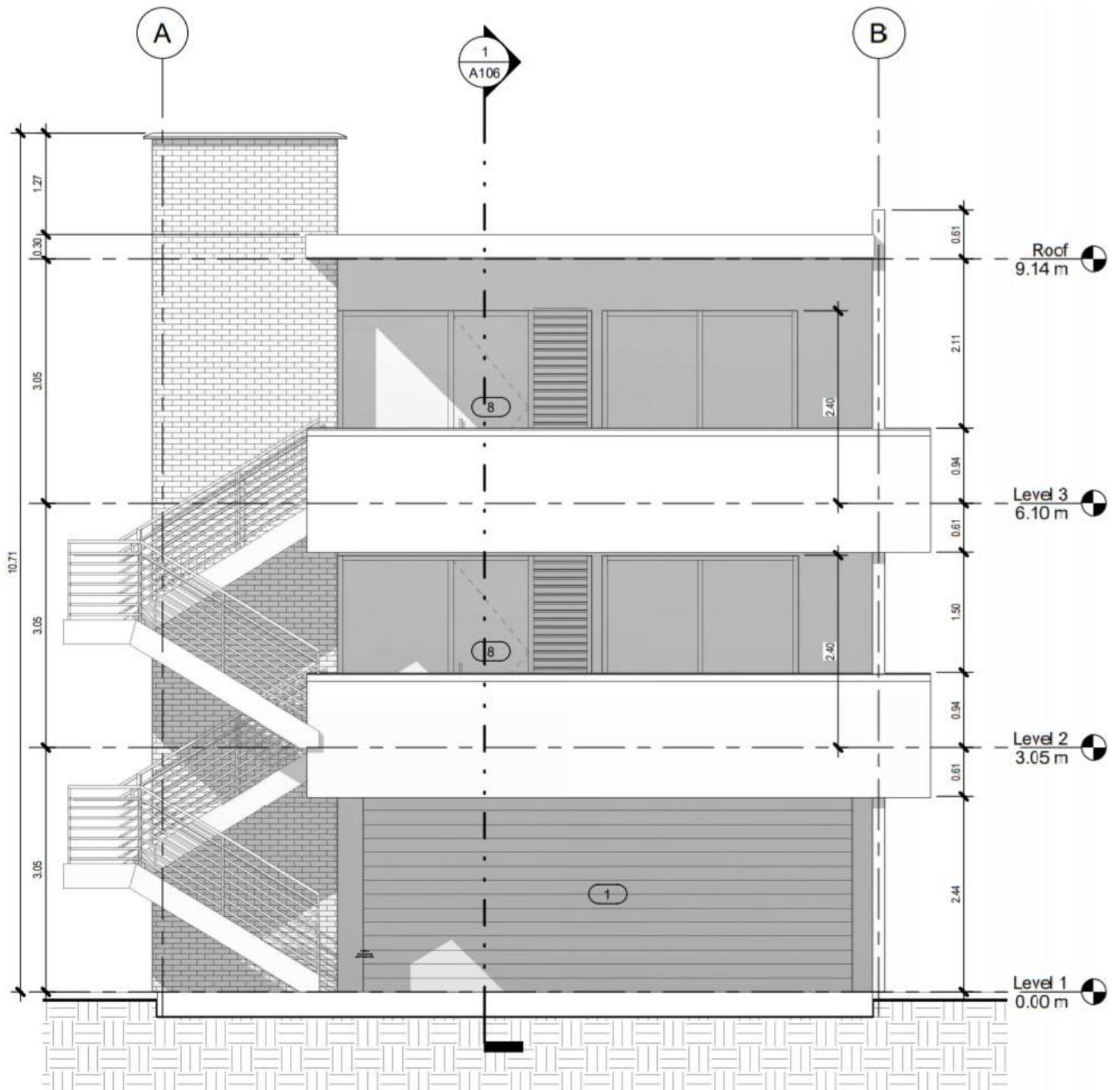
Sato, J. (2018). Análisis y evaluación de la tecnología BIM. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Tracesoftware. (5 de Marzo de 2019). Acerca de nosotros: Trace software Spain. Obtenido de Trace software Spain: <https://www.trace-software.com/es/bim-nivelesde-madurez/>

Wiki, B. (14 de Agosto de 2019). acerca de nosotros: BIM Wiki. Obtenido de BIM Wiki: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=search&pto=aue&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&u=https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BS_1192&usg=ALkJrhh7Y_hmr7c_Sl0c25j3f2nRaWq8Gg

