

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EFICIENCIA DE LA METODOLOGÍA BIM A TRAVÉS DE LA
SIMULACIÓN 4D, 5D EN EL CONTROL DE TIEMPOS Y
COSTOS PARA LA OBRA MEJORAMIENTO DEL SERVICIO
DE SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO DE PUNO,
2017-2018”**

TESIS

PRESENTADA POR:

JOHN FRANKLIN RAMOS MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EFICIENCIA DE LA METODOLOGÍA BIM A TRAVÉS DE LA
SIMULACIÓN 4D, 5D EN EL CONTROL DE TIEMPOS Y COSTOS PARA LA
OBRA MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN
EL DISTRITO DE PUNO, 2017-2018”**

TESIS PRESENTADA POR:

JOHN FRANKLIN RAMOS MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

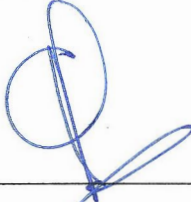
INGENIERO CIVIL



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

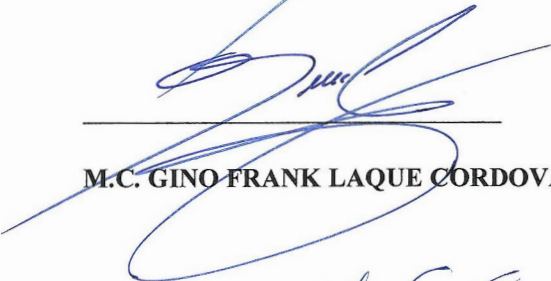
:



Ing. JOSE LUIS CUTIPA ARAPA

PRIMER MIEMBRO

:



M.C. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO


:



Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

DIRECTOR DE TESIS

:



D.Sc. FELIX ROJAS CHAHUARES

Área : CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA
Tema : INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 DE ABRIL DEL 2019

DEDICATORIA

A mi madre Luzmila por su preocupación y cuidado quien es la responsable de todo lo bueno que hay en mi vida, a mi padre Juan José por su paciencia y enseñanza; y a ambos por su incondicional apoyo y comprensión.

A mi hermana Milagros por ser una excelente compañía y un estímulo de superación en el día a día, a mis hermanos José Joel y Jesús André, por su apoyo moral para hacerme mejor persona, y su modelo a seguir.

A mi familia: mis abuelos, a quienes extraño y debo lo humano que soy; mis tíos, verdaderas inspiraciones de persona; mis tiernas y acogedoras tías y mis primos, quienes son mi competencia académica más sana.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis, gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme ser y disfrutar cada día de esta hermosa vida que me regala.

Agradezco a mi director de tesis, mis jurados de tesis, mis docentes de colegio, mis docentes de universidad, mis compañeros de clase y mis compañeros de vida, decirles que, con sus enseñanzas, consejos, risas, su compañía y sobre todo su valioso tiempo es que les debo este y muchos otros logros más.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	15
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPITULO I	18
I. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. Problema General	19
1.2.2. Problemas Específicos	20
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. HIPÓTESIS.....	21
1.4.1. Hipótesis General.....	21
1.4.2. Hipótesis Específicas	21
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	21
CAPITULO II.....	23
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	23

2.1. ANTECEDENTES.....	23
2.2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1. Building Information Modeling (BIM).....	28
2.2.2. Beneficios BIM.....	31
2.2.3. Modelamiento BIM-3D	37
2.2.4. Detección de Interferencias-Incompatibilidades	40
2.2.5. Simulación BIM 4D.....	45
2.2.5.1 Componentes de la simulación BIM 4D.....	47
2.2.6. Simulación BIM 5D.....	50
2.2.7. Software de aplicación BIM	53
2.2.8. BIM en el mundo	55
2.2.9. BIM en el Perú.....	56
2.2.10. BIM en obras por contrata y obras por administración directa	58
2.2.11. Aplicación del BIM en diferentes fases del proyecto	59
CAPITULO III.....	62
III. MATERIALES Y MÉTODOS	62
3.1. CASO DE ESTUDIO: OBRA SEGURIDAD CIUDADANA PUNO	62
3.1.1. Referencias del proyecto.....	62
3.1.1.1 Ubicación.....	62
3.1.1.2. Descripción general del proyecto	63
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.2.1. Tipo de Investigación	73

3.2.2. Nivel de Investigación	73
3.2.3. Población y Muestra de Estudio	74
3.3. METODO DE TRABAJO	74
3.3.1. Revisión de Documentación Inicial (Expediente Técnico)	74
3.3.2. Modelamiento BIM 3D.....	74
3.3.3. Integración de Especialidades.....	75
3.3.4. Detección de Interferencias	75
3.3.5. Cuantificación de Metrados	76
3.3.6. Simulaciones Constructivas.....	77
CAPITULO IV	78
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1. MODELAMIENTO BIM DE ESPECIALIDADES	78
4.1.1. Modelamiento de Arquitectura	78
4.1.2. Modelamiento de Estructuras	83
4.1.3. Modelado de Instalaciones Eléctricas.....	87
4.1.4 Modelado de Instalaciones Sanitarias.....	90
4.2. INTEGRACIÓN DE ESPECIALIDADES	92
4.3. DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES E INTERFERENCIAS	92
4.3.1. Incompatibilidades.....	92
4.3.2. Interferencias entre especialidades	96

4.4. ESTIMACION DE METRADOS.....	98
4.5. SIMULACION BIM 4D	105
4.5.1. Planificación de obra (Tradicional)	105
4.5.2. EDT (Estructura de Desglose del Trabajo).....	106
4.5.3. Requerimientos de Información (RFI).....	107
4.5.4. Simulación Constructiva BIM 4D	112
4.5.5. Avance programado vs avance ejecutado BIM 4D	114
4.5.6. Discusión de resultados del tiempo de ejecución Metodología Tradicional vs Metodología BIM 4D.....	118
4.6. SIMULACION BIM 5D	119
4.6.1. Metrados programados en expediente técnico vs metrados ejecutados con modelo BIM 3D	120
4.6.2. Costo programado vs costo de ejecución con BIM 5D	121
4.6.3. Discusión de resultados del costo de ejecución Metodología Tradicional vs Metodología BIM 5D.....	126
CAPITULO V	127
V. CONCLUSIONES	127
CAPITULO VI	129
VI. RECOMENDACIONES	129
CAPITULO VII	130
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	130
ANEXOS	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ciclo de vida del proyecto	30
Figura N° 2: Método tradicional de desarrollo de un proyecto	31
Figura N° 3: Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM	35
Figura N° 4: Curva De Macleamy	35
Figura N° 5: LOD'S aplicado a un elemento específico	40
Figura N° 6: Ejemplo de incompatibilidad en planos (Disciplina: estructural).....	43
Figura N° 7: Ejemplo de interferencia Detección de Interferencias.....	44
Figura N° 8: Parámetro “Tiempo” añadido al 3-D = Modelamiento 4-D	46
Figura N° 9: Formas de modelar una columna usando un software BIM.	48
Figura N° 10: Vinculación del modelo BIM 3-D con el cronograma de Obra.....	49
Figura N° 11: Parámetro “Costo” añadido al modelo 4-D= Modelo 5-D	51
Figura N° 12: Relación entre el 3D - 4D - 5D	52
Figura N° 13: Entorno de Trabajo del Software Autodesk REVIT	54
Figura N° 14: Entorno de Trabajo del Software Autodesk NAVISWORKS	55
Figura N° 15: Area de Intervención del Proyecto.....	65
Figura N° 16: Imagen renderizada del proyecto	66
Figura N° 17: Vista de área de expansión del proyecto.....	66
Figura N° 18: Vista de Area de Estacionamiento del Proyecto	67
Figura N° 19: Interferencia entre Instalaciones Sanitarias (Tubería) y Estructuras (Vigas de Cimentación).....	76
Figura N° 20: Metrados Precisos del Modelo 3D.....	77
Figura N° 21: Visualización de modelo 3D especialidad Arquitectura.....	78
Figura N° 22: Vista en corte del modelo 3D ambientes interiores y detalles	78
Figura N° 23: Modelo vista en planta nivel semi sótano	79

Figura N° 24: Vista en planta del modelamiento arquitectura primer nivel	79
Figura N° 25: Vista en planta del modelamiento arquitectura segundo nivel	80
Figura N° 26: Vista en planta del modelamiento arquitectura tercer nivel	80
Figura N° 27: Vista en planta del modelo arquitectura techo y cobertura.....	81
Figura N° 28: Corte transversal modelamiento especialidad arquitectura	81
Figura N° 29: Corte longitudinal modelamiento especialidad arquitectura	82
Figura N° 30: Vista frontal lado este modelamiento especialidad arquitectura	82
Figura N° 31: Vista lateral lado sur modelamiento especialidad arquitectura	83
Figura N° 32: Vista modelo 3D especialidad estructuras	84
Figura N° 33: Vista elevación lateral lado sur especialidad estructuras.....	84
Figura N° 34: Vista lateral lado norte especialidad estructuras.....	85
Figura N° 35: Modelamiento de cimentación de la edificación	85
Figura N° 36: Vista en planta techo de semi sótano especialidad estructuras.....	86
Figura N° 37: Vista en planta techo de primer nivel especialidad estructuras	86
Figura N° 38: Vista en planta techo de 2do nivel especialidad estructuras	87
Figura N° 39: Vista en planta techo de tercer nivel especialidad estructuras.....	87
Figura N° 40: Modelamiento de instalaciones eléctricas.....	88
Figura N° 41: Modelado de circuitos de alumbrado en edificio.....	88
Figura N° 42: Modelo de circuitos alumbrado de emergencia en edificio	89
Figura N° 43: Modelo de circuitos de tomacorrientes en edificio	89
Figura N° 44: Modelamiento de instalaciones sanitarias.....	90
Figura N° 45: Modelamiento de instalaciones de agua fría.....	90
Figura N° 46: Modelamiento de instalaciones de desagüe	91
Figura N° 47: Modelamiento de instalaciones de agua caliente.....	91
Figura N° 48: Integración de Especialidades del proyecto.....	92

Figura N° 49: Incompatibilidad N° 01: Mampara (Arquitectura) conflicto con Tomacorriente (I. Eléctricas)	93
Figura N° 50: Montante de red de desagüe.....	94
Figura N° 51: Vista final de tubería montante en falsa columna.....	95
Figura N° 52: Nueva Ubicación del tablero de Distribución 2do Nivel.....	96
Figura N° 53: Detección de interferencias estructuras vs instalaciones sanitarias	97
Figura N° 54: Detección de interferencias estructuras vs instalaciones eléctricas	98
Figura N° 55: Planificación Tradicional de la ejecución de la obra.	106
Figura N° 56: Estructura de desglose de trabajo del proyecto.....	106
Figura N° 57: Vista Integral del Proyecto Seguridad Ciudadana	107
Figura N° 58: Cuantificación de acero para armadura de tanque cisterna.....	109
Figura N° 59:Habilitado de armadura de acero para tanque cisterna	109
Figura N° 60: Detalle de armadura para muro de contención en edificación.....	110
Figura N° 61: Armado de estructura de muro de contención en edificación.....	110
Figura N° 62: Simulación Constructiva de los Niveles en la Edificación	113
Figura N° 63: Control de obra mediante la herramienta curva S.....	114
Figura N° 64: Control de Costo de Ejecución de Obra.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Deficiencias en los documentos para la ejecución de obras	53
Tabla N° 2: Aplicación BIM en Obras por Contrata y Administración Directa.....	59
Tabla N° 3: BIM en las diferentes Fases del Proyecto.	60
Tabla N° 4: Cuadro de áreas del proyecto.	67
Tabla N° 5: Costo por Componente del Proyecto.....	69
Tabla N° 6: Resumen de interferencias ente especialidades.....	98
Tabla N° 7: Cuantificación de metrados en vigas del modelo BIM 3D	99
Tabla N° 8: Cuantificación metrado de cimentaciones BIM 3D	100
Tabla N° 9: Cuantificación metrado de columnas BIM 3D.....	101
Tabla N° 10: Cuantificación metrado de losas estructurales BIM 3D.....	100
Tabla N° 11: Cuantificación metrado de muros de contención BIM 3D.....	101
Tabla N° 12: Cuantificación metrado de muros de albañilería BIM 3D	102
Tabla N° 13: Cuantificación metrado de puertas BIM 3D	102
Tabla N° 14: Cuantificación metrado de ventanas BIM 3D.....	103
Tabla N° 15: Cuantificación metrado de pisos BIM 3D.....	103
Tabla N° 16: Cuantificación metrado de aparatos sanitarios BIM	104
Tabla N° 17: Cuantificación metrado de tuberías sanitarias BIM	104
Tabla N° 18: Cuantificación metrado de aparatos eléctricos BIM	104
Tabla N° 19: Cuantificación metrado de luminarias BIM 3D	105
Tabla N° 20: Cuantificación metrado de tubos de cableado eléctrico BIM	105
Tabla N° 21: Cuantificación de acero para armadura de tanque cisterna.....	108
Tabla N° 22: Barras de acero para armadura de muro de contención	111
Tabla N° 23: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Columnas.....	115
Tabla N° 24: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Vigas.....	115

Tabla N° 25: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Losas Aligeradas	115
Tabla N° 26: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Losas Macizas	116
Tabla N° 27: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Muros de Soga.....	116
Tabla N° 28: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Muros de Cabeza	116
Tabla N° 29: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Cerámico.....	116
Tabla N° 30: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en partida Piso Cemento Acabado Pulido	117
Tabla N° 31: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en partida Piso Cemento Acabado Barrido	117
Tabla N° 32: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso de Porcelanato	117
Tabla N° 33: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Parquet.....	117
Tabla N° 34: Resumen Tiempo de Ejecución Met. Tradicional vs Met. BIM 4D	118
Tabla N° 35: Comparación de metrados Método Tradicional vs Modelo BIM	120
Tabla N° 36: Costo adicional de estructuras por variación de metrados	120
Tabla N° 37: Comparación entre metrados de arquitectura (Método Tradicional) y Metrados BIM (Modelo 3D).....	121
Tabla N° 38: Costo adicional de arquitectura por variación de metrados	121
Tabla N° 39: Costo para el Cumplimiento de Metas con Simulación 5D	122
Tabla N° 40: Cuadro comparativo costo de ejecución en Columnas	123
Tabla N° 41: Cuadro comparativo costo de ejecución en Vigas	123
Tabla N° 42: Cuadro comparativo costo de ejecución en Losas Aligeradas	123
Tabla N° 43: Cuadro comparativo costo de ejecución en Losas Macizas	124
Tabla N° 44: Cuadro comparativo costo de ejecución en Muro de Soga.....	124
Tabla N° 45: Cuadro comparativo costo de ejecución en Muro de Cabeza	124
Tabla N° 46: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso Cerámico	124

Tabla N° 47: Cuadro comparativo costo de ejecución en partida Piso cemento acabado pulido	125
Tabla N° 48: Cuadro comparativo costo de ejecución en partida Piso cemento acabado barrido.....	125
Tabla N° 49: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso de Porcelanato	125
Tabla N° 50: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso Parquet.....	125
Tabla N° 51: Resumen Costo de Ejecución Met. Tradicional vs Met. BIM 5D	126

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BIM: Building Information Modeling (Modelado de la Información en Construcciones)

CAD: Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)

LOD: Level Of Development (Nivel de Detalle de Modelado)

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción

RFI: Request for Information (Requerimiento de Información)

EDT: Estructura de Desglose del Trabajo

PIP: Proyecto de Inversión Pública

PIM: Modelo de Integración del Proyecto

RESUMEN

La presente investigación busca evaluar la aplicación de la Metodología BIM en la etapa de ejecución para la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno, provincia de Puno – Puno”, el desarrollo de la investigación determino la influencia de la Simulación BIM 4D y 5D en el proceso constructivo y su efecto en los tiempos y costos de ejecución del proyecto. Los proyectos de edificaciones se ejecutan de acuerdo a una metodología obsoleta y que ha demostrado ser ineficaz de acuerdo a estándares internacionales y al creciente desarrollo tecnológico. En una situación ideal donde los documentos generados en la etapa de diseño son íntegramente correctos, presentando compatibilidad y detalle; la ejecución del proyecto se realizaría eficientemente, en el tiempo y con el costo previstos, esto no sucede. Con la metodología BIM mediante representaciones tridimensionales (Modelamiento BIM 3D), permite gestionar la información dentro del modelo. Además de simular el proceso constructivo a través del tiempo (Simulación 4D), teniendo un mejor control del avance físico. También es importante llevar la cuantificación de recursos en cuanto a costos (Simulación 5D), esto constatado con el avance valorizado. Con la aplicación de esta metodología en la obra se obtuvo resultados positivos, reduciendo tiempos y costos, mejorando el flujo de trabajo entre las diferentes especialidades del proyecto y manejo de información precisa, demostrándose así, que es una herramienta fundamental en la ejecución de obras, sin embargo, puede ser usado en etapas tempranas para así mejorar la calidad en los proyectos de construcción.

Palabras Clave: BIM, simulación, gestión, construcción, recursos.

ABSTRACT

The present investigation seeks to evaluate the application of the BIM Methodology in the execution stage for the work "Improvement of the citizen security service in the Puno district, Puno province - Puno", the development of the research determines the influence of the simulation BIM 4D and 5D in the construction process and its effect on project execution times and costs. The building projects are executed according to an obsolete methodology and that has been shown to be inefficient according to international standards and technological growth. In an ideal situation where the documents generated in the design stage are completely correct, presenting compatibility and detail; The execution of the project is done correctly, this does not happen. With the BIM methodology through three-dimensional representations (3D BIM Modeling), it allows to manage the information within the model. The 4D simulation has better control of physical progress. It is also important to carry out the quantification of resources in terms of costs (Simulation 5D). The application of this technique in the work has turned into positive results, reducing time and costs, improving the workflow in the different specialties of the project, and the handling of the precise information, demonstrating that it is a fundamental tool in the execution. However, it can be used in early stages to improve the quality of construction projects.

Key Words: BIM, simulation, management, construction, resources

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA

Los proyectos de edificaciones en comparación con el resto de proyectos son más complejos y diversos, por la participación de diferentes especialidades, debido a que el sector de la construcción en nuestro país viene creciendo con mayor rapidez, convirtiéndose en una industria muy dinámica, surge con esto la exigencia de los clientes, para que los proyectistas finalicen lo más pronto posible con el proyecto, con la finalidad de iniciar la ejecución de las obras, sin anticipar o predecir los problemas que acontecen en la etapa de construcción de la obra.

Estos problemas que aparecen en la etapa de ejecución (falta de información, falta de definición, problemas de compatibilización de planos, interferencias entre elementos, entre otros.) generan mayores costos para el proyecto, como el desgaste innecesario del equipo técnico, entre otros, debido a la deficiente interacción entre las especialidades, deficiente proceso de colaboración, deficientes planos, ausencia de una metodología estructurada y planificada que permita mantener la información actualizada, etc.

Con el constante avance de herramientas ingenieriles para la gestión de recursos en la planificación de obras civiles, la presente investigación evaluó la eficiencia de la Metodología BIM en la etapa de ejecución de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno” para el control de tiempos y costos, donde se aplicó un conjunto de técnicas para simular el proyecto mediante representaciones tridimensionales (Modelamiento 3D), con lo cual permitió visualizar el proyecto a

construir, simular el proceso constructivo a través del tiempo (Simulación 4D), y el costo de ejecución a lo largo del proceso constructivo (Simulación 5D).

Muchos de los problemas que se presentan en la construcción pueden ser resueltas si se maneja de forma correcta, con la tecnología que hoy tenemos a nuestro alcance, como la metodología BIM. Esta herramienta, nos permite visualizar de manera virtual, el desarrollo de los procesos de diseño de todas las especialidades, ver el correcto o incorrecto avance, sus puntos de quiebre o incompatibilidades que se generan mientras se diseña. Del mismo modo, nos permite ver de manera virtual, la proyección de la planificación en 4D y 5D, que nos da la oportunidad de mejorar procesos, modificar planteamientos, visualizar posibles cambios tanto a nivel de diseño como de planificación, etc.