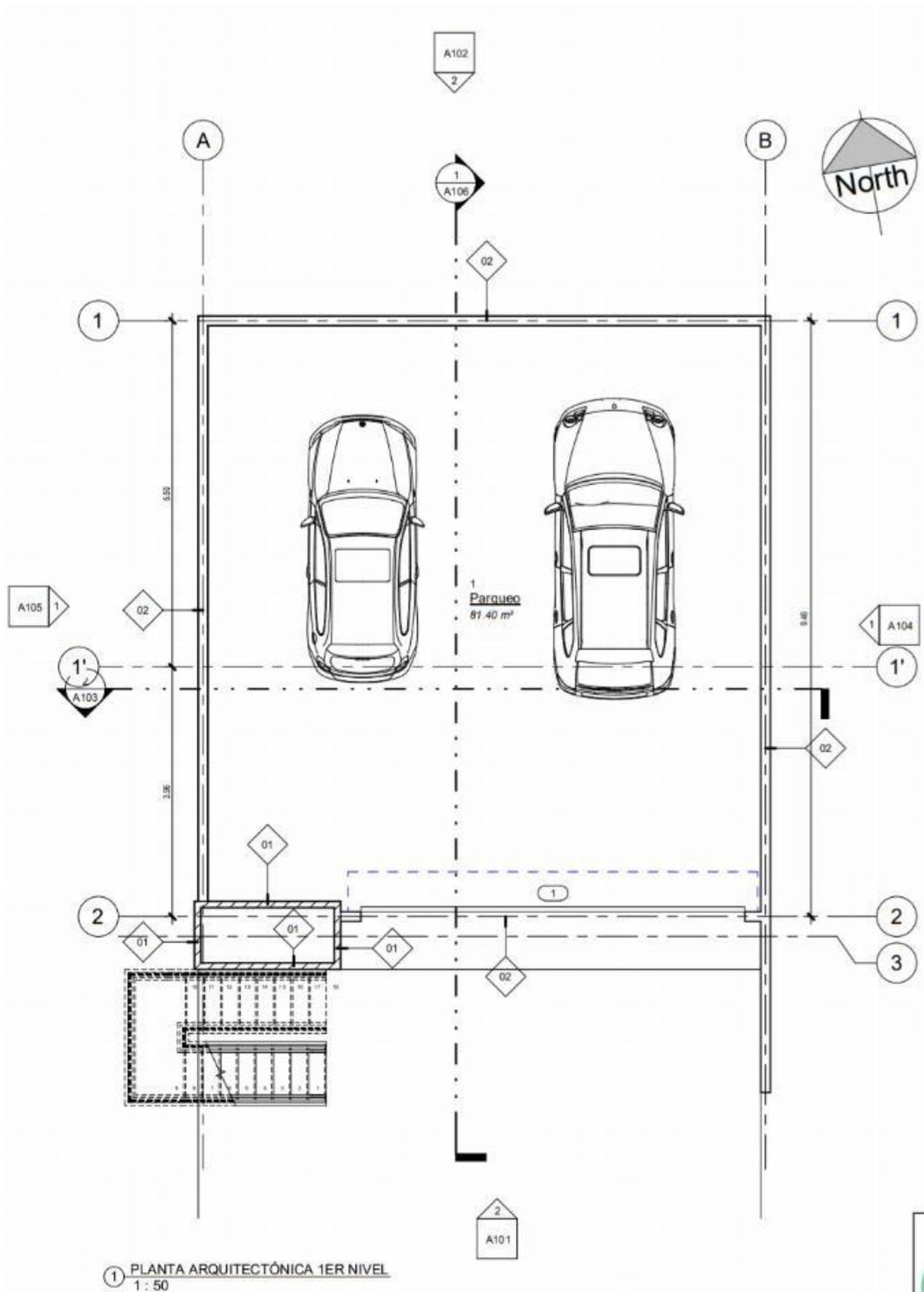
Anexos

Anexo A. Plano de elevación proyecto piloto



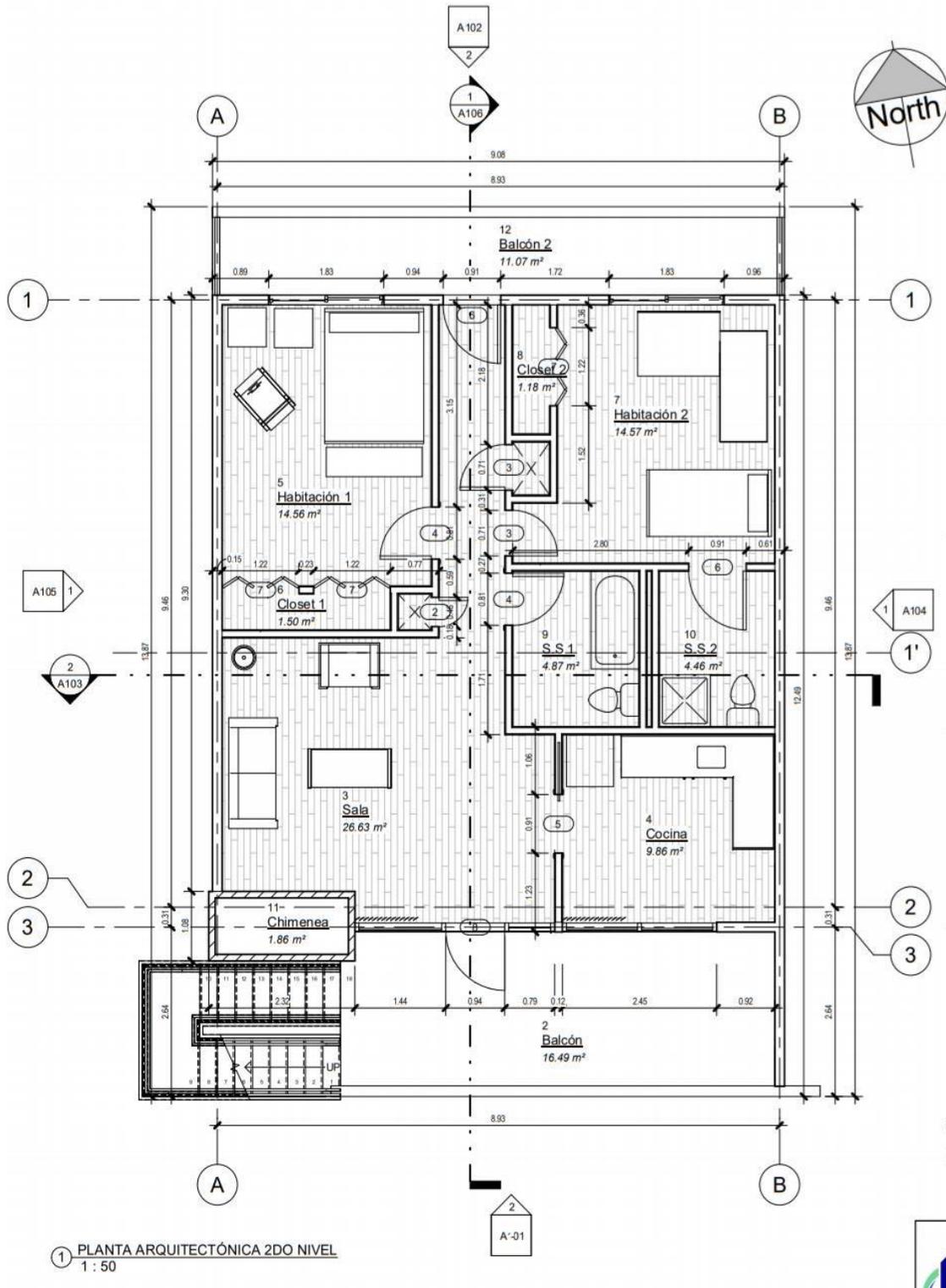
Fuente: Elaboración propia

Anexo B. Plano de planta Nivel 1



Fuente: Elaboración propia

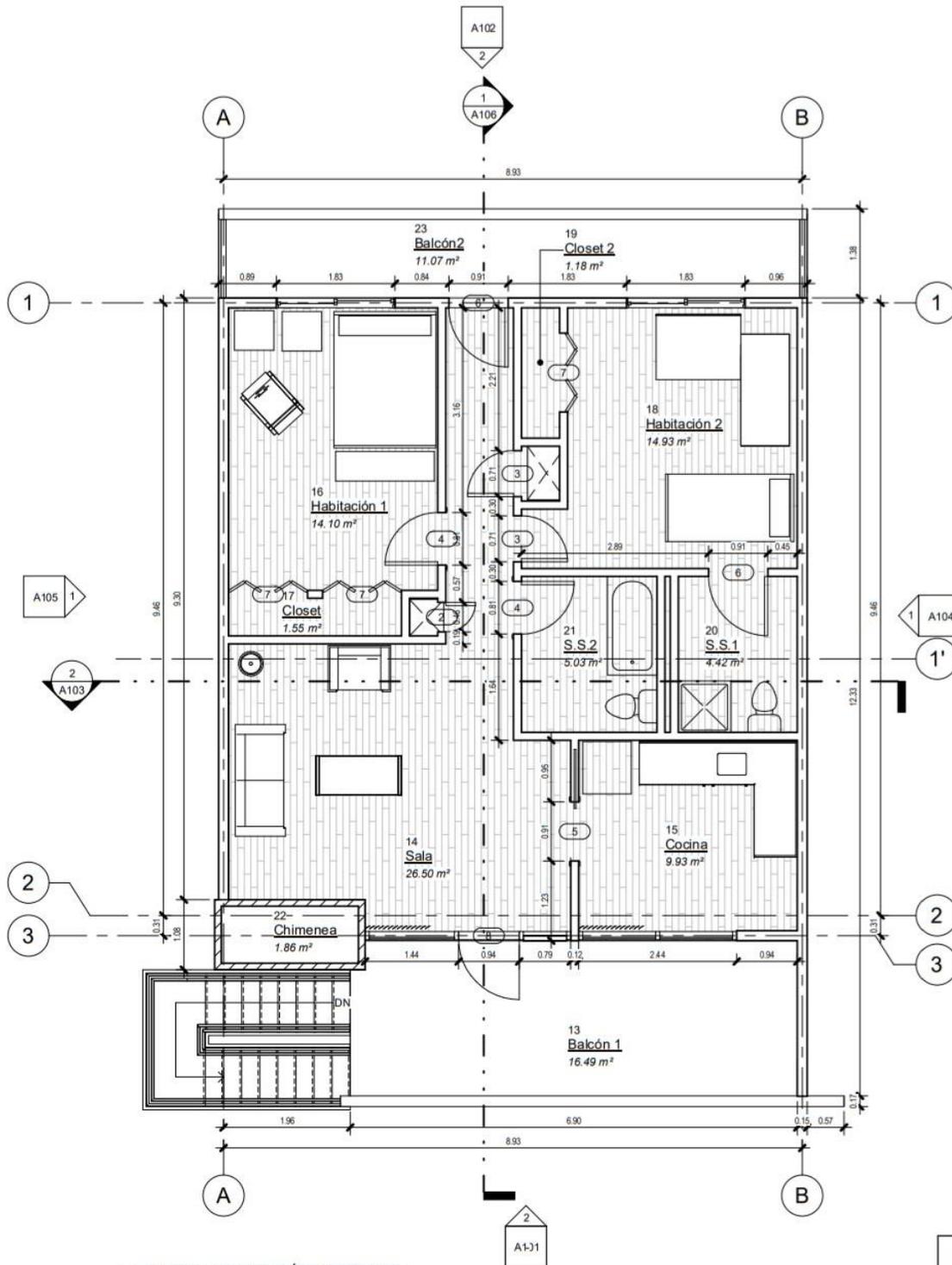
Anexo C. Plano de planta Nivel 2



1 PLANTA ARQUITECTÓNICA 2DO NIVEL
1 : 50

Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Plano de planta Nivel 3



① PLANTA ARQUITECTÓNICA 3ER NIVEL
1 : 50

Fuente: Elaboración propia

Anexo E. Renderizado de los modelos desarrollados con Revit Manage y sus diferentes elementos

Modelo arquitectónico

El modelo arquitectónico representa una de las piezas fundamentales para la creación de todos los sistemas que hacen parte del desarrollo de todo el proyecto, es en este modelo donde se expone la estética y funcionalidad de la edificación.

Figura 1. Modelo arquitectónico costado sur



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Modelo arquitectónico costado norte



Fuente: Elaboración propia

Muros perimetrales e interiores

Se definieron muros perimetrales de mampostería según el programa de modelado AutoDesk Revit 2020, se consideró para el modelado paramétrico pared genérica con bloque de 6" para dichos muros.

Internamente se usaron paredes interiores de partición de 4 7/8" (1hr) resistente al fuego, para las paredes de la chimenea se utilizó pared genérica de 4", para el desarrollo del techo losa de la edificación se utilizó pared genérica de 9".

Figura 3. Muros perimetrales e interiores



Fuente: Elaboración propia

Ventanas arquitectónicas

La edificación consta de un sistema de ventanas en el lado norte y sur, en el lado norte se utilizaron ventanas corredizas con dimensiones de 72"x48" de aluminio y vidrio tanto en el nivel 2 y nivel 3.

Para la ventana del costado sur se utilizó el sistema curtain Wall, estas se modelaron utilizando elementos tipo panel que se comportan como muros, estos elementos necesitaron ser editados para modelar las divisiones del vidrio templado, se insertó una ventana de celosía desde la galería de familias de AutoDesk Revit 2020 y se editó para ajustarla a las características de la ventana.

Figura 4. Ventanas costado norte y sur



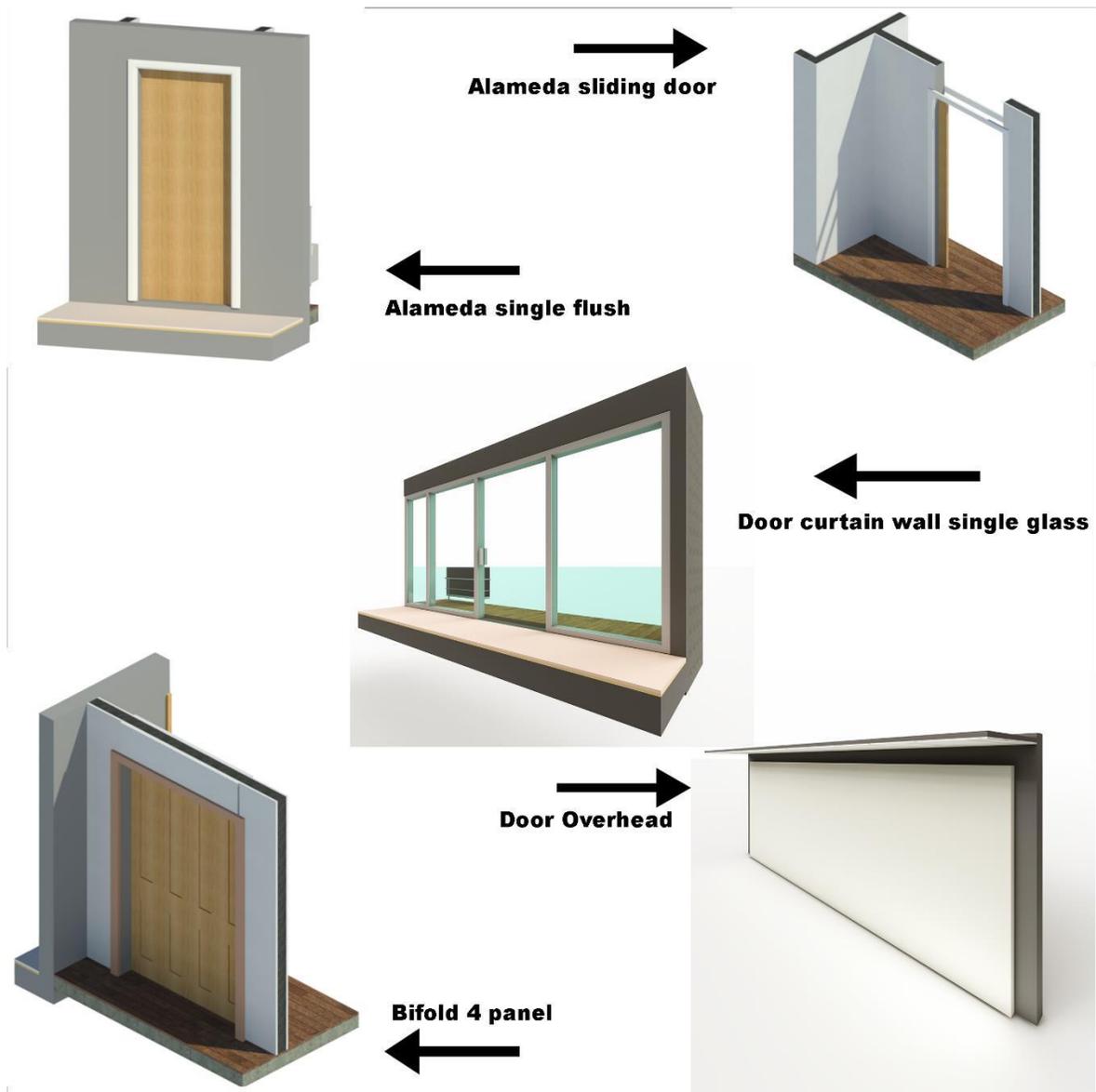
Fuente: Elaboración Propia

Puertas arquitectónicas

Para los accesos de habitación 1, habitación principal, servicio sanitario 1, 2 y balcón 2, se utilizó el tipo de puerta Alameda Single Flush, para el acceso a la cocina se utilizó una puerta corrediza Alameda Sliding Door, para los closets se utilizó puertas dobles de 4 paneles, para el acceso al garaje se utilizó una puerta metálica Door Overhead.