La metodología usada para esta investigación es del tipo aplicada ya que se empleó la metodología BIM a través de la simulación BIM 4D y BIM 5D para el control de la obra de edificación denominada: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO”.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿De qué manera influye la aplicación de la Metodología de Modelado de Información en Construcciones (BIM) en el proceso constructivo de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno” respecto a costos y tiempos?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera influye la aplicación de la Metodología de Modelado de Información en Construcciones (BIM 4D) en el tiempo de ejecución de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno”?
- ¿Cuál es la forma en la que influye la aplicación de la Metodología de Modelado de Información en Construcciones (BIM 5D) en el costo de ejecución de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno”?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la manera en la que influye la aplicación de la “Simulación BIM 4D, 5D” en el proceso constructivo de obras de edificación y su efecto en los tiempos y costos de ejecución para la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno” en la Municipalidad Provincial de Puno, 2017-2018.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de la Metodología de Modelación de Información en Construcciones (BIM 4D) en el tiempo de ejecución de la obra de Edificación “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno” en la Municipalidad Provincial de Puno, 2017-2018.
- Determinar la influencia de la Metodología de Modelación de Información en Construcciones (BIM 5D) en los costos de ejecución de la obra de Edificación “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno” en la Municipalidad Provincial de Puno, 2017-2018

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación de la Metodología de Modelación de Información en Construcciones (BIM), contribuye de manera eficaz en el proceso constructivo de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno”, respecto a tiempos y costos.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- La aplicación de la Metodología de Modelación de Información en Construcciones (BIM 4D), influye de manera positiva en el tiempo de ejecución de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno”.
- La aplicación de la Metodología de Modelación de Información en Construcciones (BIM 5D), influye de manera positiva en los costos de ejecución de la obra “Mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno”.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para desarrollar este proyecto de construcción se requieren de diferentes especialistas entre los cuales se encuentran arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros sanitarios, ingenieros electricistas, entre otros; de acuerdo a la complejidad que el proyecto amerita. Dichos profesionales abarcan sus especialidades de manera autónoma con muy poca comunicación y colaboración entre ellos, que en consecuencia generan documentos para la ejecución con una integración superficial de los mismos; razón por la cual, esta deficiente interacción en la etapa de diseño, suscita

incompatibilidades y errores que se presentan en la etapa de ejecución, las cuales se subsanan in situ, incluso sin intervención de los proyectistas, ocasionando un fuerte impacto negativo en el costo y tiempo programado. Todas estas repetitivas dificultades presentes en la ejecución de la mayoría de proyectos ejecutados en nuestra región evidencian urgentemente la necesidad de un cambio metodológico en el desarrollo de los proyectos de construcción que permita optimizar la generación de los documentos de obra, incidiendo en la interacción correcta, dinámica y adecuada de los mismos, la retroalimentación continua e interactiva en plataformas accesibles en cualquier etapa del desarrollo del proyecto.

CAPITULO II

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Para Viñas Villa (2015) durante la construcción de proyectos podemos acreditar que se presentan múltiples incompatibilidades y problemas que se generan en obra. El origen de estos problemas se concibe desde el inicio del proyecto, debido a un escaso y pobre desarrollo durante el proceso de diseño y planificación de estos. Existe un alejamiento entre lo proyectado y lo real, la realidad actual nos demuestra que el desarrollo de un proyecto no se da de manera conciliada, esto repercute en los tiempos de entrega, en el presupuesto, compromisos pactados, contratos, etc., generando un entorpecimiento entre las diversas especialidades y procesos involucrados.

Según Alcántara Rojas (Marzo,2013), hoy en día los proyectos de construcción requieren herramientas eficaces para gestionar la información del proyecto, a pesar de ello, el sector construcción es una de las industrias que a nivel mundial tiene bajos niveles de implementación de TIC para mejorar o innovar sus procesos. Una tecnología emergente es el uso de modelos 3D para almacenar toda la información del proyecto, aprovechando varias de sus aplicaciones como modelar en 3D para propósitos de compatibilización del proyecto, simulación 4D del proceso constructivo o la cuantificación de la cantidad de materiales.

Además, menciona que el realizar un modelado BIM-3D permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la

adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. También, permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando. BIM provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto. Esto puede proveer las bases para mejorar el planeamiento y programación.

El Instituto Tecnológico del Cantábrico (2015), en su publicación menciona que, gracias a herramientas como Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, Microsoft Project y Primavera, podemos tener un modelo unificado de los proyectos más complejos, con el cual tenemos una visión completa del proyecto. Autodesk Navisworks permite generar secuencias constructivas por sí solo, y también mediante sincronización con software de programación de proyectos con Microsoft Project y Primavera, logrando de su interacción, modelos interactivos 3D del proyecto, y simulaciones 4D (añadiendo la variable tiempo) y hasta 5D (añadiendo la variable costes).

Vilca Peralta (2014) en su tesis explica; que gracias a las nuevas tecnologías se ha pasado del tradicional dibujo a mano de planos en dos dimensiones a la existencia de software que posibilita el desarrollo de todo el proceso arquitectónico en tres dimensiones (proyecto y construcción). Permitiendo trabajar con un sistema integrado de información donde cualquier cambio que se ha hecho en cualquier lugar y en cualquier momento es automáticamente coordinado a través del proyecto entero, (...). Tanto es así que un nuevo cambio se está produciendo en el sector de la construcción, poco a poco CAD (Computer Aided Design) da paso a BIM (Building Information Modeling). Según un estudio realizado en EE.UU. por McGraw-Hill Construction (2009), la mitad de la industria está empleando BIM para el desarrollo de sus proyectos o alguna herramienta actual

relacionada con BIM, esto supone un incremento de usuarios en los dos últimos años de un 71% en el continente norteamericano.

Para demostrar la eficiencia realizó la elaboración de un proyecto de ingeniería en el que se utilizaran todas las herramientas que esta tecnología nos ofrece, y se midió cualitativamente todos los parámetros para determinar porque se debería usar e implantar, así como también se concluyó cuáles son las variables que no permiten que se expanda el uso de la misma, cuáles son las limitaciones y cuanto influye, la elaboración de éste mediante las herramientas que ofrece el BIM han de servir hasta la culminación del proyecto definitivo. (Vilca Peralta, 2014)

Como resultados se obtuvo que el modelamiento en planta (2D) como en una vista 3D posibilitan la visualización completa del proyecto, esto además permite obtener información como cortes, elevaciones, vistas foto realistas que dan una idea preconcebida del diseño final y detalles de manera automática lo que garantiza invertir el recurso tiempo en aspectos más puntuales como la concepción de varias alternativas en lugar de invertir este tiempo conceptualizando cortes, elevaciones u otra documentación, de esta manera el tiempo ahorrado es aprovechado en la realización de mejores diseños. En la especialidad de estructuras se ahorró tiempo dando más espacio a enfocarse en el análisis de diferentes propuestas de diseños estructurales, la seguridad, economía y eficiencia estructural que se debe ofrecer a las edificaciones, así como la mejora de la ingeniería de detalle. En el diseño de instalaciones eléctricas y sanitarias se optimizó el tiempo porque los planos han sido realizados conforme se hizo el diseño, asimismo las herramientas específicas para la especialidad facilitaron la fase de cálculo, diseño y dibujo. La realización de los metrados ha sido optimizada ya que el software ofrece la posibilidad de realizar un cómputo de materiales parametrizados en el modelo dinámico o modelo BIM que son fáciles de manejar por el usuario. (Vilca Peralta, 2014)

Espinoza y Pacheco (2014) en su tesis menciona que:

Actualmente la Industria de la Construcción en el Perú, viene creciendo de manera acelerada y a pesar de su crecimiento, los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: incumplimiento de los plazos y sobre costos, baja productividad, insuficiente calidad, altos índices de accidentes en comparación con otros sectores de producción, entre otros. La mayoría de estos problemas atribuibles a una ineficiente gestión desde etapas tempranas y a una inadecuada planificación y control de proyectos.

Hoy en día, existe software como el AutoCAD que es muy generalizado y no estandarizado. Esta tecnología basada en la representación gráfica, aparte de demandar tiempo para su elaboración, no son compatibilizadas entre sí, es decir entre plantas, cortes y elevaciones de la misma especialidad o de diferentes especialidades de un proyecto, resultando con ello la propagación de errores frecuentes en el diseño, los cuales se manifiestan en la fase de construcción a expensas del promotor, el contratista o el arquitecto, que se ven afectados por dichos re-trabajos y sobrecostos. Nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar estos problemas, disminuyendo los costos, los plazos y mejorando la calidad de los trabajos. BIM, acrónimo de Building Information Modeling, es una de estas. La investigación se basó en identificar los beneficios derivados de realizar una coordinación digital en etapas tempranas del proyecto utilizando tecnologías BIM y conceptos de constructabilidad. Para ello la propuesta de mejora se centró en la etapa de pre-construcción donde se analizó los factores que afectan a la constructabilidad mediante el uso de herramientas BIM teniendo como resultado general el aumento del porcentaje de constructabilidad en un 84%, es decir, que se revisó de manera virtual el proyecto en todas sus especialidades, se corrigió las incompatibilidades y se analizó los puntos críticos del proyecto.

Asimismo, Pacheco (2015) realizó: “un comparativo económico, confrontando el proyecto ejecutado de manera tradicional versus el proyecto ejecutado utilizando herramientas BIM y constructabilidad, obteniendo una diferencia de \$ 29,255.72 a favor del proyecto ejecutado mediante aplicación de BIM, es decir que el proyecto se pudo reducir en dicho monto”

Villalba Morenza (2015) en su investigación, realizó el estudio y modelado de un edificio de viviendas plurifamiliar entre medianeras, mediante metodología BIM para la obtención de la documentación que compone un proyecto básico y de ejecución. En primer lugar, realiza un estudio de la metodología BIM aplicada a la edificación. A continuación, lleva a cabo el aprendizaje de la tecnología, en concreto Revit Arquitectura, herramienta principal utilizada para la ejecución de este trabajo. Con el uso del programa Revit modela el edificio a partir de un proyecto de ejecución real, a medida que se avanza en el modelado y la introducción de información en la base de datos que es el modelo, va obteniendo los distintos documentos, planos, mediciones, etc, necesarios para cada una de las fases de la gestión del proyecto previa a la ejecución de la obra.

Berdillana (2008) presenta una investigación donde identifica los impactos, necesidades y oportunidades relacionados con la tecnología de visualización (3D y realidad virtual). Explica que la visualización de la información geométrica y no geométrica permite un manejo más consciente de los proyectos, manejar diversos niveles de detalles y para cualquier persona involucrada en el proyecto, es más fácil trabajar si se tiene una imagen clara del objetivo común a alcanzar.

La investigación presenta en los diversos capítulos la concepción global que procede de la revisión de la teoría en la tecnología de la información en la construcción, analiza la visualización de la información en la etapa del diseño y la construcción que

consiste básicamente en un trabajo coordinado entre diseñadores, planificadores y constructores durante todo el proceso, de manera que se establezca una permanente retroalimentación.

Presenta el modelo integrado de Información para la construcción (BIM), que integra múltiples soluciones para las distintas disciplinas, además propone implementar el BIM en la oficina, para aprovechar las poderosas capacidades de visualización y documentación basadas en una plataforma CAD. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Building Information Modeling (BIM)

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (Modelado de la Información del Edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc. (Coloma Picó, 2008)

BIM (Building Information Modeling) - Modelado de la información del edificio, se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas, caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus

calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc. (Salinas Saavedra, 2015)

El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación, es decir, se refiere a “simular, mediante un modelo, la información de la construcción”.

Esta es una nueva plataforma tecnológica que integra arquitectura, ingeniería y construcción, el modelado de información del diseño y proceso de construcción paramétrica cada uno de los elementos y componentes que conforman el proyecto, permitiendo tener un modelo único donde se centraliza la información general del proyecto.

La tecnología BIM tiene presente la idea que un edificio se debe poder estudiar durante todo su ciclo de vida. Esto incluye la fase de conceptualización, diseño, ejecución y también la de mantenimiento. Así, sus futuros usuarios podrán acceder a información que les será útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta. BIM también es una forma de trabajar en equipo, ya que los especialistas pueden trabajar en torno al modelo BIM del proyecto, esto debido a que la plataforma BIM contiene herramientas tecnológicas que permite crear, administrar y gestionar los modelos, genera una fuente de información para ser usada en cada una de las etapas del proyecto.

(Eastman, 2011) define BIM como el conjunto herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.

Desde el punto de vista de uno de los proveedores de softwares más relevantes de la industria, la compañía norteamericana Autodesk, BIM es un proceso basado en un modelo inteligente que proporciona una visión para ayudar a planificar, diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras. (Autodesk, 2015)

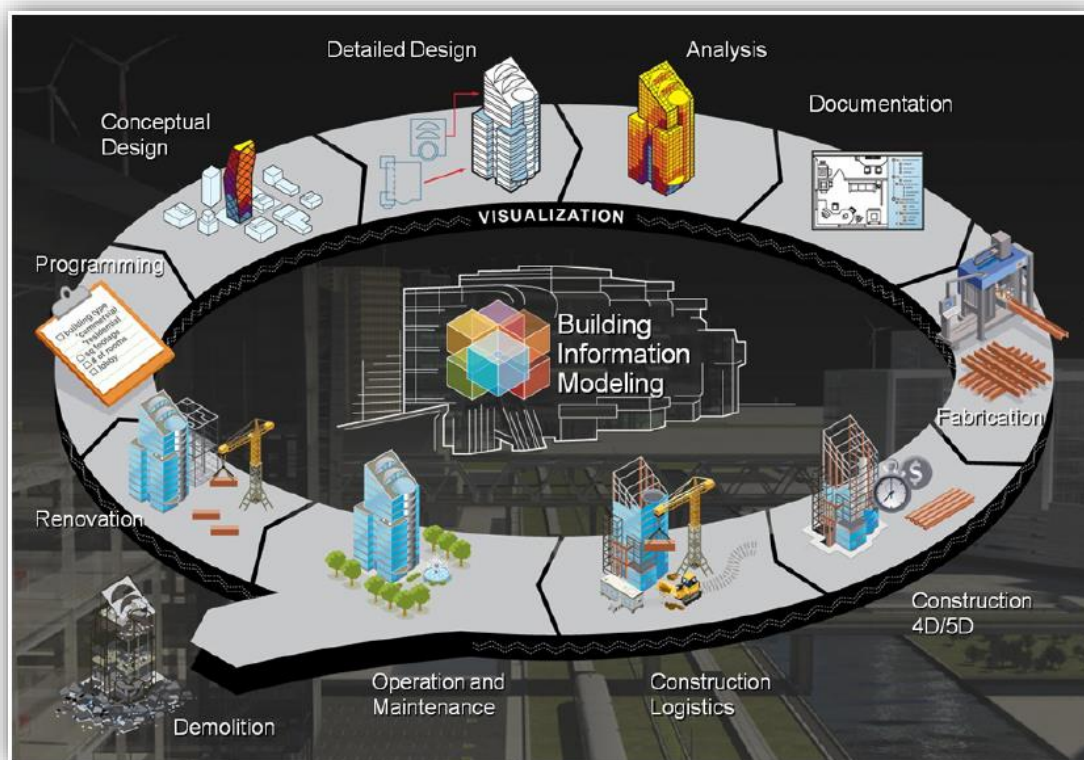


Figura N° 1: Ciclo de vida del proyecto
Fuente: (Autodesk, 2015)

Si bien cada una se centra en ciertos aspectos específicos de la tecnología, uno de los aspectos transversales que de alguna forma se logra comprender en todas es que BIM considera es por una parte el modelo tridimensional paramétrico con toda su geometría e información asociada, que puede ser utilizado durante todo el ciclo de vida de un proyecto, y los procesos asociados para desarrollar y utilizar estos modelos.

El BIM permite el manejo de la información de la edificación que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, así como las cantidades y las propiedades

de los componentes del edificio. La información se maneja en una base de datos que, gracias a su funcionalidad e inteligencia, permite que se actualice cada vez que ocurra un cambio en el modelo.

2.2.2. Beneficios BIM

Hablar de BIM, es hablar de una interrelación entre los diferentes involucrados que componen un proyecto. El poder evaluar y pre visualizar el diseño tridimensional y sus implicancias en distintas áreas de manera simultánea, sin que quede información al aire o dudas, aporta a la toma de decisiones considerando a todos los implicados en un proyecto.

Tradicionalmente, los proyectos de infraestructura en nuestro medio, se dan de acuerdo al siguiente diagrama:

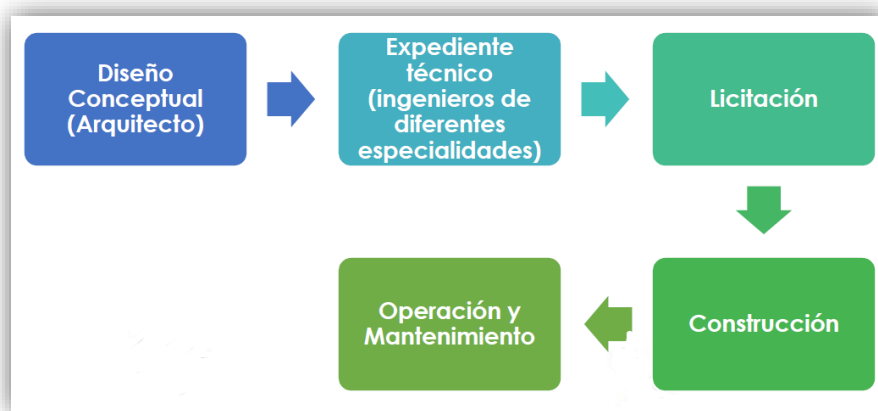


Figura N° 2: Método tradicional de desarrollo de un proyecto
FUENTE: (Encalada Ojeda, 2016)

Para Coloma Picó (2008), conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a término por parte de múltiples usuarios, aunque se ocupen de disciplinas diferentes. Así, dos arquitectos podrán trabajar en el mismo proyecto con la seguridad de que la información que uno

actualice estará disponible automáticamente para el segundo. Esto es bastante fácil de conseguir con las aplicaciones de CAD convencionales, si se emplean los procedimientos adecuados y hay pocos usuarios, pero empieza a ser complicado en proyectos grandes donde intervienen muchos modelos y diseñadores. La abundancia de archivos hace complicada su administración si no se dispone de la ayuda de un software específico que nos asista. Pero todavía resulta más complicada la colaboración entre arquitectos e ingenieros. Cada uno trabaja con archivos e información diferentes y su actualización por parte de las dos partes suele hacerse manualmente, lo cual es fuente de errores y de pérdidas de tiempos considerables.

También se debe invertir mucho tiempo en asegurar que los diversos modelos con los que se trabaja sean coherentes entre sí, puesto que todos ellos deberán ser perfectamente compatibles con el edificio una vez se construya. No sólo se trata de que las fachadas encajen con las distribuciones, sino que las instalaciones puedan pasar por los lugares adecuados o cualquier otra relación entre los sistemas que lo componen. En este sentido, no ayudan demasiado las aplicaciones habituales, puesto que sólo permiten trabajar con modelos que no se relacionan entre ellos ni son capaces de detectar interferencias entre diferentes sistemas (Coloma Picó, 2008).

La plataforma BIM contiene beneficios en todas las etapas de la construcción de un proyecto, reduciendo las incertidumbres, ya que es más fácil controlarlo con anterioridad, esto en base al trabajo integrado colaborativo entre los actores principales del proyecto. (Salinas Saavedra, 2015)

Etapa del Diseño:

- Aumenta la visualización del proyecto – Visualización Geo-espacial.
- Cumplimiento con las expectativas del cliente.