Para el modelado la puerta del costado sur se recurrió al sistema Curtain Wall que permite generar vidrio tipo panel y se comporta paramétricamente como un muro. Se insertó una puerta acristalada desde la galería de familias de AutoDesk Revit 2020 sobre el Curtain wall y se editó para ajustarla a las características de la puerta original.

Figura 5. Puertas en modelo arquitectónico

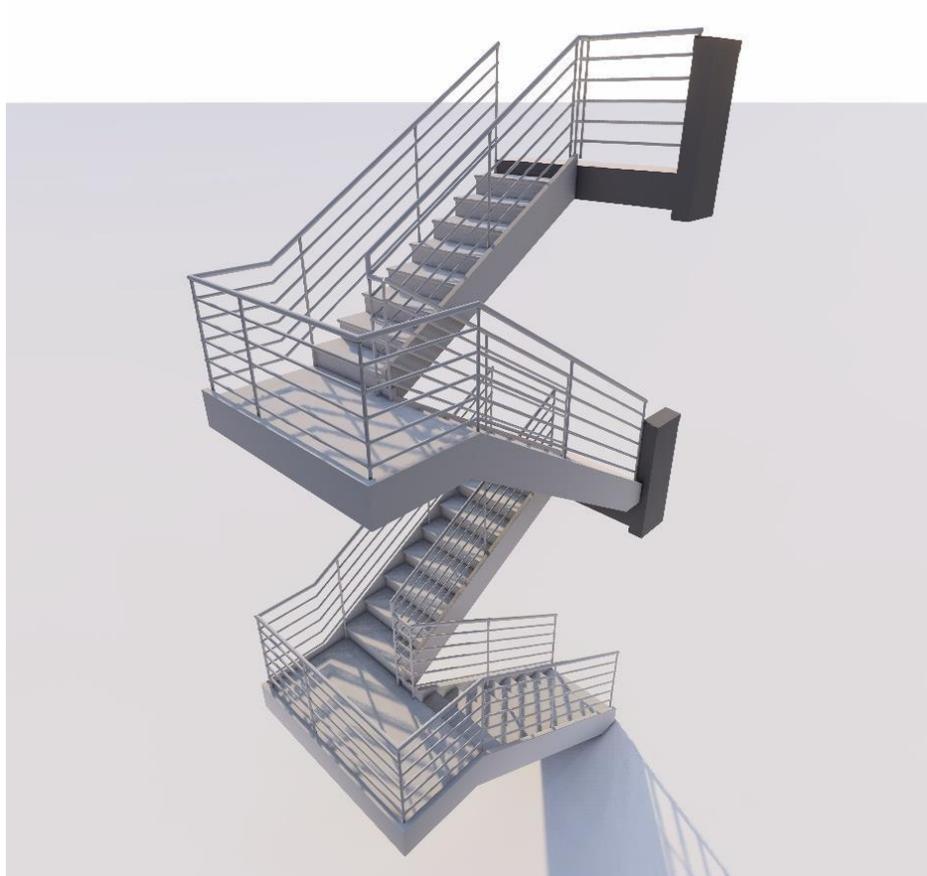


Fuente: Elaboración propia

Sistema de escaleras

Las escaleras están definidas con una huella de 28cm y una contrahuella 17cm con un descanso de 86cm, con un pasa manos de tubo redondo de 1 ½". Haciendo uso de la herramienta que tiene AutoDesk Revit 2020 para calcular los escalones en dependencia de las alturas entre niveles definimos 16 escalones más el descanso.