- Detección anticipada de problemas o interferencias en el diseño, estas son evaluadas a través de una construcción digital.
- Posibilidad de llevar el control de metrados y costos del proyecto.
- Obtención de planos compatibilizados integrados en un modelo único.
- Extracción de información (materiales, costos del proyecto, entre otros).
- Creación de imágenes foto- realistas.
- Reducción de documentación – modelo único.
- Sustentabilidad.

Etapa de Construcción:

- Diseño de maquetas virtuales de la construcción que sirven de guía en obra y reuniones.
- Disminución de cantidad de RFI (Requerimientos de información).
- Control del costo y logística de planificación del proyecto.
- Menos fabricación en obra, ya que estos se pueden ir prefabricando en campo.
- Mejor entendimiento entre los participantes.
- Análisis de método constructivo.
- Visualización y creación de animaciones in situ de maquinarias y equipos.
- Visualización de interferencias.
- Para montajes y fabricación, permite fabricar elementos.
- Simulación de la ejecución de un proyecto (4d)

- Obtención de cantidad de materiales y costos.
- Obtención de documentación as built.

Etapa Mantenimiento:

- Base de datos en el modelo para la administración, facilitando esta tarea.
- Modelos cubren todo el ciclo de vida de un proyecto.
- Modelos as built permiten realizar modificación/ ampliaciones futuras con toda la información in situ.

Los beneficios recaen en el análisis previo del diseño, construcción y operación del edificio, el que se basa en la disminución de errores lo que lleva a evitar sobre costos durante la construcción y operación del edificio.

El BIM también es una forma de trabajar en equipo, en la que tanto los proyectistas, arquitectos, ingenieros y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto. Esto se da ya que el BIM se soporta en herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar estos modelos BIM generando la fuente de información necesaria que pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo de entrega de proyectos. La teoría original del BIM recomienda un solo repositorio (modelo) con todas las partes extraíbles de información. Sin embargo, cada disciplina requerirá su propio modelo BIM para cumplir con sus obligaciones contractuales. Las soluciones coordinadas pueden entenderse como un modelo de integración del proyecto, como se muestra en la figura.

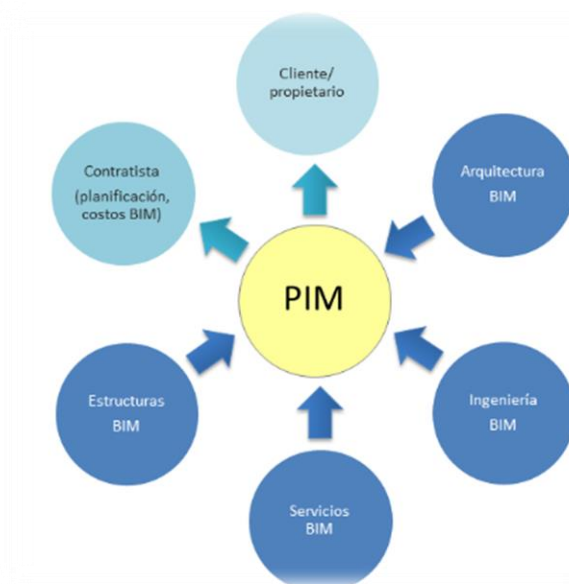


Figura N° 3: Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM
Fuente: National BIM Standard – United States

La curva de MacLeamy, nos muestra cuatro curvas diferentes, en el eje horizontal se observa las fases de un proyecto, mientras que en el eje vertical se muestra el efecto-costo-tiempo. A continuación, se describirá qué significan las curvas y su interpretación:

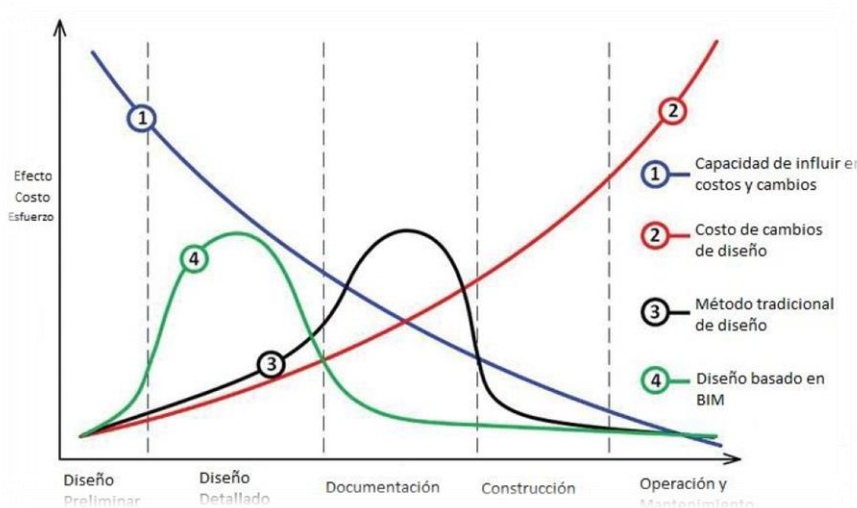


Figura N° 4: Curva De Macleamy
Fuente: Convención Nacional AIA – 2005

- Línea 1: Capacidad de influir en costos y cambios; Curva que indica que el esfuerzo es mayor cuando se encuentra en el proceso de diseño y construcción,

mientras que, en la etapa de operación y mantenimiento, el esfuerzo y efecto es mínimo.

- Línea 2: Costo de cambios de diseño; Curva que indica cuánto impacta al costo, los cambios que se realizan en las etapas del proyecto, y tal como se observa, el costo se incrementa a medida que el proyecto va avanzando sus diferentes fases o etapas.
- Línea 3: Método Tradicional de diseño; Curva que indica la metodología tradicional con la que se trabaja actualmente.
- Línea 4: Método basado en BIM; Curva que indica la metodología de trabajo con BIM durante las fases del proyecto.

Según la curva de MacLeamy, cuando se trabaja con la metodología tradicional, el esfuerzo-costo-efecto es mayor en las etapas de documentación y construcción; mientras que trabajando con la metodología BIM, el esfuerzo-costo-efecto es mayor en la etapa de diseño detallado lo que notablemente marca una diferencia, ya que tal como se aprecia, cualquier cambio que se produzca en las etapas de documentación y construcción, produciría mucho mayor impacto en cuanto al costo, a diferencia de la metodología BIM. También se puede denotar que, en la curva de la metodología tradicional, se cruzan las líneas de capacidad de influencia en costos y desenvolvimiento y la línea de costo de cambios del diseño; lo que representa un estado crítico de desarrollo; estos cruces se dan en la fase de construcción, lo que representa un estado aún más crítico.

Mientras que en la curva de trabajo con metodología BIM, estas líneas no se cruzan, y el impacto y esfuerzo ante los cambios se sitúan en la fase de diseño detallado, cuando lógicamente es mucho más sencillo de modificar los cambios necesarios, representando un menor costo. (Encalada Ojeda, 2016)

2.2.3. Modelamiento BIM-3D

El modelamiento 3-D consiste en representar gráficamente el proyecto completo. En el modelo 3-D se plasma toda la información del proyecto: desde el terreno, muros, ventanas, carpintería, aparatos sanitarios, mobiliario, etc. El modelamiento 3-D que es aplicado al BIM, se diferencia en que no sólo se cuenta con atributos geométricos y visuales, sino también mantienen asociadas las características físicas o funcionales de los materiales u objetos (dimensiones, fabricantes, peso, propiedades térmicas, resistencia, componentes, etc.) (Encalada Ojeda, 2016)

Según define CAPECO mediante su Comité BIM (2014) permiten mejoras en el desarrollo de proyectos de construcción con los siguientes objetivos:

- Mejorar la comunicación entre todas las disciplinas involucradas en la Construcción
- Facilitar la exportación de los Modelos a plataformas CAD
- Facilitar la importación de detalles desarrollados en CAD a la Plataforma BIM
- Masificar los usos de BIM en las diferentes etapas de la construcción
- Estandarizar el uso de los Niveles de Detalle en cada etapa de un Proyecto
- Definir los Niveles de Desarrollo en cada etapa de un Proyecto
- Permitir el control de avance de los Modelos BIM

Este modelamiento es el que representará todas las especialidades del edificio, es el que plasmará toda la visualización del proyecto. El modelo 3-D debe mantener una orientación (object oriented) para que se garantice la parametrización de los objetos.

Para aplicar la metodología BIM, es fundamental tener un buen modelo 3-D, ya que es de este modelo, del que se extrae toda la información y documentación como planos, metrados (cuantificaciones), cubicaciones, renderizados, entre otros; los cuales serán de vital importancia durante la ejecución del proyecto.

El modelo 3-D no sólo brindará información y documentación, sino que también permitirá a los involucrados tener una representación realista de los elementos geométricos que compondrán la edificación, permitirá obtener visualizaciones geométricas detalladas de acuerdo a los requerimientos. Así como también podrá permitir realizar recorridos virtuales por toda la edificación como si se tratase de un recorrido real, observando a detalle la composición de la infraestructura y otorgando una idea más clara de que es lo que se quiere obtener cuando se termine de ejecutar el proyecto. (Encalada Ojeda, 2016)

2.2.3.1. Nivel de Detalle (LOD)

El modelo BIM 3-D, en la metodología BIM representa el depósito donde se encuentra almacenada toda la información de la edificación, es por esto que el modelo BIM 3-D, mediante el BIM Manager, debe asegurar a los involucrados que se trate de un modelo íntegro y de fácil coordinación de información para los involucrados de diversas áreas.

Esto conlleva a mantener una confusión respecto a ¿cuánto y qué es necesario para cada área o etapa? Es decir, muchas veces se piensa que cuánto más asemejado a la realidad (en detalles, en información, en propiedades físicas, etc.) sea un modelo puede traer mejores resultados, lo que es completamente erróneo.

El modelo BIM 3-D debe adecuarse a lo que se requiere, resulta ilógico pensar que se modele un proyecto con un nivel de desarrollo altísimo, cuando se trata de un

anteproyecto, o por otro lado, tener un modelo muy básico cuando se trata de una edificación hospitalaria donde se maneja una gran cantidad de información y documentación. La diferencia entre los diferentes niveles de desarrollo se ve marcada por la demanda de tiempo y costo que se emplean para modelar con ciertos niveles de desarrollo. (BIM Forum, 2013)

LOD 100 – Diseño Conceptual:

El elemento debe estar representado gráficamente con un símbolo o alguna otra representación. Incluye elementos como masas, diseño conceptual y Etapas o Fases del Proyecto.

LOD 200 – Desarrollo de Diseño:

El elemento es representado gráficamente como un sistema genérico, aporta información general con información de tamaño, forma, ubicación y orientación. Este nivel permite hacer un análisis de mediciones, cuantificaciones; aunque estas pueden variar. También puede incluir información no gráfica.

LOD 300 – Documentos para construcción:

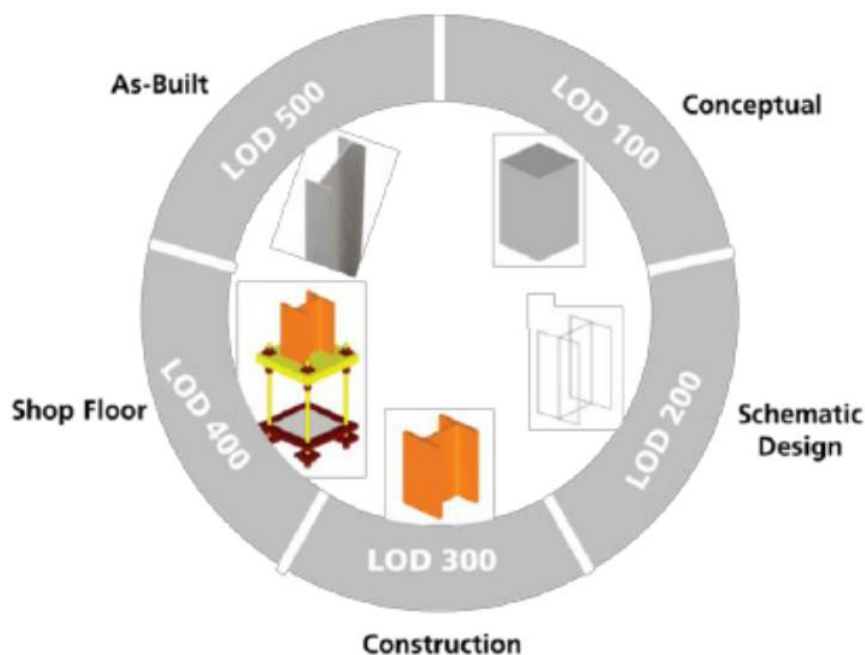
El elemento en este nivel ya está representado por un sistema, el modelo ya adquiere información y geometría precisa de los elementos constructivos. Este nivel permite generar documentación de construcción tradicional.

LOD 400 – Fabricación y Montaje:

Este contiene elementos en los cuales los componentes ya están definidos y pueden ser complementados con detalles para facilitar la información de fabricación específica para el proyecto, montaje e instalación.

LOD 500 – Operación y Mantenimiento:

El elemento está definido geoméricamente en detalle, la posición, sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. El modelo contiene información del edificio As built. Permite iniciar las operaciones de mantenimiento y operación.



*Figura N° 5: LOD'S aplicado a un elemento específico
(FUENTE: AIA 2013)*

2.3.2. Detección de Interferencias-Incompatibilidades

La actual metodología de trabajo en nuestro país, como ya se explicó anteriormente, consiste en que cada involucrado trabaja aisladamente de los otros, el arquitecto plantea una arquitectura, en la cual el ingeniero estructural tiene que acomodar la estructuración de la edificación a los planos de arquitectura, aunque a veces simplemente se tiene que cambiar cierta distribución ya que no cumple con los requisitos estructurales. Por su parte los ingenieros de las especialidades de sanitarias y eléctricas elaboran por separado las distribuciones para el área correspondiente. (Encalada Ojeda, 2016)

Todos estos involucrados plasman sus trabajos en planos 2-D y en documentos como especificaciones técnicas, memorias de cálculos, etc., esta documentación es reunida conformando un expediente técnico que posteriormente será licitado, para que una contratista ejecute la construcción de la edificación, sin saber si la documentación está completa, si es precisa, sin conflictos o ambigüedades.

Por esa razón los planos que se envían a obra deben indicar impecablemente todos los detalles, niveles, y dimensiones en cortes y elevación de los elementos que serán replanteados y construidos, debiéndose haber resuelto a priori todos los errores que figuran en los planos debidos a un mal diseño u omisiones como resultado de una inadecuada representación gráfica bidimensional. En ese sentido, el Modelado de la Información de la Edificación (BIM), es una herramienta útil y poderosa para revisar, corregir y optimizar toda la información que llega a la constructora a través de planos 2D de los proyectistas. (Taboada García, 2016)

Entonces es la contratista la encargada de armar un cronograma de obra, planificar diversos aspectos para la ejecución, pero no siempre (casi nunca) el proyecto podrá desarrollarse sin cambios o alteraciones. Es en esta etapa de construcción en la que recién surgen los problemas, como incompatibilidades, errores, omisiones, discrepancias, contradicciones, interferencias, etc. Los documentos contractuales; planos, especificaciones técnicas, memorias de cálculo; deben cumplirse tal cual lo estipula el contrato.

A. Incompatibilidades:

Las incompatibilidades son problemas que se deben a una incorrecta representación gráfica en los planos cuando el detalle de un elemento no guarda relación con lo indicado en los demás planos. Por ejemplo, cuando una viga aparece de un ancho

distinto en el plano en planta si lo comparamos con otro plano de corte o de detalle de la misma viga. Cuando en campo se detecta este error en los planos, se generará incertidumbre durante la construcción de cierta actividad de encofrado o armado de acero de esta viga, ya que los trabajadores no sabrán qué planos respetar para cumplir con la actividad según lo planificado. Además, esta observación necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal residencia-supervisión, mientras supervisión, como instancia superior a la residencia, realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto para que la observación sea levantada y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, para que sean entregadas a la residencia. (Sigurdur, 2009)

Las incompatibilidades surgen debido a representaciones gráficas que no guardan relación con otra documentación, es muy común encontrar planos generales donde se indican ciertas dimensiones, y en planos de detalle, encontrar información completamente distinta respecto a las dimensiones de un elemento. Por otro lado, en nuestro país, se acostumbra mucho a copiar información de un proyecto para usarlo en otro completamente diferente, es decir, muchas veces solo se cambia en la documentación, la geometría de la edificación, mientras que los detalles, especificaciones técnicas, procedimientos constructivos, propiedades del suelo y aspectos geográficos son ignorados y solo se insertan de “relleno” en los planos y no corresponden al proyecto en cuestión, o muchas veces simplemente ni se colocan y los planos quedan incompletos. (Encalada Ojeda, 2016)

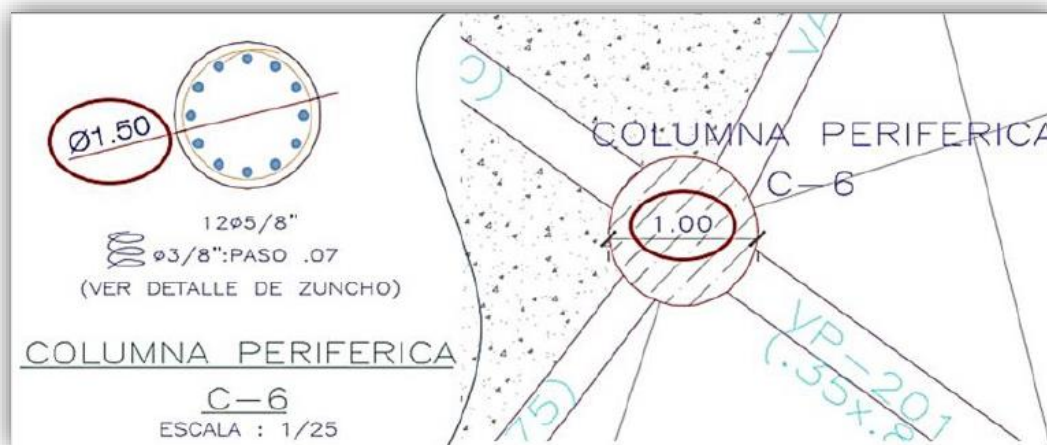


Figura N° 6: Ejemplo de incompatibilidad en planos (Disciplina: estructural)
Fuente: Internet

B. Interferencias:

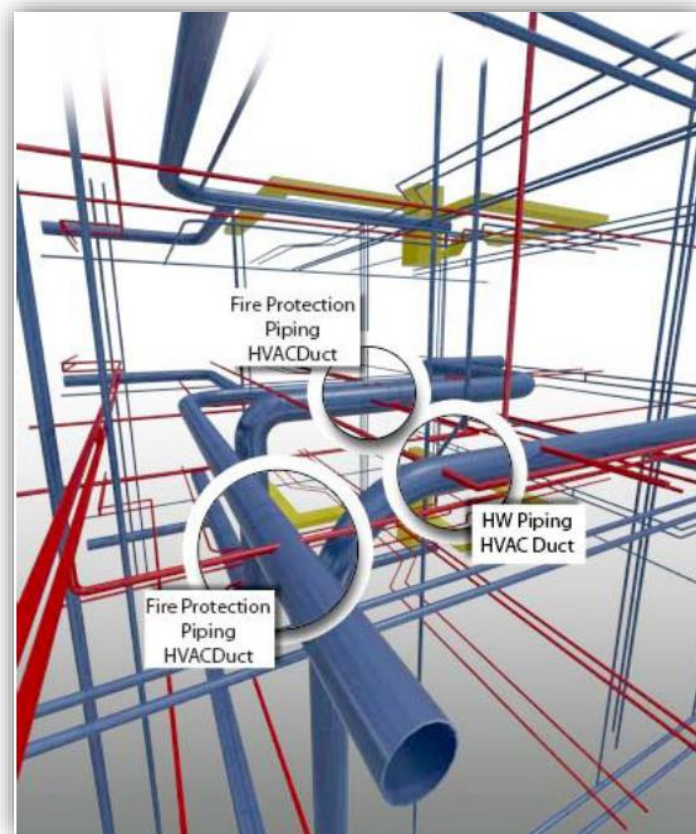
Las interferencias son deficiencias que se encuentran en los planos, estas generan que un elemento, ya sea por su geometría, sus propiedades físicas, su ubicación, etc.; no permita su construcción o correcta instalación.