Figura 6. Sistema de escaleras

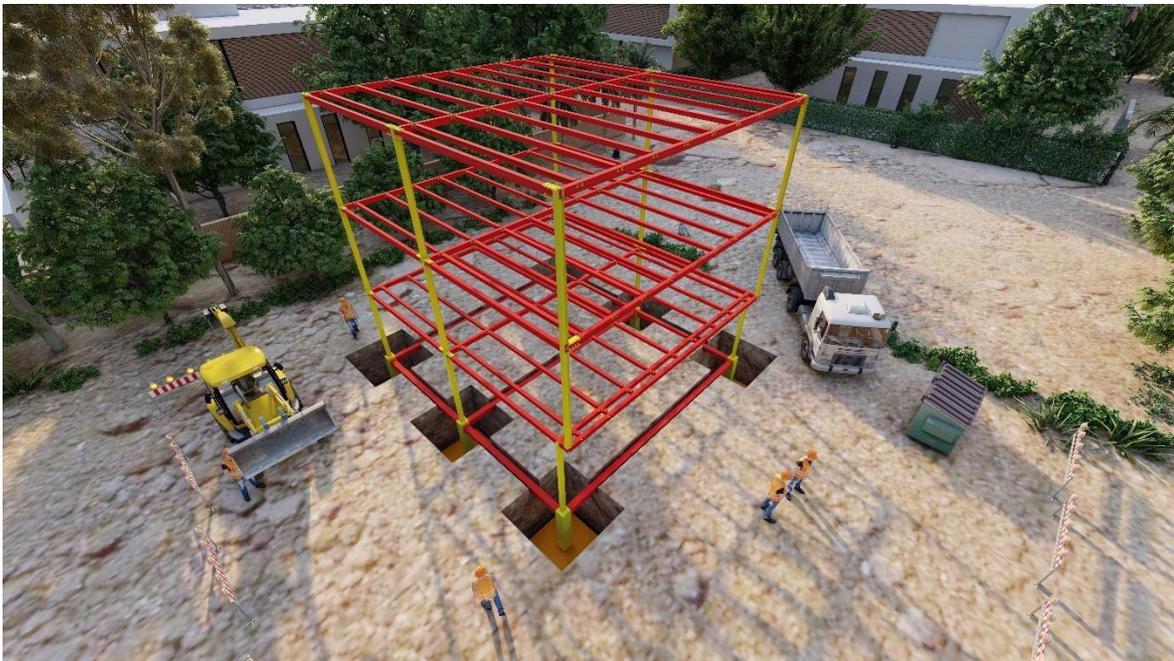


Fuente: Elaboración propia

Modelo estructural

En la concepción de la edificación, al seleccionar el material, sistema y forma estructural a emplear, hay que tener en cuenta, adicionalmente a los aspectos de resistencia y funcionalidad, se debe elegir entre las diversas formas, materiales y sistemas estructurales que pudieran emplearse, aquellas que se adapten de mejor manera a la naturaleza y destino de la edificación.

Figura 7. Renderizado modelo Estructural



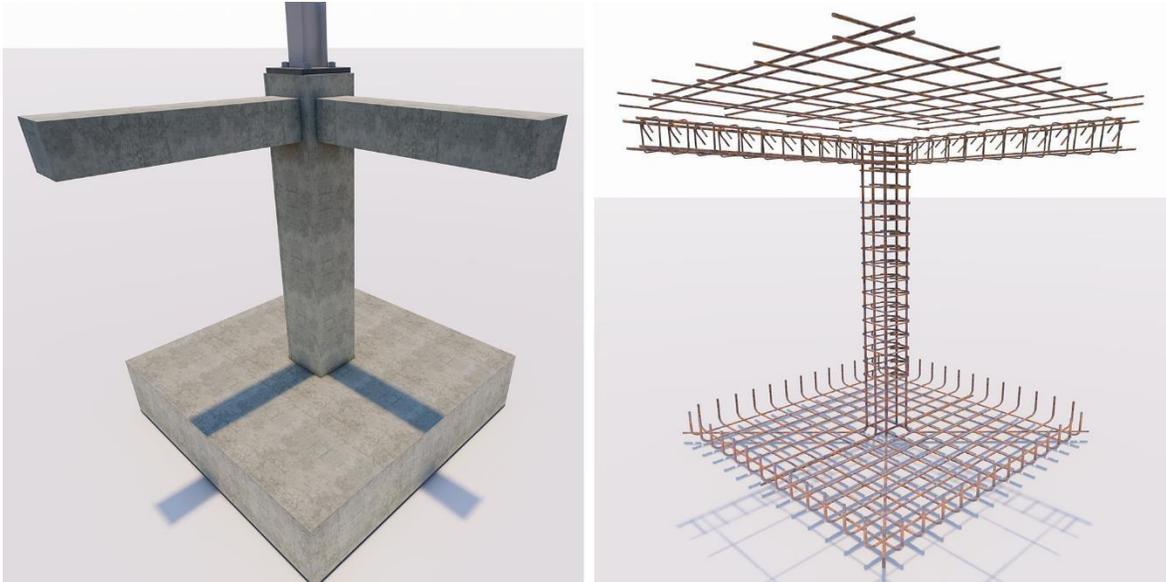
Fuente: Elaboración propia

Cimentaciones

Están conformadas por zapatas aisladas con dimensiones de 1.80m x 1.80m x 0.45m de concreto reforzado 3500 PSI cabe mencionar que estas zapatas en el modelo paramétrico fueron primeramente cargadas como una familia de una medida menor sin embargo fueron modificadas para cumplir con los alcances del proyecto estructural.

Los pedestales fueron establecidos con los siguientes valores, 0.30m x 0.30m x 1.80m constituidos por concreto reforzado de 3500 PSI. La viga asísmica fue modelada con concreto reforzado como material principal y dimensiones de 0.20m x 0.20m la cual une los 6 pedestales propuestos.

Figura 8. Cimentaciones y acero de refuerzo modelo estructural



Fuente: Elaboración propia

Columnas

Fueron modeladas como elementos en acero estructural ASTM A992, grado 50 con dimensiones de W6X9, estos elementos fueron cargados desde la librería de Revit AISC14.1 (American Institute of Steel Construction), que permite hacer conexiones estructurales.