Las interferencias son problemas que por lo general ocurren entre los planos de las distintas especialidades debidos a su deficiente integración y, como vimos, usualmente y sobre todo en las instalaciones, las interferencias son detectadas y resueltas en campo, los cuales generan posteriormente órdenes de cambio, causando retrasos y sobrecostos. De ahí la necesidad de usar herramientas adecuadas que permitan alertar con tiempo la presencia de interferencias, de esta forma habrá un mayor tiempo que se le puede destinar para resolverlo y, lo que es mejor aún, mucho antes de llegar a campo. (Berdillana, 2008)

Debido a la metodología actual de trabajo, los especialistas al trabajar separados, harán sus distribuciones de manera más conveniente para el proyecto, y muy pocas veces se coordina entre otras especialidades para saber si su planteamiento va de acorde a las distribuciones de otras especialidades, por ejemplo, un problema típico es que el ingeniero

sanitario plantea la bajada de un montante por un “muro” del edificio porque de esa forma las tuberías tendrán una mejor distribución; pero en ese muro, según el ingeniero estructural, se encuentra ubicada una placa de concreto armado. (Encalada Ojeda, 2016)

El proceso de modelado comienza con la elaboración de un modelo BIM-3D de la estructura de la edificación, luego de la arquitectura y después de las instalaciones. Es decir, al final se tienen distintos modelos BIM-3D por especialidad, que pueden ser integrados y centralizados en uno solo de tal manera de visualizar el proyecto como un todo y encontrar interferencias y conflictos entre los elementos sólidos 3D de estas especialidades (Tatum, 1987)



*Figura N° 7: Ejemplo de interferencia Detección de Interferencias
FUENTE: (TROJAOLA, 2012)*

Según el estudio realizado por Juan Vásquez (2006), la “incompatibilidad de planos”, representa un 35% del total de problemas ocurridos en obra debidos a un mal diseño, seguidos de un 13% por incompatibilidad con requerimientos municipales y/o con la Norma, y posterior a estos con porcentajes entre 11-9% se presentan las modificaciones en obra por errores arquitectónicos, modificaciones en obra por errores estructurales, modificaciones en obra por errores en instalaciones y/o mecánica de suelos, así como también falta de coordinación entre involucrados con el proyecto.

De igual forma, en el estudio realizado por Alcántara Rojas (2013), se observa que un 67.11% del total de consultas emitidas se deben a “deficiencias en los documentos de diseño/ingeniería”, así mismo se hace un desglose por especialidades, en la que se observa cuáles son las especialidades que representan mayor incompatibilidad, teniéndose casi más del 55% la falta de detalles en instalaciones, arquitectura y estructuras, y en rangos de 9-7%, incompatibilidades entre estructuras y arquitectura.

2.2.4. Simulación BIM 4D

El modelamiento BIM 4-D consiste en añadir el parámetro “TIEMPO” al modelo BIM 3-D. En base a este modelo, es posible vincular los objetos parametrizados con actividades específicas o partidas de construcción. Es así que a partir de estas actividades podemos desarrollar la Programación de Obra, como un Diagrama Gantt por ejemplo. El principal objetivo del modelamiento 4-D es generar una simulación de la construcción, denominada también simulación 4-D, en la cual gracias a la vinculación de un modelo BIM 3-D y un Diagrama de Gantt, puede exhibirse una construcción virtual, indicando plazos y tareas planificadas para poder tener un mayor control sobre la construcción y el tiempo. (Encalada Ojeda, 2016)



*Figura N° 8: Parámetro “Tiempo” añadido al 3-D = Modelamiento 4-D
Fuente: (Encalada Ojeda, 2016)*

Es el proceso en el cual se utilizan un Modelo BIM 4D (3D + tiempo) para planear las fases y/o etapas de ocupación en una remodelación, renovación o adición y también para mostrar la secuencia constructiva de una edificación.

Un Modelo 4D es una herramienta muy potente para la visualización y comunicación de los detalles de un proyecto pudiendo darle a todos los involucrados en el mismo un mejor y más claro entendimiento del proyecto y de sus fases y/o etapas. (CAPECO; Comité BIM, 2014)

Conceptualmente, el 4-D es una representación del tiempo y el espacio, presentada como una animación que simula el proceso de transformar un espacio a través del tiempo reflejando la cuarta dimensión en ingeniería y construcción.

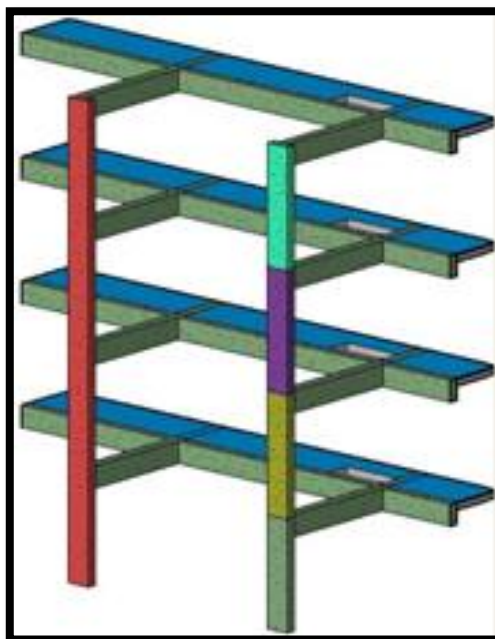
El modelamiento 4-D se ha convertido en una potente herramienta para la planificación y programación de una obra. No sólo permite la visualización del proceso constructivo, sino que también permite analizar los espacios necesarios que se requieren para el desarrollo del proyecto, ya sean almacenes, casetas de guardianía, hasta campos para la descarga de material, e incluso tener control de dónde se ubicarán ciertos equipos de uso común en la construcción actualmente. (BIM Forum, 2013)

En términos de programación, la simulación 4-D, permite mantener un control de planificación mientras el proyecto se va realizando, ya que el modelo vincula las diversas tareas o partidas con el tiempo que le toman a cada una de ellas desarrollarse; es así que aplicando métodos de productividad como el Look Ahead – Last Planner (Lean Construction), permitiría llevar una mejor planificación del proyecto y su avance, control de la logística y suministro de materiales, distribución de áreas de trabajo, control de manufactura, etc.

2.2.4.1 Componentes de la simulación BIM 4D

✓ Modelo BIM 3-D de la edificación

Contiene los componentes u objetos 3D de la edificación, cuya colocación en el tiempo será simulada. Se resalta la importancia de preparar el modelo 3D para la simulación, esto facilitará la tarea de asociar cada uno de sus componentes a cada una de las tareas de la programación de obra. Para ello se recomienda tener en cuenta que el modelo 3D debe haber sido elaborado siguiendo el mismo proceso constructivo, ya que en algunos casos por abreviar el tiempo de modelado 3D, se colocan los elementos continuos o unidos. Por ejemplo, cuando en una edificación de cuatro niveles se modela la columna como un único componente 3D a lo largo de todos los pisos, cuando por criterio constructivo la columna se construye piso por piso. En este caso la columna debe ser modelado por segmentos para tener cuatro “componentes columnas” distintos (Vea la Figura 9). Esto es válido desde el punto de vista del programador 4D, para que la tarea de asociar los objetos columnas a los tiempos en que serán construidos sea más directa y tenga mayor coherencia. (Alcantara Rojas, Marzo,2013)



*Figura N° 9: Formas de modelar una columna usando un software BIM.
FUENTE: (Alcantara Rojas, Marzo,2013)*

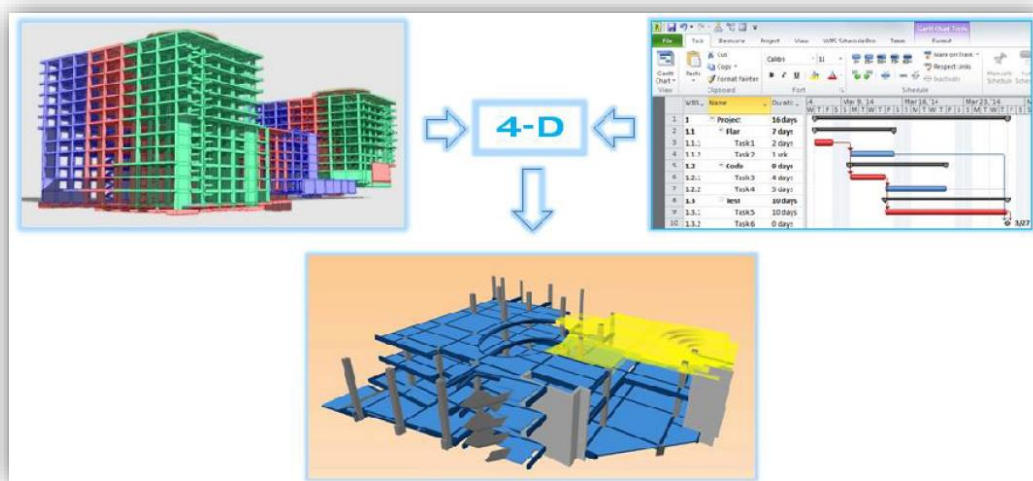
✓ Cronograma de Obra

En proyectos de construcción de nuestro medio, los programadores de obras elaboran el calendario de programación de obra por partidas. Pero desde el punto de vista del programador 4D, la programación de obra debe orientarse a un flujo por procesos. En tal sentido, se requiere elaborar una programación de obra modificada, adecuando los plazos que se tiene en la programación de obra original a la ejecución de tareas por procesos. (Alcantara Rojas, Marzo,2013)

El cronograma de obra que se va a vincular al modelo 3-D para obtener la simulación 4-D, es un cronograma Gantt en el cual se presentan las tareas a ejecutarse, asignadas a una duración y a su vez una secuencia entre ellas.

En la actualidad, los cronogramas de obra de los proyectos de construcción, se realizan de forma sistemática, es decir se hacen por partidas de acuerdo a las que están establecidas en el presupuesto, y no a manera de flujo de un proceso; es decir que si en

las programaciones de obra tradicionales se tienen tareas globales como “Columnas”, “Vigas” o “Losas macizas”, no se tiene una relación calendarizada de dichas tareas, ya que si se les estima tiempos globales y no se les separa por pisos o sectores, no están representado el proceso constructivo; lo que dificulta a las contratistas llevar a cabo la construcción rígidamente acorde a la programación; es por eso que esta herramienta de modelamiento 4-D adecúa los plazos de la ejecución de la obra a un flujo de tareas de acuerdo al procedimiento constructivo real. (Encalada Ojeda, 2016)



*Figura N° 10: Vinculación del modelo BIM 3-D con el cronograma de Obra
Fuente: (Encalada Ojeda, 2016)*

El modelo BIM 3-D vinculado con el Cronograma de Obra (Diagrama Gantt), dan como resultado una simulación 4-D, en la que claramente se puede visualizar el proceso constructivo y aquellas discrepancias o conflictos constructivos que pueden surgir de la programación de obra, situaciones que normalmente no se aprecian en un Diagrama de Gantt. (Encalada Ojeda, 2016)

Para realizar la simulación BIM-4D se requiere que el modelo 3D esté culminado, el cual debe haber sido modelado siguiendo los mismos criterios que se tomarían para su

construcción real, esto facilitará realizar la simulación del proceso constructivo. (Alcantara Rojas, Marzo,2013)

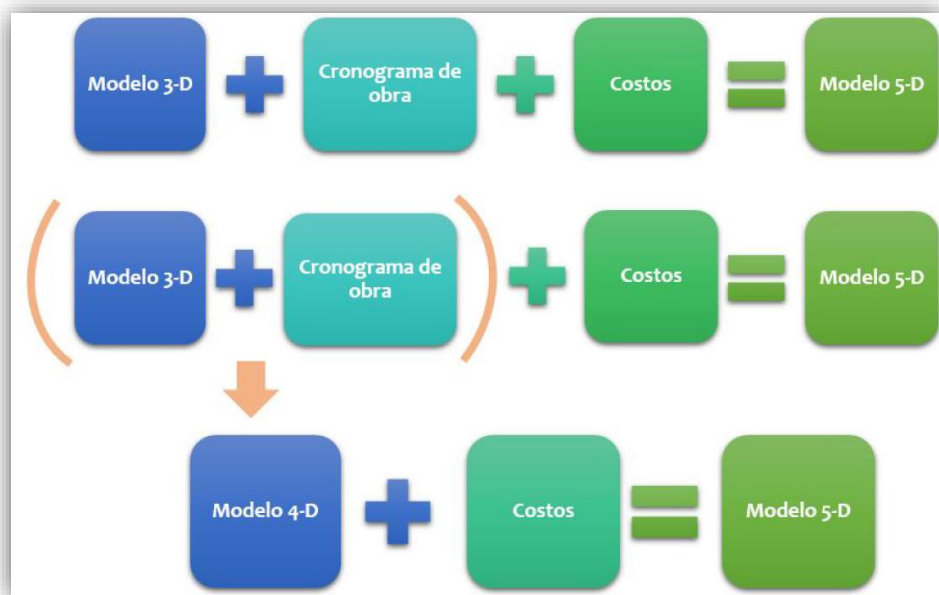
2.2.5. Simulación BIM 5D

La gestión de costos es otro aspecto fundamental en la construcción. BIM permite vincular unos costos al modelo, los cuales nos proporcionará la cantidad de materiales que son necesarios para construir el modelo. Estos valores se pueden obtener desde las primeras etapas de diseño, y van evolucionando a la par que el proyecto. El control de costos es de especial relevancia en el desarrollo de las obras, donde se pueden generar informes de los gastos mensuales. La ventaja del presupuesto es que está compuesto por los mismos elementos que el modelo por lo cual con una asignación en los costos se actualiza todo, la desventaja es que no todo se modela como pueden ser los medios auxiliares como encofrados, por lo que se ha de considerar en las partidas o añadirse posteriormente. (Montilla Duque, 2017)

La quinta dimensión del BIM permite añadir datos sobre las estimaciones precisas de costes en un modelo de información visual. Estas modificaciones se llevan a cabo de forma simultánea al proceso constructivo. Además, permite modificaciones en tiempo real sobre el diseño mostrando cada evaluación y corrección a todos los agentes implicados. Sobre el diseño BIM creado, por ejemplo, con Revit de Autodesk, podemos vincular costes del objeto BIM o del modelo. También podemos establecer la cantidad de materiales que necesitamos para su construcción. De este modo, obtenemos los datos precisos de costes en la fase inicial de diseño. Así, podemos ir adaptándolo en función de las necesidades a medida que avanza el proyecto. (Seys, 2018)

El modelamiento 5-D consiste en añadir el parámetro “COSTO” al modelo 3-D+Tiempo (Modelo 4-D), es decir que el 5-D se basa fundamentalmente en la adición de

los costos a un modelo que ya está compuesto por la geometría, espacio, información, así como el tiempo.



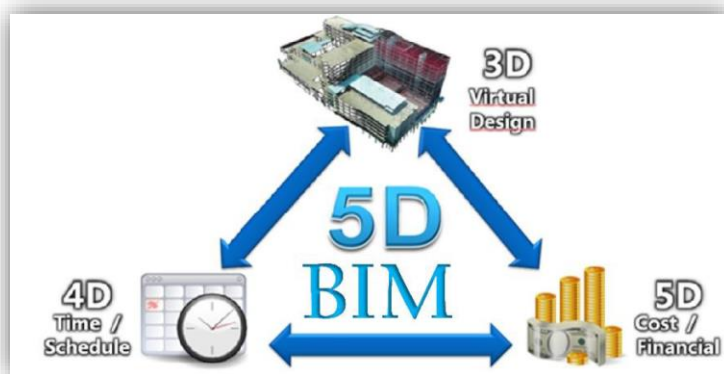
*Figura N° 11: Parámetro “Costo” añadido al modelo 4-D= Modelo 5-D
FUENTE: (Encalada Ojeda, 2016)*

Este parámetro es añadido para así lograr una gestión de costos a lo largo de todo el proyecto, así mismo, tienen la capacidad de visualizar el progreso del proyecto con respecto a los costos y el financiamiento del proyecto.

El modelamiento 5-D BIM nos ayuda a integrar el diseño, la programación y el análisis de costos o presupuesto, para de esta forma poder demostrar principalmente al cliente, lo que pasa cuando el presupuesto o la programación son alterados de manera que representen cambios y variaciones al proyecto, organizar la información obtenida de acuerdo a costos, información financiera, ratios de productividad, y así mismo obtener los indicadores del proyecto.

De esta manera es mucho más sencillo empezar a analizar el desempeño a lo largo de todo el proyecto, y así también permitir una total coordinación entre los involucrados

al momento de toma de decisiones, en caso se deba cambiar de estrategias y promover cambios sustanciales que colaboren el desarrollo del proyecto con la finalidad de obtener mejores resultados y evitar riesgos que podrían representarse en pérdidas. (Encalada Ojeda, 2016)



*Figura N° 12: Relación entre el 3D - 4D - 5D
FUENTE: (Encalada Ojeda, 2016)*

En el presente, existen diversas maneras de gestionar los costos de un proyecto, como se sabe, las más utilizadas son el uso de valorizaciones periódicas, curva S, etc.

Como se sabe, son las valorizaciones periódicas las que en la actualidad se consideran con mayor frecuencia, sobre todo en los proyectos públicos, pero cada vez se viene haciendo uso de otras herramientas para la gestión de costos, Estos indicadores permiten controlar la gestión de los costos durante la etapa de ejecución de un proyecto basándose en el presupuesto y el cronograma de obra del proyecto. Es entonces que el modelamiento representa una herramienta bastante útil con la cual se pudo llevar a cabo una mejor gestión de los costos de acuerdo a sus diferentes funcionalidades

Tabla N° 1: Deficiencias en los documentos para la ejecución de obras

Deficiencias por especialidad	%
Faltan definir detalles de instalaciones	19.99
Faltan definir detalles de elementos de arquitectura	19.01
Faltan definir detalles de elementos estructurales	16.98
Incompatibilidad entre los planos de estructuras y arquitectura	9.70
Incompatibilidad entre los planos de estructuras	9.06
Incompatibilidad entre los planos de arquitectura	7.40
Incompatibilidad entre los planos de instalaciones y arquitectura	4.19
Interferencia entre instalaciones y elementos de estructuras	3.32
Incompatibilidad entre los planos de la misma especialidad	2.41
Inconsistencias u omisiones en las especificaciones técnicas	2.20
Interferencia entre instalaciones y elementos de arquitectura	1.83
Incompatibilidad entre los planos de instalaciones	1.60
Incompatibilidad entre los planos de instalaciones y estructuras	1.47
Interferencia entre instalaciones	0.85

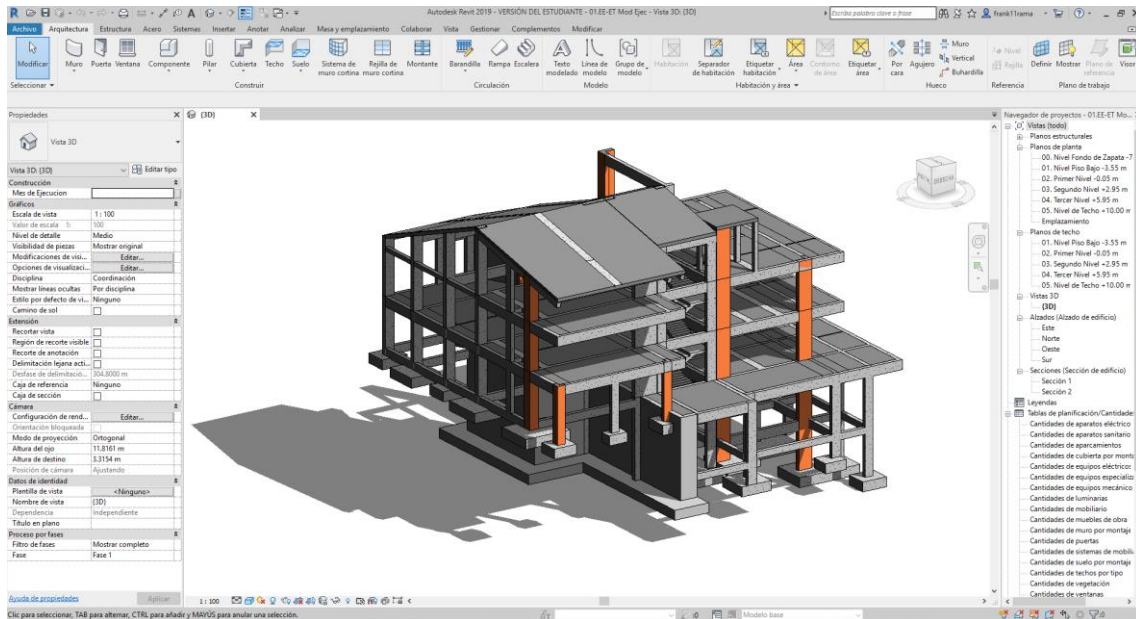
FUENTE: (Alcantara Rojas, 2013)

2.2.6. Software de aplicación BIM

Para este caso de estudio donde participan diferentes especialidades dentro de la infraestructura se vio por factible el uso de los softwares de programa computarizado de la empresa Autodesk, la cual ofrece licencias estudiantiles para la aplicación de sus programas y para este proyecto se tiene la utilización de los siguientes programas BIM.

2.2.6.1. Software Autodesk REVIT (Modelamiento BIM)

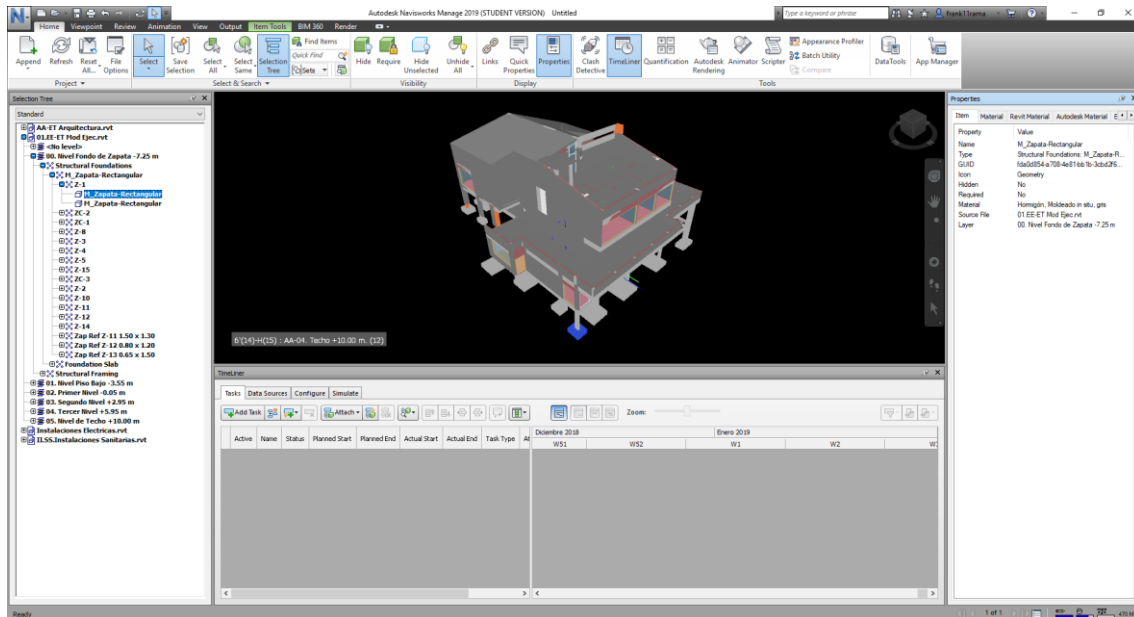
Este programa nos permite realizar el modelamiento de infraestructuras donde reúnen características para diseño arquitectónico, ingeniería MEP y estructural, y construcción. Revit admite un proceso de diseño multidisciplinario y colaborativo.



*Figura N° 13: Entorno de Trabajo del Software Autodesk REVIT
FUENTE: Elaboración propia*

2.2.6.2. Software Autodesk NAVISWORKS (Gestión de Información BIM)

Con la aplicación de este programa nos permite integrar las diferentes especialidades que intervienen y forman parte del proyecto, dentro de este programa podremos gestionar la información insertada en el programa Autodesk REVIT para así tener una participación colaborativa con todos los participantes de las diferentes especialidades y de esta manera coordinar el trabajo de manera eficiente.



*Figura N° 14: Entorno de Trabajo del Software Autodesk NAVISWORKS
FUENTE: Elaboración propia*

2.2.7. BIM en el mundo

En Finlandia, estas acciones se ven reflejadas en la fuerte inversión pública para la investigación de nuevas tecnologías desde los años 70. Además, desde el año 2001 se han llevado a cabo una serie de proyectos pilotos para el desarrollo y estudio de BIM en la construcción (JUHOLA, 2011)

En Noruega, Statsbygg, entidad del gobierno encargada de la construcción pública, exige el uso de BIM en todos los proyectos públicos desde el año 2011. Gracias a esta iniciativa el conocimiento de BIM en la industria de la construcción noruega se ha expandido al punto de que actualmente la mayoría de los proyectos razonablemente complejos usan esta tecnología (JUHOLA, 2011)

En Singapur, el objetivo de la Autoridad de Construcción y Edificación, BCA, es tener BIM implementado en la mayoría de las construcciones públicas para el 2015, además el gobierno en conjunto con la BCA tiene diferentes tipos de motivación del uso y conocimiento de BIM tanto a empresas como profesionales y estudiantes. Ejemplo de

esto es la facilitación de apoyo financiero a compañías por la implementación de BIM y competencias de uso BIM (JUHOLA, 2011)

Actualmente, en Reino Unido todos los proyectos de construcción financiados por el gobierno con un costo mayor a £50 millones (~80 millones US\$) tienen que tener implementación de modelo 3D, pero para el año 2015 se espera bajar este valor a £5 millones (~8 millones US\$) con recomendación de que este modelamiento sea realizado con BIM, a excepción de proyectos en los cuales el costo de BIM sea mayor a los beneficios. Con esto se quiere conseguir un ahorro del 20% de los costos de construcción, funcionamiento y uso de carbón. Gracias a esta iniciativa el uso de BIM se ha expandido a proyectos no gubernamentales (Instituto Tecnológico del Cantábrico, 2015)

Además, diferentes entidades y universidades a nivel internacional han dedicado varias investigaciones a crear documentación respecto del uso de la tecnología BIM, y con estos se han desarrollado, guías de implementación y trabajo que hasta el momento son útiles en nuestra industria (Aliaga, 2012)

2.2.8. BIM en el Perú

El BIM en el Perú, es cada día un tema que toma mayor importancia; esto se debe a que cada vez las empresas deciden implementar esta tecnología con el fin de obtener mejores resultados en sus proyectos. Es por esto que, en septiembre del 2012, se decide presentar oficialmente al COMITÉ BIM DEL PERÚ, en la ciudad de Lima.

El Comité BIM pertenece al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD), organismo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), y es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo.

Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación del BIM, promover las capacitaciones de herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.

Es así que, desde entonces, el Comité BIM ha venido difundiendo de diversas maneras esta metodología a nivel nacional, y en busca de mejores prácticas y un mejor uso de esta tecnología, es que, en agosto del 2014, difunden documentación en la que se manifiesta los estándares de modelamiento en los cuales se viene trabajando, a todos esto los han denominado “Protocolos BIM” para ser usados como base para el desarrollo de Proyectos de infraestructura utilizando esta metodología. Según CAPECO, Comité BIM (2014) los Protocolos BIM son cuatro:

- BIM_01: Introducción

Breve introducción y explicación de los Protocolos BIM, su propósito y objetivo: “Los Protocolos BIM aseguran que todas las empresas, profesionales o personas que estén involucradas en los procesos de construcción tengan una herramienta base para que, al momento de compartir información, esta sea consistente entre todos los usuarios permitiendo que el intercambio y reúso de información sea eficiente. Así mismo, permitirán ser usados como referencia base para la licitación y/o concurso de Proyectos en los cuales BIM sea un requerimiento”.

- BIM_02: Documentación General

Este documento contiene información para organizar a las diferentes Especialidades y Especialista que forman parte de un proyecto.

- BIM_03: Documentación CAD

Este documento presenta la estandarización respecto a todo lo referente a la importación y exportación de información de AutoCAD hacia un modelo y de este hacia AutoCAD con el propósito de incluir información en 2D (detalles generados en CAD, generación de planos en 2D a partir del modelo). Se indica la definición de pluma de impresión, así como la estandarización de tipos de líneas, de texturas sólidas y la estandarización de capas; ésta última estandarizada en nomenclatura para cada disciplina.

BIM_04: Documentación BIM

Para CAPECO (2014), esta documentación describe los protocolos a seguir dentro del Modelado BIM de diversos Proyectos para el uso de un Modelo BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, principalmente su uso en las etapas de conceptualización y análisis, diseño y documentación, construcción, mantenimiento y operaciones.

2.2.9. BIM en obras por contrata y obras por administración directa

La principal diferencia que existe entre la aplicación de la Metodología BIM en Obras por Contrata y Obras por Administración Directa es el requerimiento normativo donde requiere aun el uso de documentos tales como Planos 2D, y la planificación y control de proyectos a través de estos. Sin embargo, esto en una Obra por Contrata se puede mejorar a través del uso del modelo BIM en las diferentes etapas de un proyecto. Las principales diferencias entre estas dos modalidades se presentan en la Tabla N° 2:

Tabla N° 2: Aplicación BIM en Obras por Contrata y Administración Directa

APLICACIÓN BIM EN OBRAS POR CONTRATA Y ADMINISTRACION DIRECTA	
CONTRATA	ADMINISTRACION DIRECTA
<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo a través del modelo 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de Planos 2D CAD
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar exceso de documentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Normatividad solicita mayor documentación.
<ul style="list-style-type: none"> • Evita incompatibilidades en información 	<ul style="list-style-type: none"> • Evita incompatibilidades en información
<ul style="list-style-type: none"> • Información actualizada automáticamente a través de la automatización de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere modificar toda la documentación remitida en físico buscando trabajos
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la comunicación entre los subcontratistas participantes en la ejecución de la obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la comunicación a través del modelo con los subcontratistas que brindar servicios en la ejecución de la obra
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora flujo de trabajo en la planificación y control de proyectos de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora flujo de trabajo en la planificación y control de proyectos de construcción
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rentabilidad al contratista 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor uso de recursos públicos

FUENTE: Elaboración propia

2.2.10. Aplicación del BIM en diferentes fases del proyecto

La aplicación del BIM en las diferentes fases del proyecto conlleva mejoras consistentes entre la documentación contractual y la ejecución real, pero si esta se usa desde una etapa temprana se mejora considerablemente por consecuencia en las siguientes etapas del proyecto.

Tabla N° 3: BIM en las diferentes Fases del Proyecto.

BIM EN FASES DEL PROYECTO		
PLANIFICACION	EJECUCION	LIQUIDACION
<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la visualización del proyecto – Visualización Geo-espacial. • Cumplimiento con las expectativas del cliente. • Detección anticipada de problemas o interferencias en el diseño, estas son evaluadas a través de una construcción digital. • Posibilidad de llevar el control de metrados y costos del proyecto. • Obtención de planos compatibilizados integrados en un modelo único. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de cantidad de RFI (Requerimientos de información). • Control del costo y logística de planificación del proyecto. • Menos fabricación en obra, ya que estos se pueden ir prefabricando en campo. • Mejor entendimiento entre los participantes. • Análisis de método constructivo. • Visualización de interferencias. • Establecer la secuencia constructiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos en el modelo para la administración, facilitando esta tarea. • Modelos cubren todo el ciclo de vida de un proyecto de esta manera contribuye a la verificación de lo ejecutado • Disminución en el manejo de planos.

<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de información (materiales, costos del proyecto, entre otros). • Creación de imágenes foto- realistas. • Reducción de documentación – modelo único. • Sustentabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación de la ejecución de un proyecto (4d) • Obtención de cantidad de materiales y costos. • Obtención de documentación as built. 	
--	---	--

FUENTE: Elaboración propia

CAPITULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CASO DE ESTUDIO: OBRA SEGURIDAD CIUDADANA PUNO

PROYECTO: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO”.

COMPONENTE: INFRAESTRUCTURA MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO

3.1.1. Referencias del proyecto

El Perfil de Inversión Pública fue declarado viable por la Oficina de Proyectos de Inversión Pública OPI Municipalidad Provincial de Puno con el INFORME TÉCNICO N° 121-2015-MPP/GPP/SGPPI con fecha 03/11/2015 y OFICIO N° 010-2016-MPP/GPP-SGPPI del 08/03/2016 con el que se comunica la viabilidad,

El objetivo de este proyecto es dotar de equipamiento tecnológico moderno necesario para brindar soluciones que integren y mejoren el servicio de seguridad ciudadana en un alto nivel, asimismo la población y el personal operativo tiene que estar debidamente capacitado para que cumpla con todas las funcionalidades de las soluciones para que puedan definir un plan de acciones con las herramientas de gran nivel tecnológico con las que se contará.

3.1.1.1 Ubicación

Localidad : Puno

Distrito : Puno

Provincia : Puno

La ubicación del terreno es un campo abierto que está ubicado al costado de la vía asfaltada, donde se ejecutará la infraestructura en un área de 3,478.61 m² comprendido en 4 niveles, los diseños están acorde a las normas técnicas y Reglamento nacional de Edificaciones, teniendo en cuenta el suelo que tiene una capacidad portante de 1.09 Kg/cm² según el estudio de suelos realizado.

3.1.1.2. Descripción general del proyecto

A. Objetivos generales

Los servicios en los que interviene el PIP considera la seguridad ciudadana para asegurar una convivencia pacífica, erradicar la violencia y utilizar pacíficamente las vías y espacios públicos (robos, delitos sexuales, pandillaje, homicidios, etc.); y el cumplimiento de las reglas sociales y de simetría entre el derecho y los deberes ciudadanos. Cabe resaltar que actualmente el Servicio de Seguridad Ciudadana no cuenta con un sistema de video vigilancia que permita registrar e indicar a los autores de hechos delictivos, de tal manera que actúe como agente disuasivo de los mismos.

Dadas las características de la población que se concentra en la ciudad capital del Distrito, los problemas que mayormente afectan a esta población son el pandillaje, alcoholismo, drogadicción, hurto, violencia familiar, desacato a las leyes alterando el orden y falta de respeto a los Derechos Humanos. Si tenemos en cuenta que la mayoría de los establecimientos comerciales se hayan situados en el área definida como céntrica de Puno se realizan gran cantidad de transacciones comerciales, además de la existencia de concentrados bares y discotecas, y demás establecimientos, se concentra también la actividad delincriminal haciendo por tanto que el servicio de Serenazgo haya priorizado su intervención en esta zona, en favor de la ciudadanía de Puno.

A continuación, se mencionará otros objetivos específicos que se lograrán con la ejecución de este proyecto:

- ✓ Implementar un sistema de radiocomunicaciones TETRA con terminales portátiles para los miembros de Seguridad Ciudadana, que brinde una buena comunicación y que la cobertura sea satisfactoria para lograr una correcta transmisión de información.
- ✓ Trasmisión en video de las zonas donde se colocarán las cámaras de video vigilancia, además del acceso a este material, el cual se almacenará como base de datos que ayudará como evidencia para su uso a futuro en los casos que se requiera.
- ✓ Coadyuvar en la toma de decisiones en caso de irregularidades en la seguridad ciudadana.
- ✓ Mejorar la interacción con otras entidades como los bomberos, servicios de salud, etc. para que, si se produce una emergencia, la respuesta sea inmediata y se solucione el problema lo más pronto posible.
- ✓ Cubrir la mayor cantidad de puntos ciegos donde se ha producido mayor incidencia de delincuencia para que se reduzca la vulnerabilidad.

B. Población beneficiaria

Los beneficiarios directos son los pobladores que viven y transitan en la zona urbana del distrito de Puno; así como la población flotante conformada por turistas, comerciantes, trabajadores de entidades públicas y privadas.

C. Descripción de componentes

Componente 1: Infraestructura, Mobiliario Y Equipamiento

El presente Proyecto consiste en la implementación de un Centro de Control de Seguridad Ciudadana. Se muestra los límites del predio:

POR EL NORTE: Colinda con Av. Leoncio Prado. En línea recta de un tramo con una longitud de 46.81 ml.

POR EL ESTE: Colinda con Av. Leoncio Prado línea recta de 127.55 ml.

POR EL OESTE: Colinda con Jr. S/N 2807, Jr. S/N 2813, en línea quebrada de 24.44 ml., 166.90, 26.00 ml., 42.37 ml., sumando un tramo total de 259.71 ml.

POR EL SUR: Colinda Av. Leoncio Prado con línea quebrada de 3 vértices 51.92 ml, 0.35 ml., 43.18 ml. Sumando un tramo total de 95.45 ml

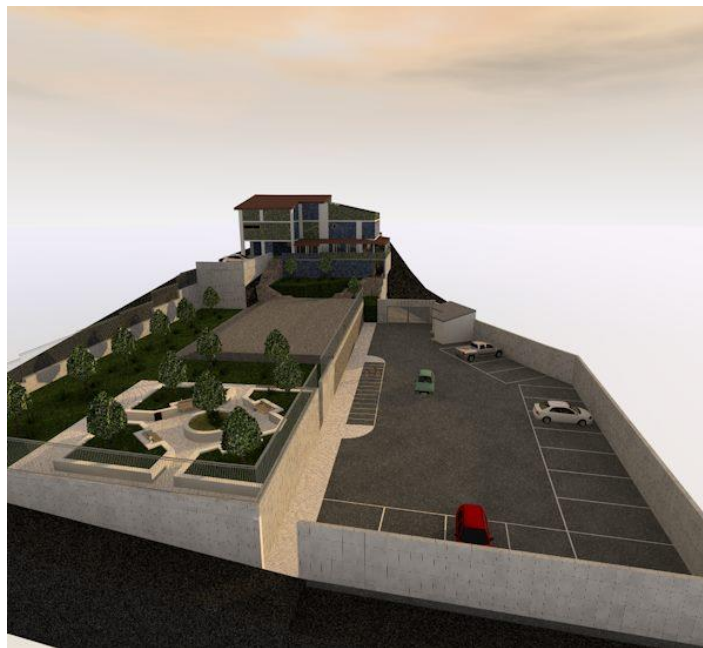


Figura N° 15: Área de Intervención del Proyecto
FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP

El edificio de Seguridad Ciudadana se desarrollará de manera centralizada en un área de 437.04 m² y se dispondrá verticalmente en 4 niveles, el edificio estará ubicado dando frente a la Av. Leoncio Prado.



*Figura N° 16: Imagen renderizada del proyecto
FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP*



*Figura N° 17: Vista de área de expansión del proyecto
FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP*



Figura N° 18: Vista de Area de Estacionamiento del Proyecto
 FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP

La distribución por cada piso se desarrolla de la siguiente manera:

Tabla N° 4: Cuadro de áreas del proyecto.