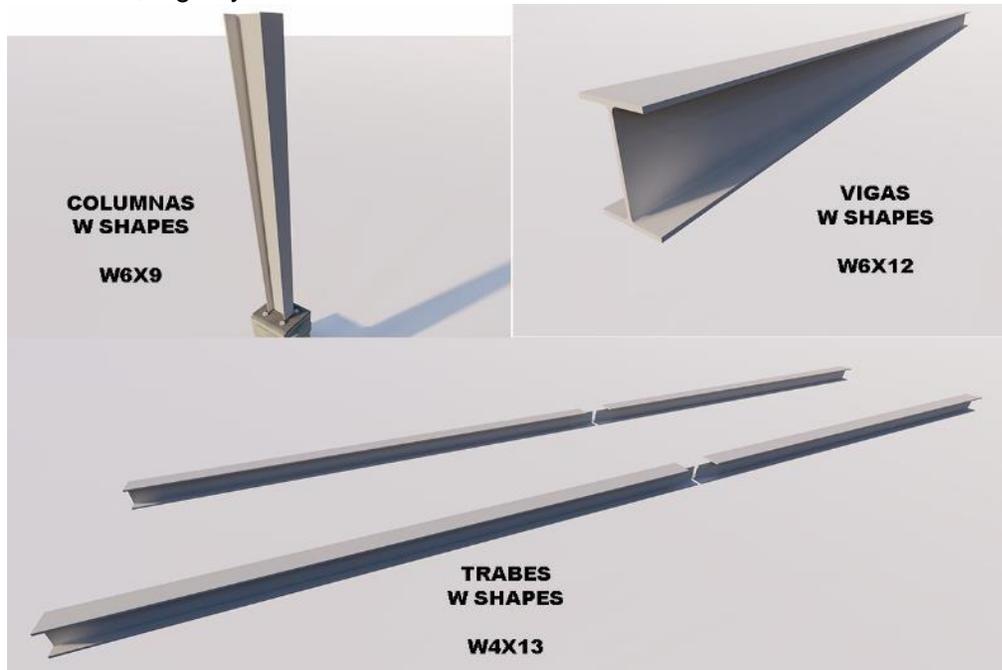
Vigas

Para las vigas perimetrales se usó acero estructural ASTM A992 grado 50 de tipo W6X12, así mismo que las columnas fueron cargadas desde la librería AISC14.1.

Trabes

Para las trabes se usó acero estructural ASTM A992 grado 50 de tipo W4X13, así mismo que las columnas y vigas perimetrales fueron cargadas desde la librería AISC14.1.

Figura 9. Columnas, vigas y trabes



Fuente: Elaboración propia

Anclaje en columnas

Se utilizó un tipo de unión de placa base (base plate), con un espesor de 1" con dimensiones de 6"X5", con 4 pernos de anclaje que presentan las siguientes características: grado de anclaje 10.9 que pertenece a las especificaciones de la ASTM A325 para aplicaciones de alta tensión debido que tienen una alta resistencia a la tracción, estos pernos tienen un tamaño de $\frac{3}{4}$ ".

Figura 10. Conexión de columna con placa base



Fuente: Elaboración propia

Uniones viga-columna

Para las uniones viga-columna usamos las conexiones “moment flange plate” de Revit con la herramienta “conexiones estructurales”, que paramétricamente se comporta como una unión de momento apernada, el espesor de las placas de unión es de 0.40”, los pernos utilizados por placa tienen como propiedades, grado de anclaje 10.9 de la ASTM A325 para aplicaciones de alta tensión y tamaño de $\frac{3}{4}$ ”.

Figura 11. Conexión viga- columna con “moment flange plate”

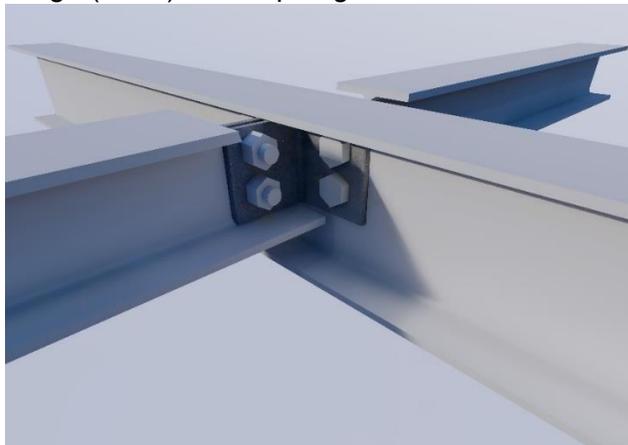


Fuente: Elaboración propia

Uniones viga-viga

Para las conexiones de estos elementos estructurales, se usó el tipo de conexión “clip angle”, que se comporta paraméricamente como una conexión en ángulo, los perfiles de estos angulares son de L4” x 3” x 1/4”, los tornillos de esta conexión poseen la característica ASTM A325 con grado de anclaje de 10.9 y de 5/8”, consta de 6 tornillos por conexión.

Figura 12. Conexión viga-viga (trabe) con “clip angle”



Fuente: Elaboración propia

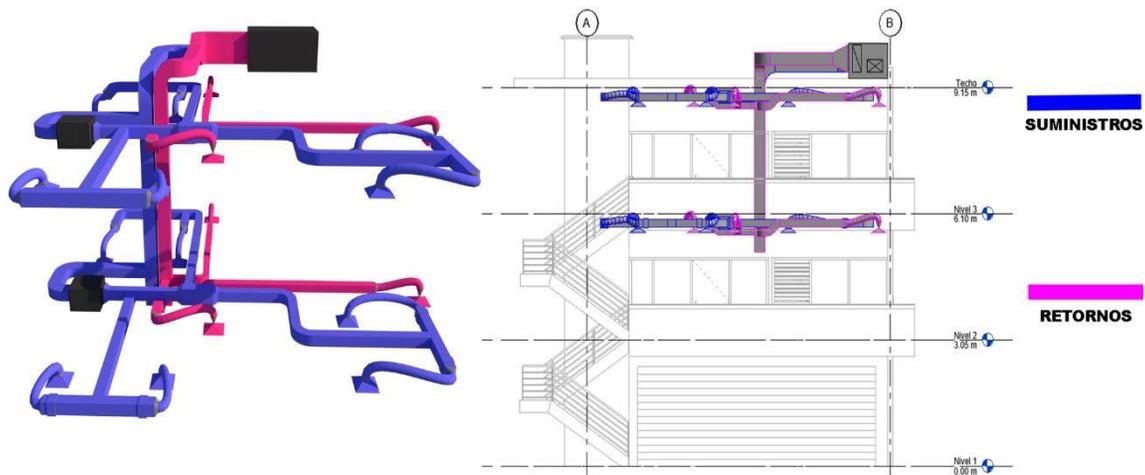
Modelo de aire acondicionado y eficiencia energética (HVAC)

El modelo de nuestro sistema HVAC está constituido inicialmente por una unidad de techo de aire acondicionado (Rooftop AC unit), del cual se derivan tanto los ductos rectangulares suplidores como los ductos rectangulares de retorno.