SEGÚN ANTEPROYECTO (22-11-16)	
NIVEL	ÁREA
SOTANO	
Almacén, armamento no letal y equipos de protección	47.41
Coordinación y reuniones serenazgo	53.91
Estacionamiento cubierto para motos	30
Lockers y vestuarios damas (30 lockers)	62.92
Lockers y vestuarios varones (30 lockers)	
SH damas	
SH varones	
Grupo Electrónico	20.02
	214.2
PRIMER NIVEL	
Aula de planificación de operativos e instrucción	102.7
Of. Técnico de seguridad y Of. Especialista de Tópico	20.22
SH damas	10.35
SH varones	10.52
SH Discapacitados	4.23
	168.5

SEGUNDO NIVEL	ÁREA
Of. Jefe de serenazgo	17.59
Of. Sub gerente	21.49
Secretaria	13.26
SH damas	7.01
SH varones	7.00
Central de video vigilancia	140.1
Of. Técnico de sistemas	14.63
	221.1
TERCER NIVEL	
Refrigeración y Data Center	39.51
	39.51
AREA CONSTRUIDA NETA	641.9
35 % MUROS Y CIRCULACIÓN *	224.7
TOTAL	866.6

FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP

D. Plazo de ejecución

EL plazo de ejecución de infraestructura es de ciento noventa y cinco (195) días calendario contados a partir de la entrega de terreno, según se detalla en el cronograma de ejecución de la obra.

E. Modalidad de ejecución

La modalidad de ejecución del Proyecto es por ADMINISTRACIÓN DIRECTA.

F. Fuente de financiamiento

El financiamiento del proyecto estará a cargo del Fondo de Promoción a la Inversión Pública Regional y Local (FONIPREL).

G. Presupuesto del proyecto

El presupuesto del Proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO” del Componente 01 INFRAESTRUCTURA, MOBILIARIO Y

EQUIPAMIENTO, asciende a la suma de Tres Millones Doscientos Setenta y Ocho Mil Seiscientos Noventa y Cuatro 65/100 Soles (S/ 3,278,694.65).

Tabla N° 5: Costo por Componente del Proyecto

COMPONENTES	COSTO S/.
1. INFRAESTRUCTURA, MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO	2,860,641.74
COSTO DIRECTO	2,860,641.74
GASTOS GENERALES (12.01%)	343,610.50
GASTOS DE SUPERVISIÓN (2.17%)	62,111.68
GASTOS DE LIQUIDACIÓN (0.43%)	12,330.73
EXPEDIENTE TÉCNICO (0.00%)	0.00
PRESUPUESTO TOTAL	3,278,694.65

FUENTE: Expediente Técnico MSSCDPP

ARQUITECTURA

El presente proyecto se plantea en un terreno dispuesto por la Municipalidad del distrito de Puno, el cual tiene un área 5,715.14 m², y se encuentra vinculado a la ciudad a través de la Av. Leoncio Prado. Como parte de la propuesta, el terreno en total se dividió en dos porciones, una se destinó como un espacio público para la comunidad y la otra fue propiamente donde se ejecutó el diseño de la propuesta. Las áreas resultantes de la división mencionada fueron:

- 1) Área para parque para la comunidad (sin intervención): 2236.53 m²
- 2) Área de intervención: 3478.61 m²

En el área de intervención se dispuso el siguiente programa:

- Estacionamientos para camionetas y vehículos visitantes
- Patio de formación.

-Caseta de guardianía. (El área de esta edificación es de 19.30 m² y ha sido considerada en el en el cuadro de áreas del plano de ubicación y localización, como parte del Primer nivel o Sótano)

-Edificio de Seguridad Ciudadana.

El área de intervención se delimita por un cerco perimétrico que varía su opacidad según la zona por donde este se encuentre. La zona opaca será de albañilería confinada, y se ubicará hacia el lado más bajo del terreno, pues está orientado hacia la zona barrial donde no es deseable tener un registro vidual al interior, mientras hacia el parque y la calle superior Leoncio prado el cerco permitirá visibilidad para no ser tan agresivo hacia el entorno, este cerco será metálico sobre un tabique de concreto de 90 cm de altura, desarrollado según planos.

Por su parte el edificio de Seguridad Ciudadana se desarrollará de manera centralizada en un área de 437.04 m² y se dispondrá verticalmente en 4 niveles, el edificio estará ubicado dando frente a la Av. Leoncio Prado principal que es la que concentra el mayor flujo vehicular de las calles colindantes al proyecto. Este emplazamiento implica que el edificio se sitúe en la zona más alta del terreno por lo cual se ha tomado en cuenta como parte del diseño la optimización del uso de la pendiente para evitar generar de manera excesiva muros de contención y movimientos de tierra.

ESTRUCTURAS

El edificio ha sido estructurado considerando una serie de muros de albañilería confinada, y pórticos de concreto armado, formados por columnas y vigas en las dos direcciones de la planta.

Los entresijos y el techo superior están constituidos por paños de losas aligeradas de 20cm y 25cm de espesor, y losas macizas de 20cm de espesor.

Se tiene vigas peraltadas en ambas direcciones de la planta, las cuales tienen en su mayoría 60cm de peralte, así como vigas chatas paralelas al aligerado para soportar el peso de algunos tabiques.

Se cuenta con columnas de confinamiento ubicadas en los extremos de los muros de albañilería, y además se cuenta con columnas de concreto más grandes, las cuales soportan vigas peraltadas.

Se utilizará un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y el acero será de $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.

INSTALACIONES SANITARIAS

El diseño de las instalaciones sanitarias está en base a los planos de diseño de estructuras e instalaciones eléctricas.

A. SISTEMA DE AGUA FRIA

El abastecimiento de agua potable será mediante el Sistema Indirecto, para lo cual se tiene proyectado construir una Cisterna de 4m^3 y un Tanque elevado de 2.5 m^3 desde el cual se abastecerán a todos los aparatos sanitarios.

B. SISTEMA DE AGUA CALIENTE

El abastecimiento de agua caliente será mediante el Sistema Indirecto, desde el cual se abastecerán a todos los aparatos sanitarios pertenecientes a los vestuarios de varones y mujeres en el Piso Bajo

C. SISTEMA DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN

Todas las instalaciones de las tuberías de desagüe y de ventilación se han diseñado en base a los planos de arquitectura y se están planteando usar los montantes existentes y los colectores del primer piso.

Todos los montantes de desagüe llegarán hasta nivel del piso 01 y por medio de un colector enterrado en el piso, serán conducidos mediante 04 cajas de registro hasta una caja de registro principal, para ser derivado al colector público.

INSTALACIONES ELECTRICAS

Sistema Trifásico más Neutro, de 220V, 60 hz., 5 conductores: Fases: R, S y T Neutro sólidamente puesto a tierra; y Tierra.

El sistema eléctrico estará compuesto como a continuación se detalla:

- A.01 Tableros eléctricos:
- A.02 Sistema de emergencia alternativo Grupo Electrónico 60 kW. (Principal)
- A.03 Transformador de aislamiento según especificaciones para el Sistema de energía estabilizada o energía ininterrumpible (UPS) para las cargas de computadoras PC.
- A.04 Sistema de energía estabilizada o energía ininterrumpible (UPS) según especificaciones, para las cargas de computadoras PC.
- A.05 Sistema de puesta a Tierra.

Se tiene 4 sistemas de tierra, se medirá con un telurómetro, cada pozo de tierra y, levantándose un acta con la presencia y aceptación de la Supervisión de los valores obtenidos según estas especificaciones:

- A.06 Interconexión Tablero general TG-N
- A.07 Interconexión Tablero general con Grupo Electrónico
- A.08 Interconexión Tablero general con subtableros
- A.09 Cables Alimentadores a Tableros, Sub-tableros, fuerza y circuitos
- A.10 Tuberías:

Toda instalación empotrada en techo, pared o piso con tubería PVC-P.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó con el fin de mejorar la gestión de recursos en la obra de Edificación además de optimizar y reducir el tiempo de ejecución esto con un beneficio directo en los costos de ejecución

3.2.1. Tipo de Investigación

Para los fines de este proyecto se tiene el tipo de INVESTIGACION APLICADA donde se utilizó la Metodología BIM mediante el uso de Softwares para la gestión de información que facilita su uso en la ejecución de la obra para lograr el beneficio costo-tiempo.

3.2.2. Nivel de Investigación

El presente estudio es de nivel DESCRIPTIVO ya que busca la relación directa que pueda significar de manera positiva el uso de la metodología BIM a través de la simulación BIM 4D y 5D en el proceso constructivo del proyecto.

3.2.3. Población y Muestra de Estudio

Para el estudio de la metodología BIM se realizó en la obra: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO”, en su COMPONENTE: INFRAESTRUCTURA MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO, que viene a ser una edificación que consta de un sótano y 3 niveles superiores donde participan las especialidades de Estructuras, Arquitectura, Instalaciones Sanitarias e Instalaciones Eléctricas.

3.3. METODO DE TRABAJO

3.3.1. Revisión de Documentación Inicial (Expediente Técnico)

Se procedió a la revisión de los documentos del Expediente Técnico tales como la Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas, Metrados, Presupuesto y principalmente los planos 2D realizados en CAD para el posterior modelamiento según las especialidades a las que pertenezcan.

Según los planos y demás documentos presentes en el expediente técnico del proyecto, se reconoció las especialidades de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Sanitarias. Teniendo la información contractual que presentan el proyecto, se procedió a realizar el modelamiento 3D de las especialidades consideradas en los planos presentados.

3.3.2. Modelamiento BIM 3D

Tomando en cuenta los niveles proyectados iniciamos con el modelamiento de la Especialidad de Arquitectura que definió el resto de las especialidades consideradas en el proyecto, de esta manera simulamos el flujo de trabajo que se realiza en un estudio definitivo y el tipo de comunicación que existe entre ellos. Se prosigue de esta manera

con la Especialidad de Estructuras, asumiendo lo estipulado en los planos del Expediente Técnico. En base al modelo 3D de Arquitectura del Proyecto se culminó con el modelado de los elementos que se proyectan en las especialidades de Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Sanitarias.

Al realizar este modelamiento 3D de las diferentes especialidades se busca dar solución a las diferentes incompatibilidades que existen entre los planos de una misma especialidad ya sean trazos dobles, deficiencias y falta de información en los detalles de cada elemento proyectado. Se usa hasta el momento el software Autodesk REVIT para el modelamiento de las diferentes especialidades de manera aislada.

3.3.3. Integración de Especialidades

A través del uso de la herramienta Autodesk Navisworks se procedió a integrar las diferentes especialidades que abarcan el Proyecto, simulando de esta manera la interrelación que existe entre ellas en la obra de edificación, de esta manera obtendremos la edificación construida de forma virtual en la etapa final, de acuerdo a los documentos contractuales con las que fueron diseñadas y proyectadas.

3.3.4. Detección de Interferencias

Con la aplicación de la herramienta Clash Detective del Software Navisworks se procedió a encontrar las interferencias que se presentan al integrar las especialidades, donde se confrontó los diferentes elementos proyectados entre una especialidad y otra, para así brindar una solución que no perjudique a ninguno de los elementos.

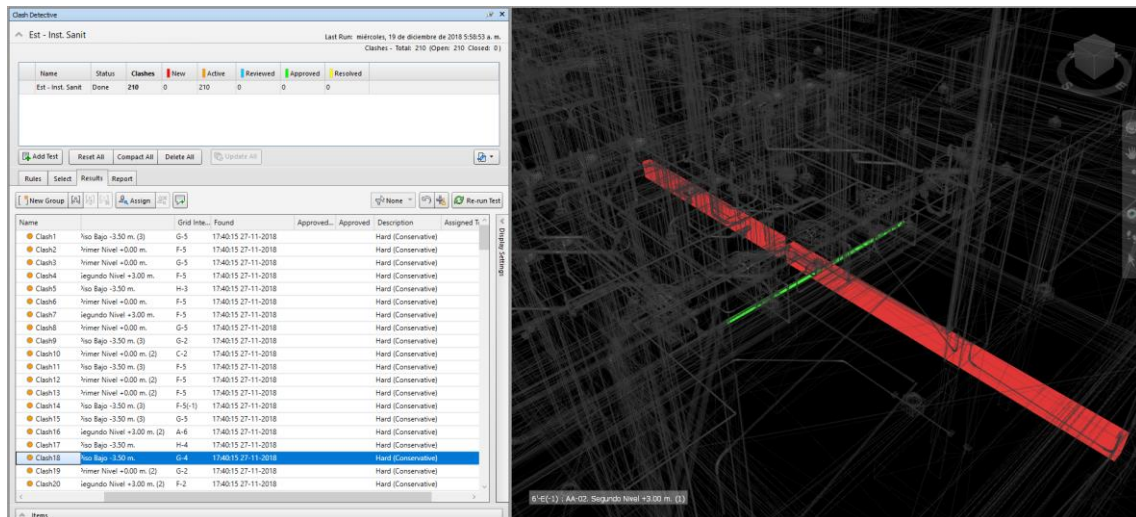


Figura N° 19: Interferencia entre Instalaciones Sanitarias (Tubería) y Estructuras (Vigas de Cementación)
FUENTE: Elaboración propia

3.3.5. Cuantificación de Metrados

Al ser BIM un modelado de gestión información permite añadir a cada elemento que se modela parámetros inteligentes que se actualizarán automáticamente si el modelo sufre modificaciones que son necesarias en la ejecución de obra. Son gracias a estos parámetros que el modelo automáticamente genera cuantificaciones de longitud, área, volumen, cantidad y demás mediciones, así es como nos permite tener el metrado de elementos modelados en la construcción virtual 3D.

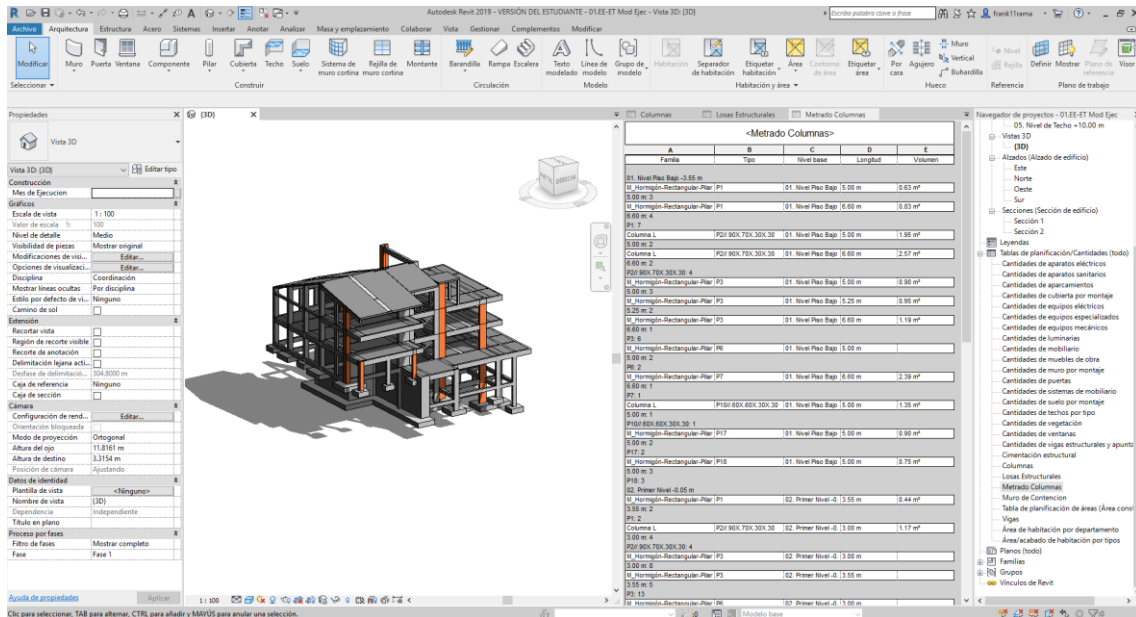


Figura N° 20: Metrados Precisos del Modelo 3D
FUENTE: Elaboración propia

3.3.6. Simulaciones Constructivas

Con la incorporación al modelo de una programación de obra para la ejecución del proyecto, se realizó una simulación constructiva de la edificación, mediante el uso del software Autodesk Navisworks. Además, La aplicación de la simulación 4D y 5D-BIM, aplicado a este edificio, se realizó en base al modelo 3D-BIM y al diagrama Gantt, elaborado en el programa MS Project, tomando en cuenta una programación típica en base a procedimientos constructivos tradicionales.

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MODELAMIENTO BIM DE ESPECIALIDADES

4.1.1. Modelamiento de Arquitectura

Con la previa revisión de los planos del expediente técnico se procede a realizar el modelamiento 3D acorde a los proyectado, los principales elementos arquitectónicos que se vienen modelando son los muros de albañilería, acabados, pisos, puertas, ventanas mamparas y muros cortina.

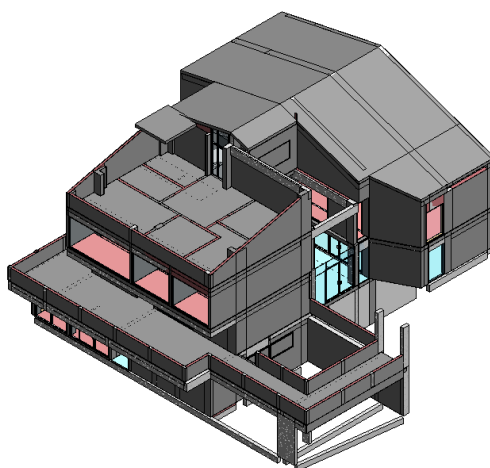


Figura N° 21: Visualización de modelo 3D especialidad Arquitectura
FUENTE: Elaboración propia

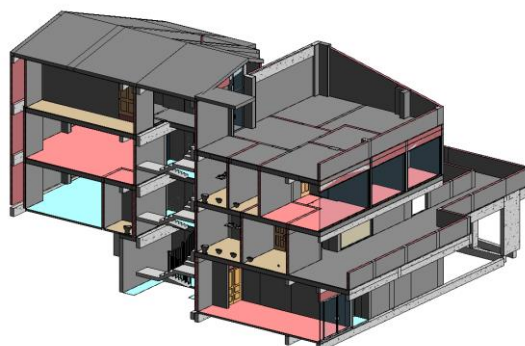
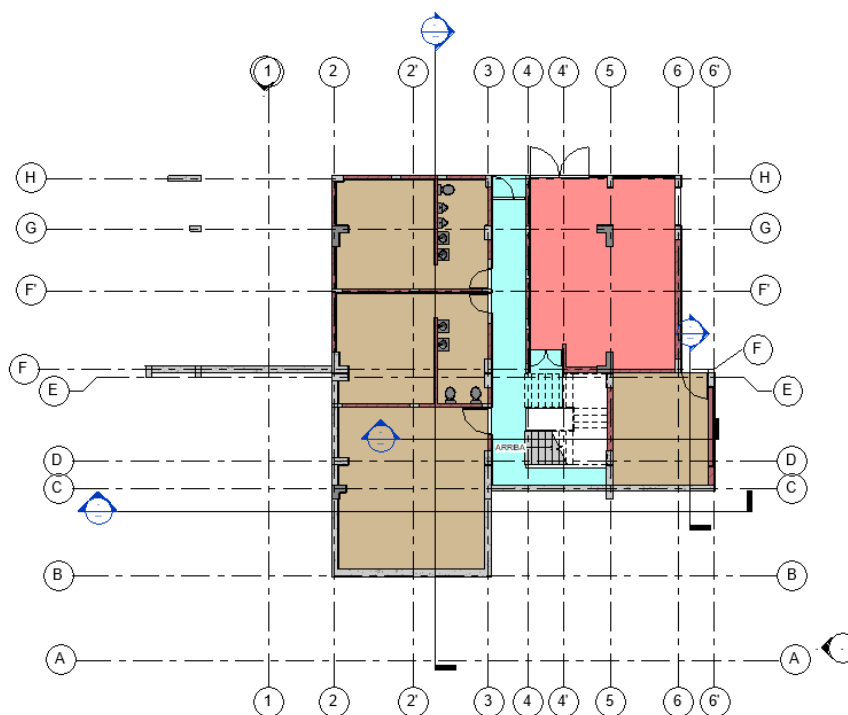
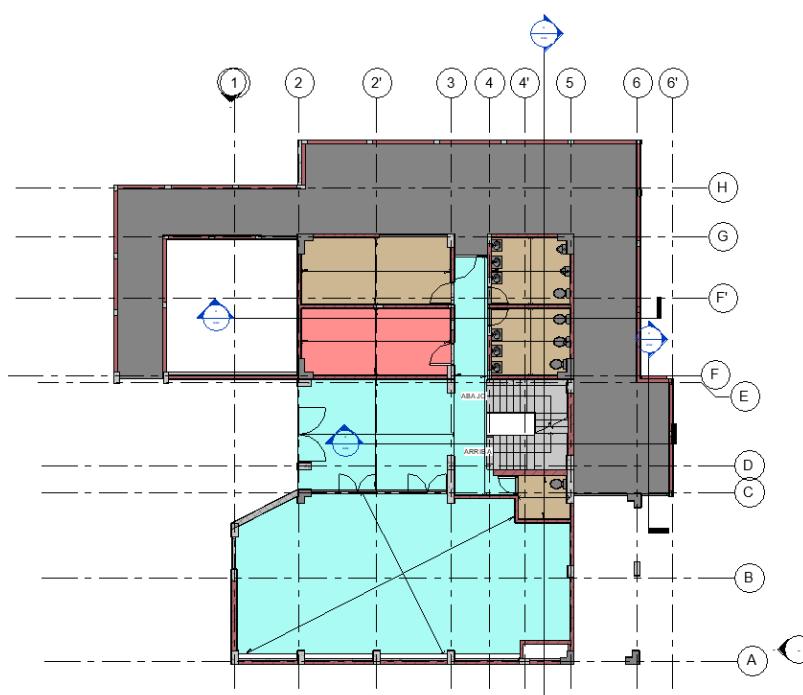


Figura N° 22: Vista en corte del modelo 3D ambientes interiores y detalles
FUENTE: Elaboración propia



*Figura N° 23: Modelo vista en planta nivel semi sótano
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 24: Vista en planta del modelamiento arquitectura primer nivel
FUENTE: Elaboración propia*

Al realizar el modelo tridimensional nos permitió definir los niveles proyectados de esa manera modelar los diferentes elementos que se proyectan en el expediente técnico, el modelo te permite extraer planos de planta simultáneamente.