Cada nivel está compuesto por un módulo de unidad de tratamiento de aire (AHU) respectivamente, del cual se derivan los ductos suplidores de aire para los diferentes ambientes en ambos niveles y así mismo, estas tuberías pasan a través de dampers los cuales permiten regular el flujo de aire que pasa por la ductería y según la demanda por el ambiente, luego se conectan a los difusores de suministro de aire definidos por ambiente.

Cuando el aire sale de los difusores, este va hacia los ductos de retorno como parte del flujo constante de aire. En el presente sistema los retornos de aire fueron ubicados de tal manera que permita un funcionamiento eficiente del sistema ya que se pretende recoger aire fresco en un 10% o 20% para renovar el flujo.

Figura 13. Renderizado y vista de perfil modelo HVAC



Fuente: Elaboración propia

Sistema de agua potable

Para la red principal de abastecimiento del sistema de agua potable se utilizó tubería PVC de 1" y para las derivaciones a los diferentes equipos de cada nivel se usó tubería de ½" PVC, la pendiente de las tuberías antes mencionadas se determinó del 1% para permitir el flujo de agua adecuado.

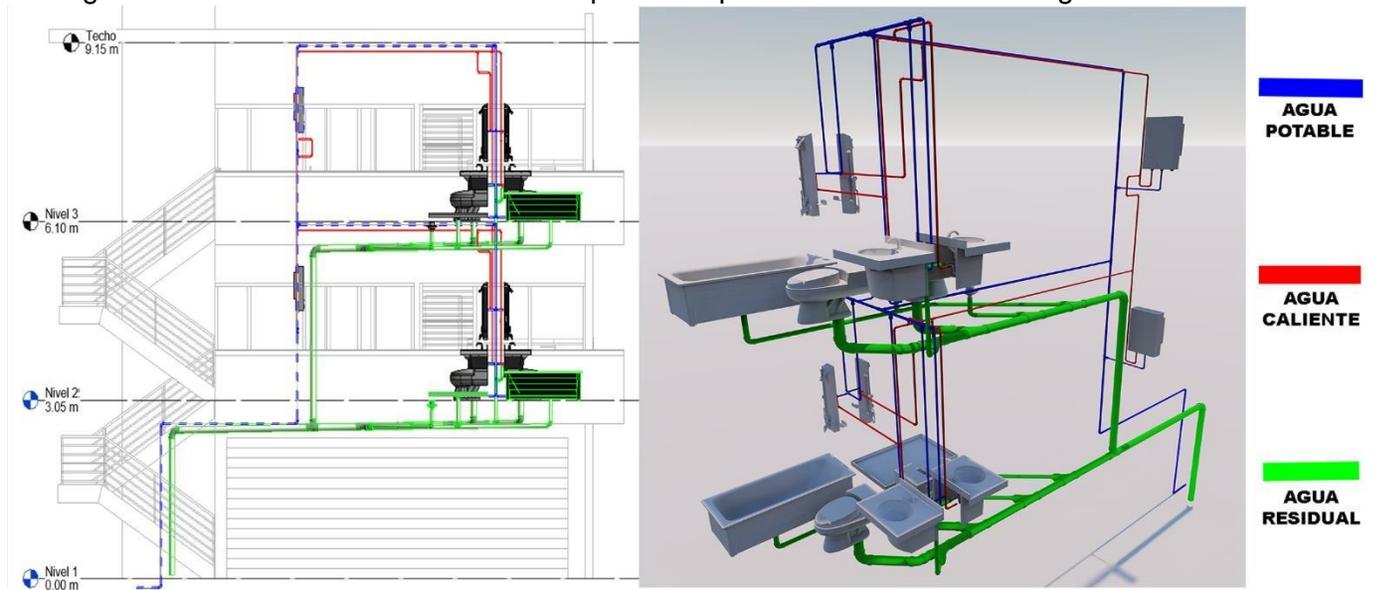
Sistema de agua caliente

Para la red principal de abastecimiento del sistema de agua caliente se utilizó tubería CPVC de 1/2" de la misma forma se utilizó este mismo diámetro para las conexiones a los diferentes equipos o accesorios como lo son las duchas, los calentadores de agua y lavamanos, estos equipos fueron cargados de la familia Revit llamada Plumbing Fixtures, la pendiente de las tuberías antes mencionadas se determinó del 1%.

Sistema de agua residuales

Este sistema consta de tuberías principales de PVC con un diámetro de 4", para las tuberías derivadas a los equipos se utilizó tubería de 2", para el descargue de aguas residuales para lavamanos se utilizó tubería de PVC de 1 ½", todas estas tuberías cuentan con una pendiente mínima de 1.5%.

Figura 14. Renderizado de los sistemas que corresponde al modelo "Plumbing"



Fuente: Elaboración propia