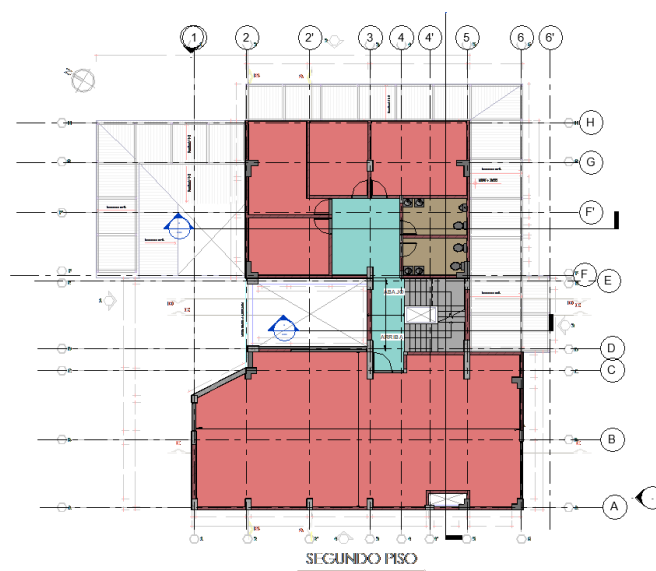


Figura N° 25: Vista en planta del modelamiento arquitectura segundo nivel
FUENTE: Elaboración propia

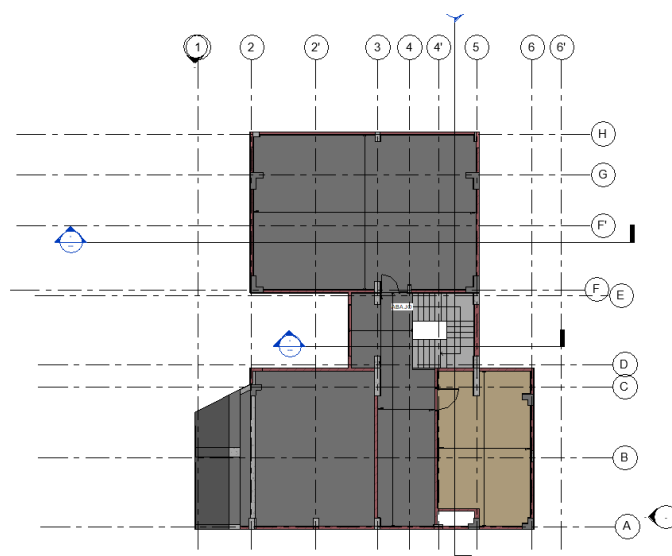


Figura N° 26: Vista en planta del modelamiento arquitectura tercer nivel
FUENTE: Elaboración propia

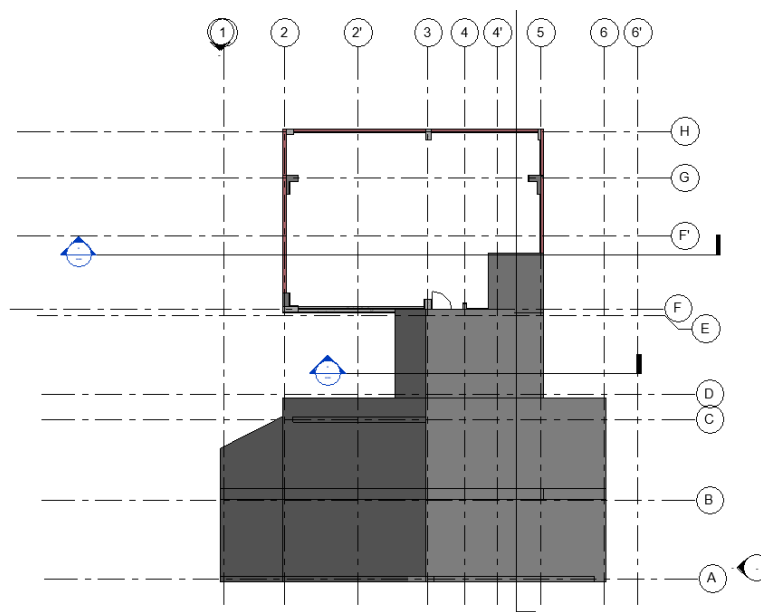


Figura N° 27: Vista en planta del modelo arquitectura techo y cobertura
FUENTE: Elaboración propia

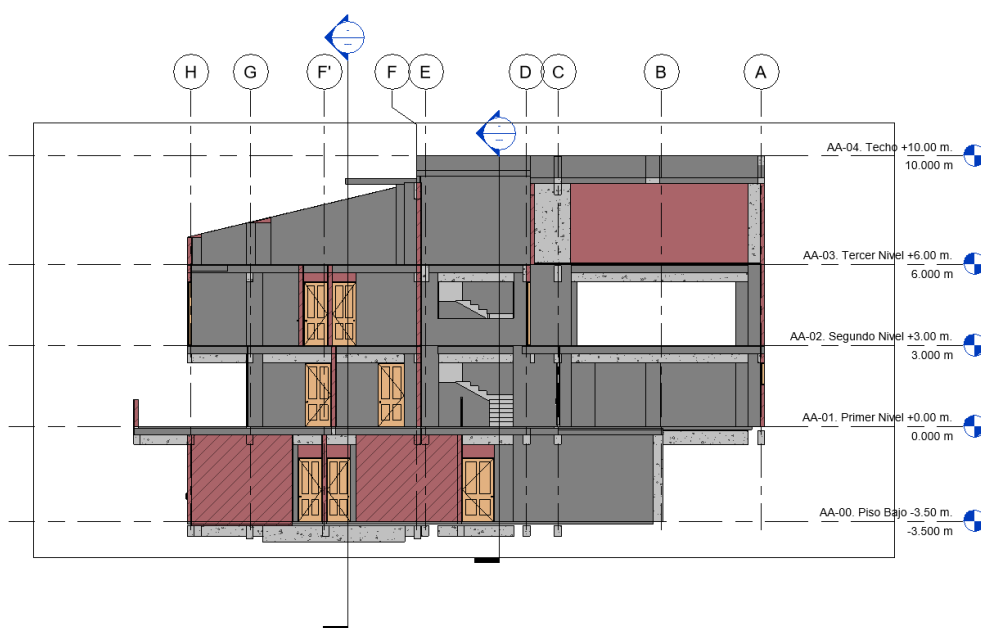


Figura N° 28: Corte transversal modelamiento especialidad arquitectura
FUENTE: Elaboración propia

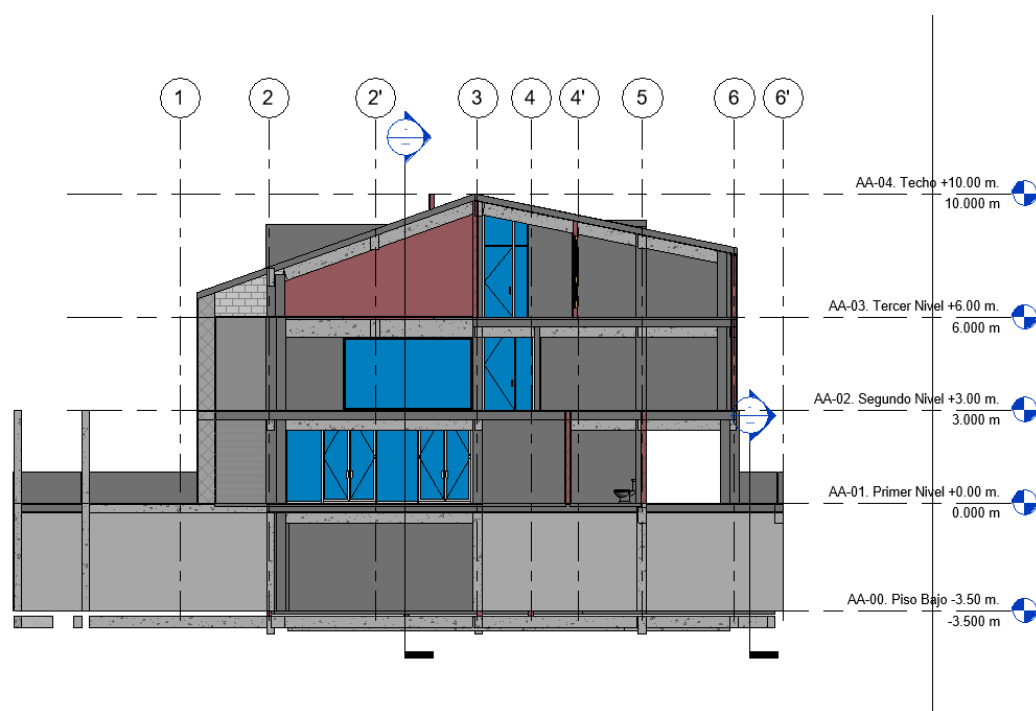


Figura N° 29: Corte longitudinal modelamiento especialidad arquitectura
FUENTE: Elaboración propia

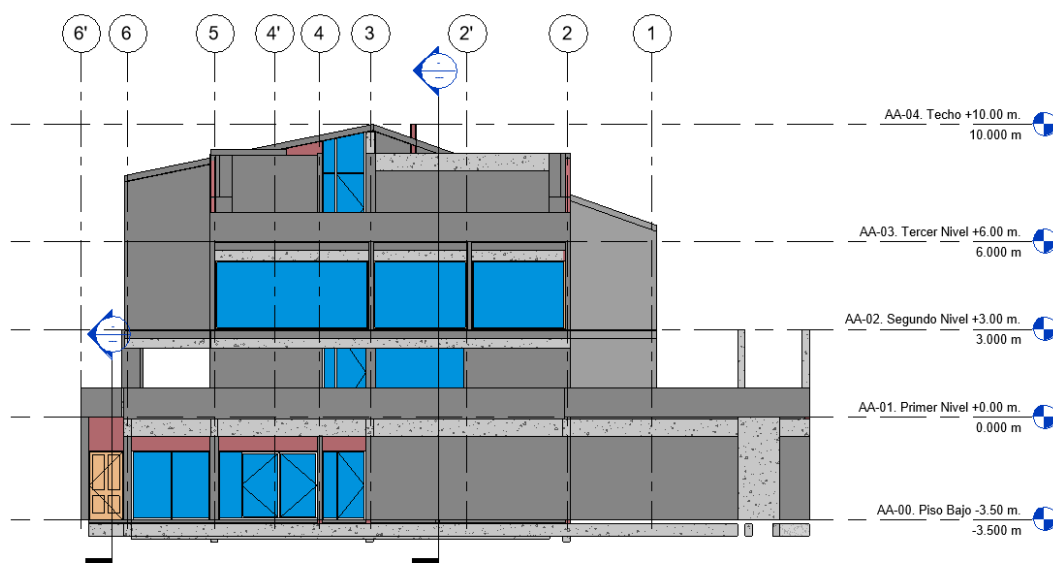
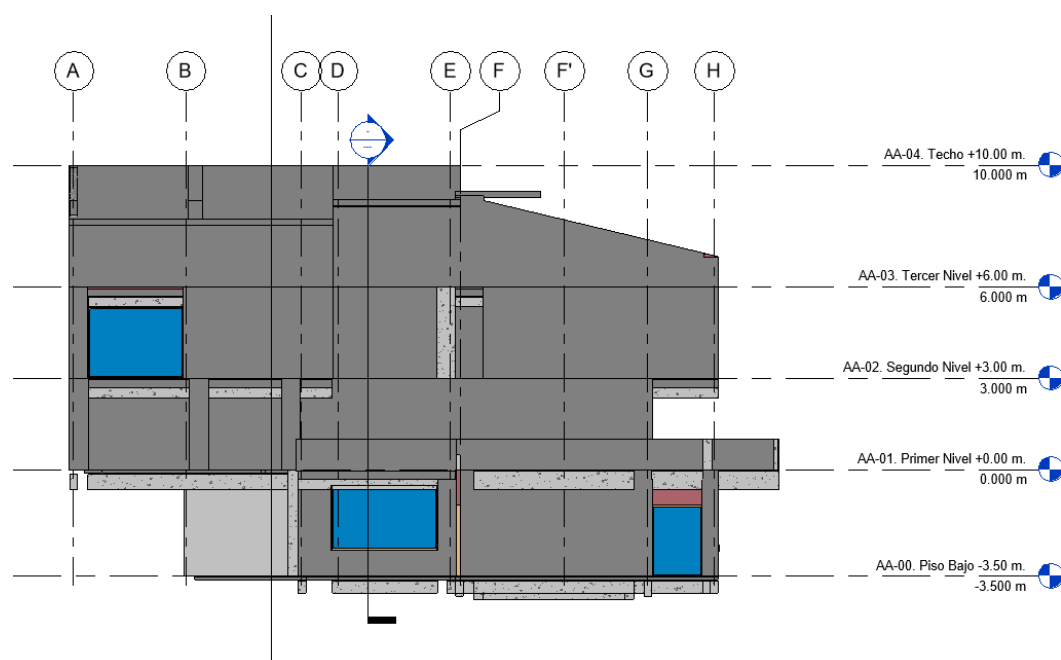


Figura N° 30: Vista frontal lado este modelamiento especialidad arquitectura
FUENTE: Elaboración propia



*Figura N° 31: Vista lateral lado sur modelamiento especialidad arquitectura
FUENTE: Elaboración propia*

Al realizar el modelamiento 3D permite obtener una visualización más completa acerca de los elementos que intervienen en la especialidad de arquitectura conociendo así los detalles a tener en cuenta en el proceso de ejecución, de esta forma el flujo de trabajo y el entendimiento de los planos 2D traducidos a los modelo 3D mediante el uso del Software Revit pueden ser mejorados y además buscar soluciones referente a las proyecciones según los documentos contractuales en los que se basa la construcción de la obra.

4.1.2. Modelamiento de Estructuras

Acorde a las estipulaciones en los planos estructurales se procede al modelamiento de elementos estructurales tales como cimentaciones, muros de contención, columnas, vigas, losas macizas, losas aligeradas, escaleras.

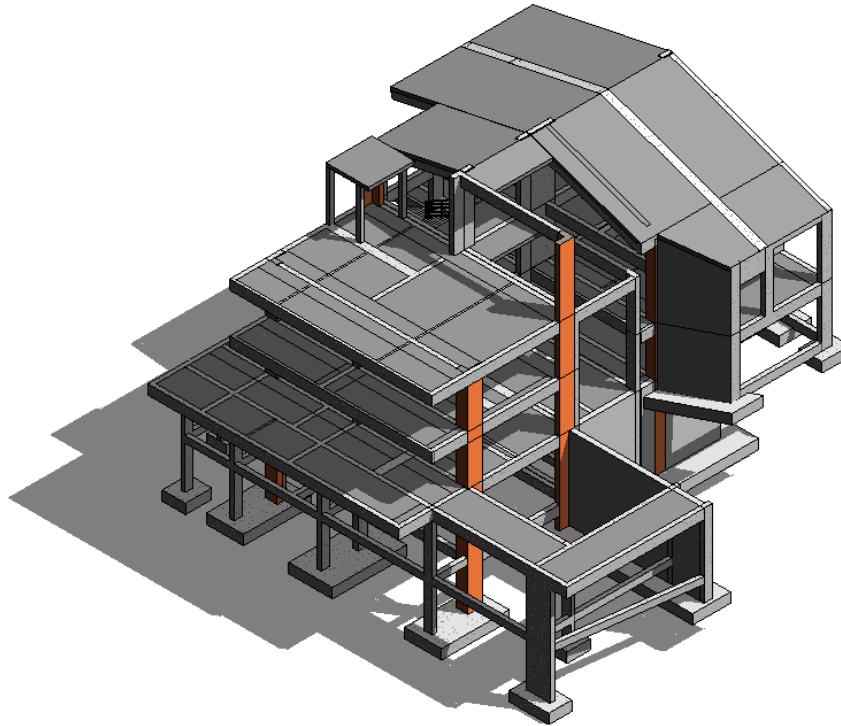


Figura N° 32: Vista modelo 3D especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia

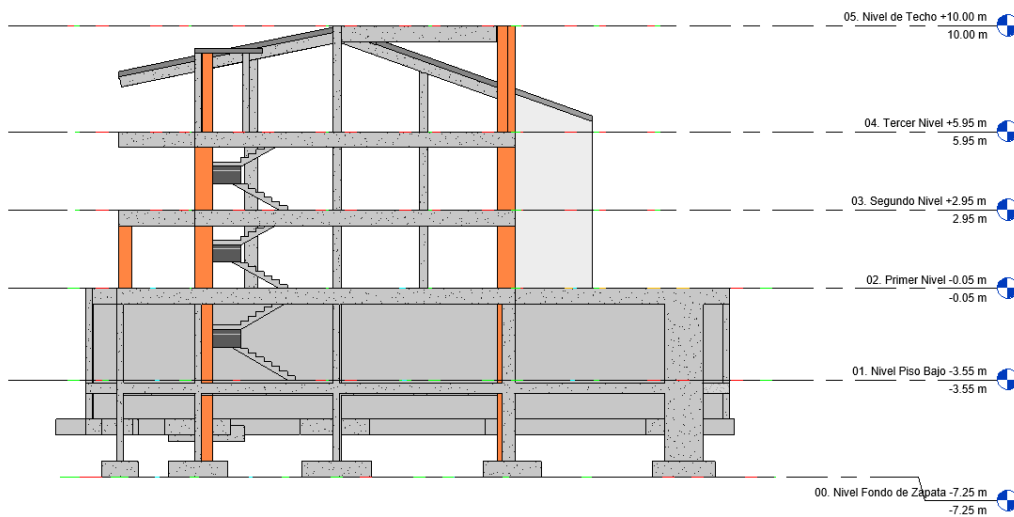
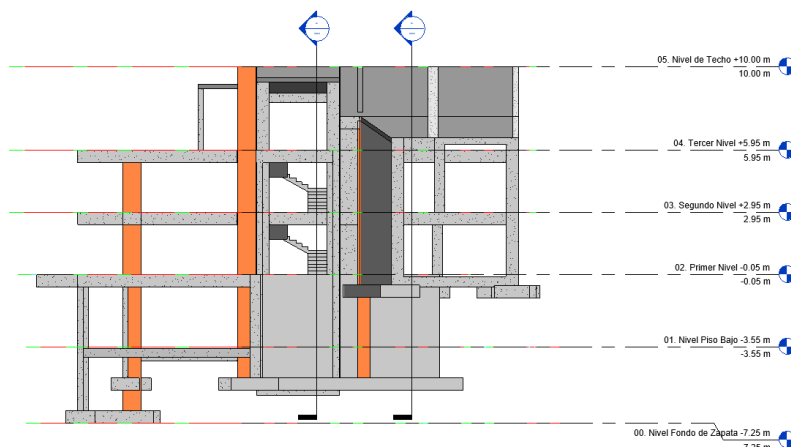
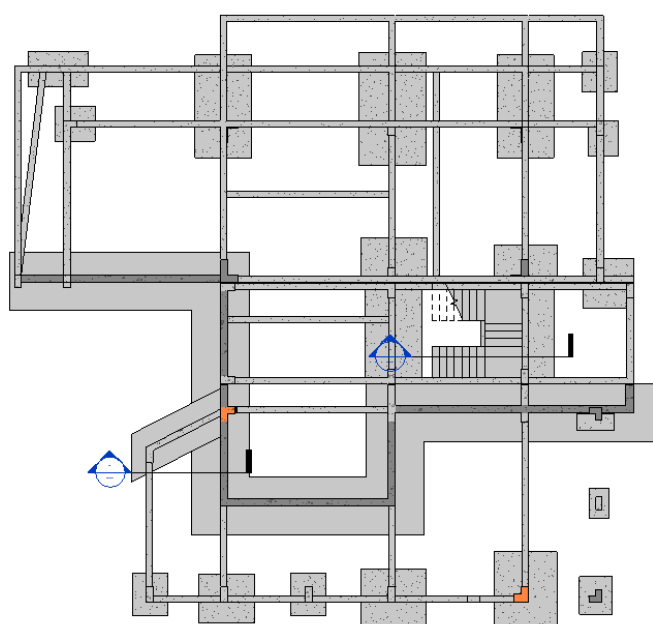


Figura N° 33: Vista elevación lateral lado sur especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia

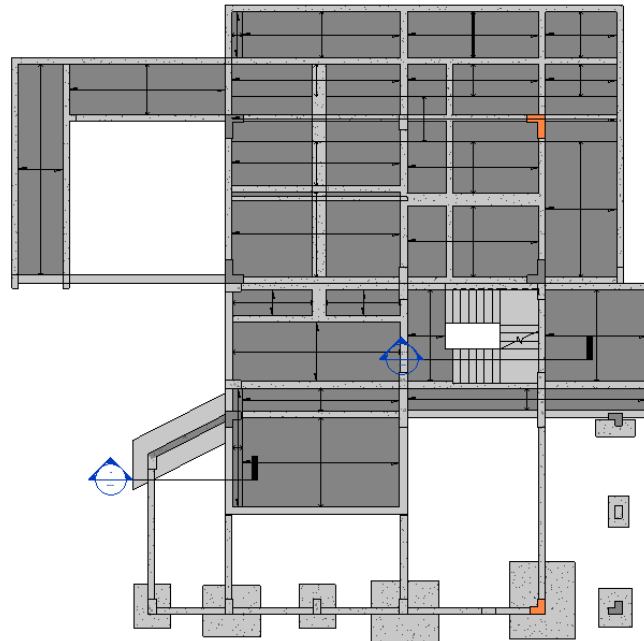
El modelo te permite conocer el nivel de cada elemento estructural así como el nivel de excavación que se debe de ejecutar para así tener definido la ubicación precisa de los elementos estructurales.



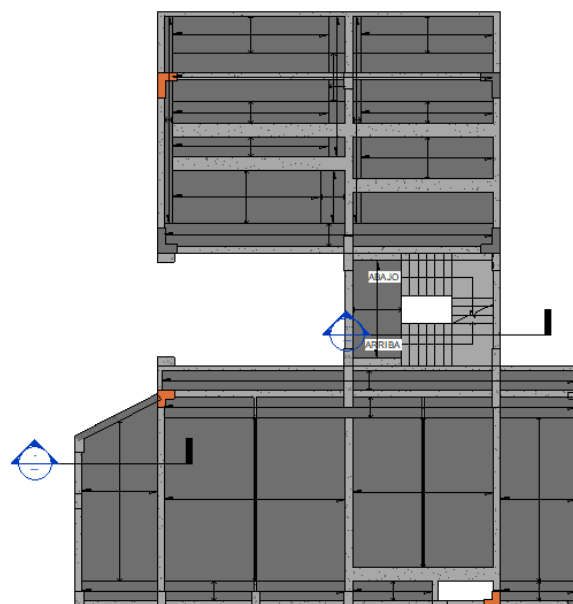
*Figura N° 34: Vista lateral lado norte especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia*



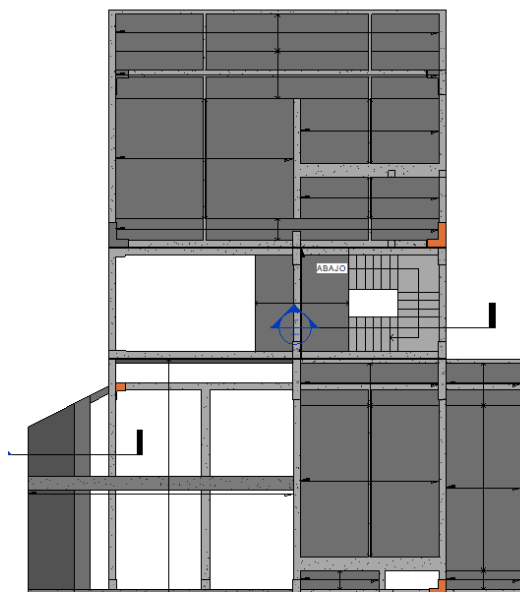
*Figura N° 35: Modelamiento de cimentación de la edificación
FUENTE: Elaboración propia*



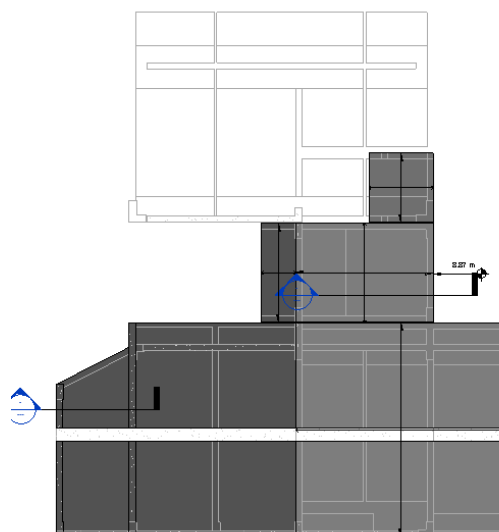
*Figura N° 36: Vista en planta techo de semi sótano especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 37: Vista en planta techo de primer nivel especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia*



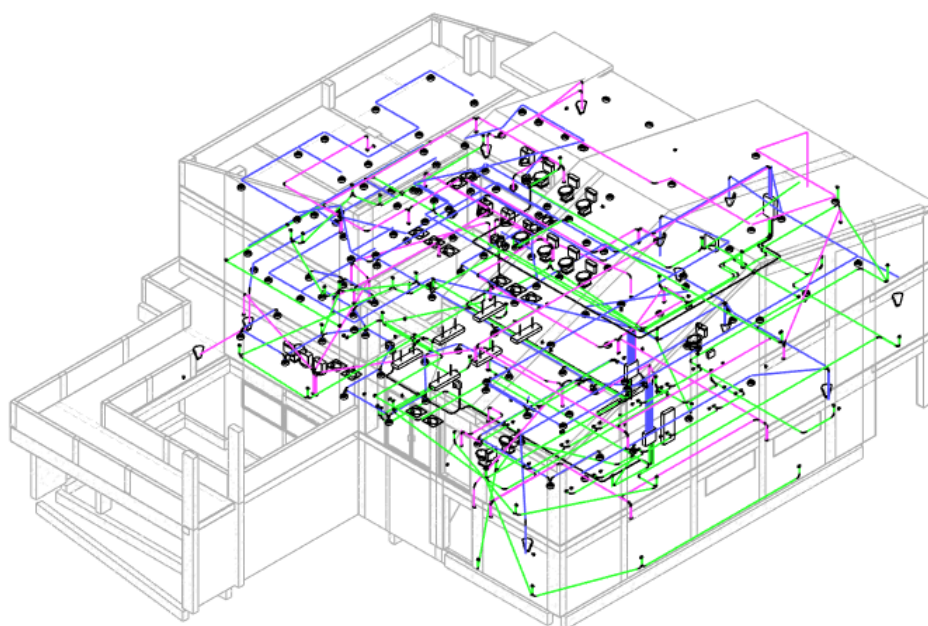
*Figura N° 38: Vista en planta techo de 2do nivel especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia*



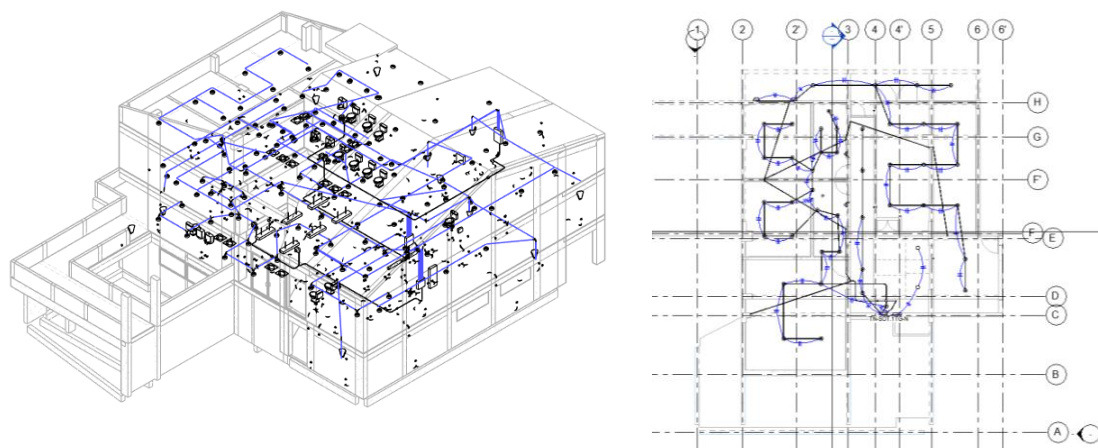
*Figura N° 39: Vista en planta techo de tercer nivel especialidad estructuras
FUENTE: Elaboración propia*

4.1.3. Modelado de Instalaciones Eléctricas

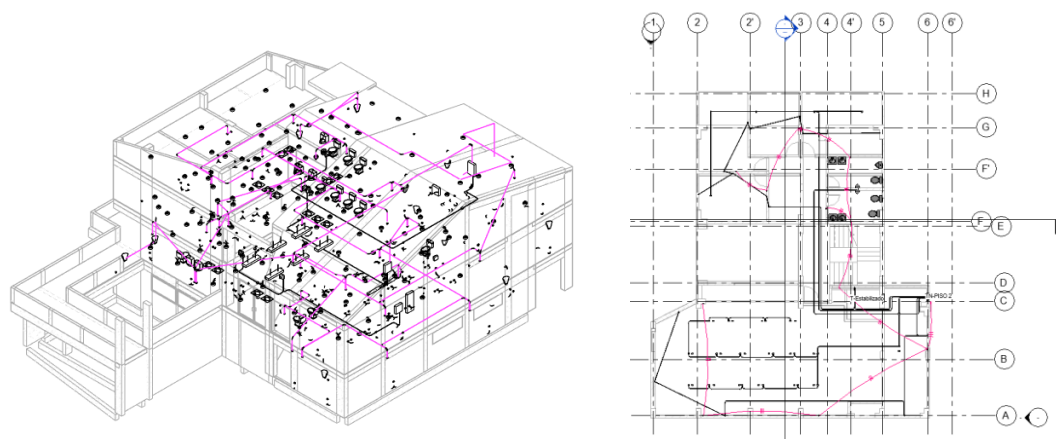
Según los planos aprobados se presentan circuitos eléctricos tanto para Alumbrado, Alumbrado de Emergencia, Tomacorrientes Normales, Tomacorrientes Estabilizados, Alarma contra incendios, Secamanos, Internet (Wifi)



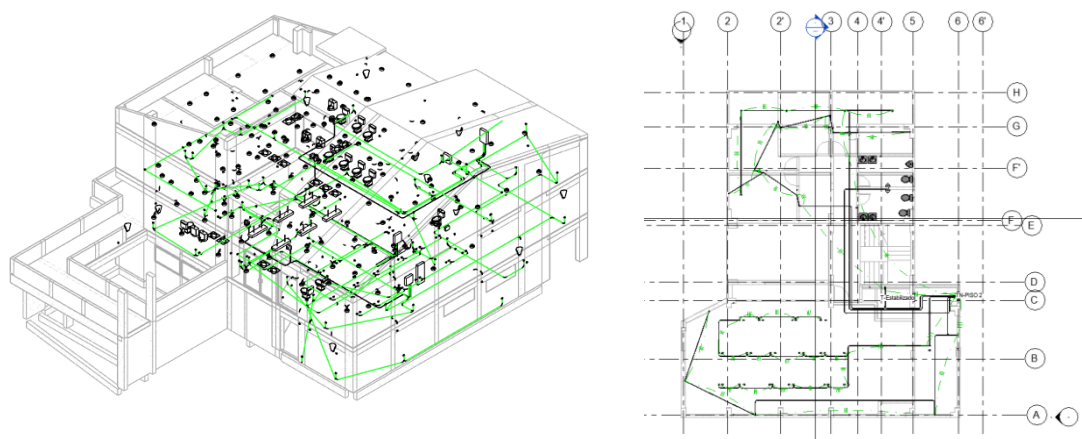
*Figura N° 40: Modelamiento de instalaciones eléctricas
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 41: Modelado de circuitos de alumbrado en edificio
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 42: Modelo de circuitos alumbrado de emergencia en edificio
FUENTE: Elaboración propia*

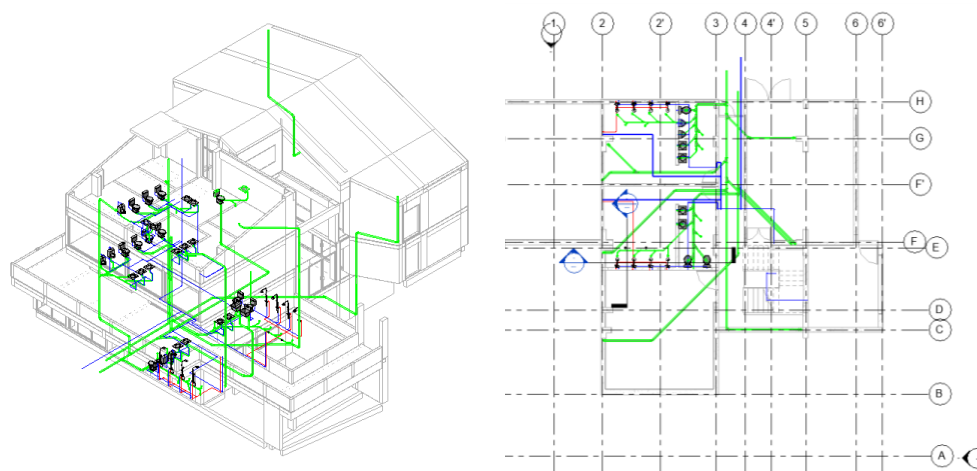


*Figura N° 43: Modelo de circuitos de tomacorrientes en edificio
FUENTE: Elaboración propia*

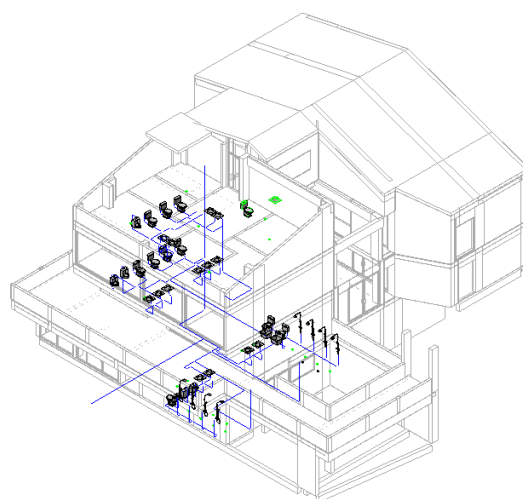
Dentro de la especialidad de Instalaciones eléctricas se realizó el modelamiento de tuberías PVC – SEL conjuntamente con los aparatos eléctricos, tomando consideraciones normativas de Código Nacional Eléctrico (CNE) en cuanto a las cotas de ubicación de las tuberías, asimismo la cota de los aparatos eléctricos ya que en los planos del expediente no detallaba la altura a nivel de referencia que se debía de ubicar dentro de muros y cielo rasos en los diferentes niveles de la edificación.

4.1.4 Modelado de Instalaciones Sanitarias

Se procede a realizar el modelamiento de aparatos sanitarios y tuberías de agua fría, agua caliente y desagüe. Siguiendo los planos aprobados en el estudio definitivo,



*Figura N° 44: Modelamiento de instalaciones sanitarias
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 45: Modelamiento de instalaciones de agua fría
FUENTE: Elaboración propia*

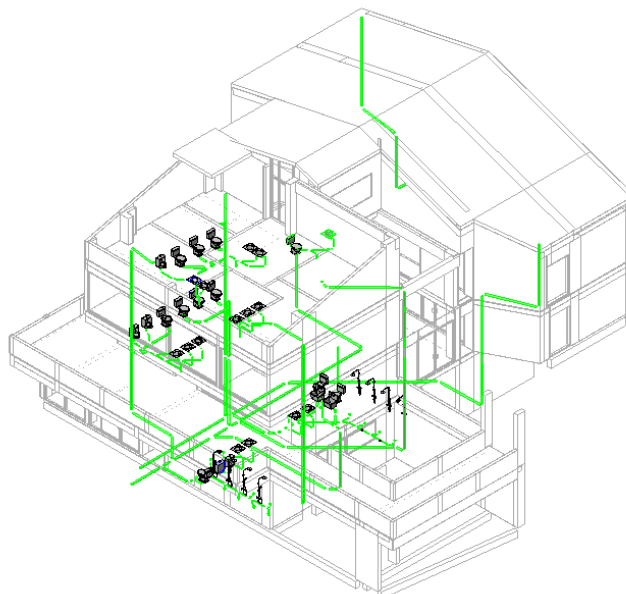


Figura N° 46: Modelamiento de instalaciones de desague
FUENTE: Elaboración propia

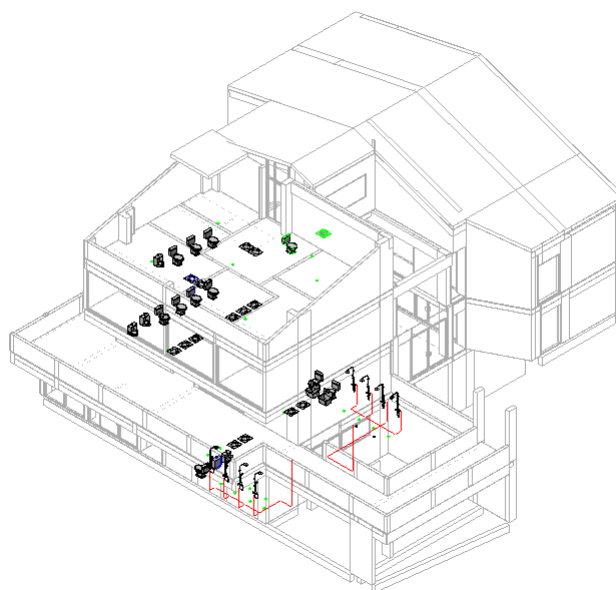


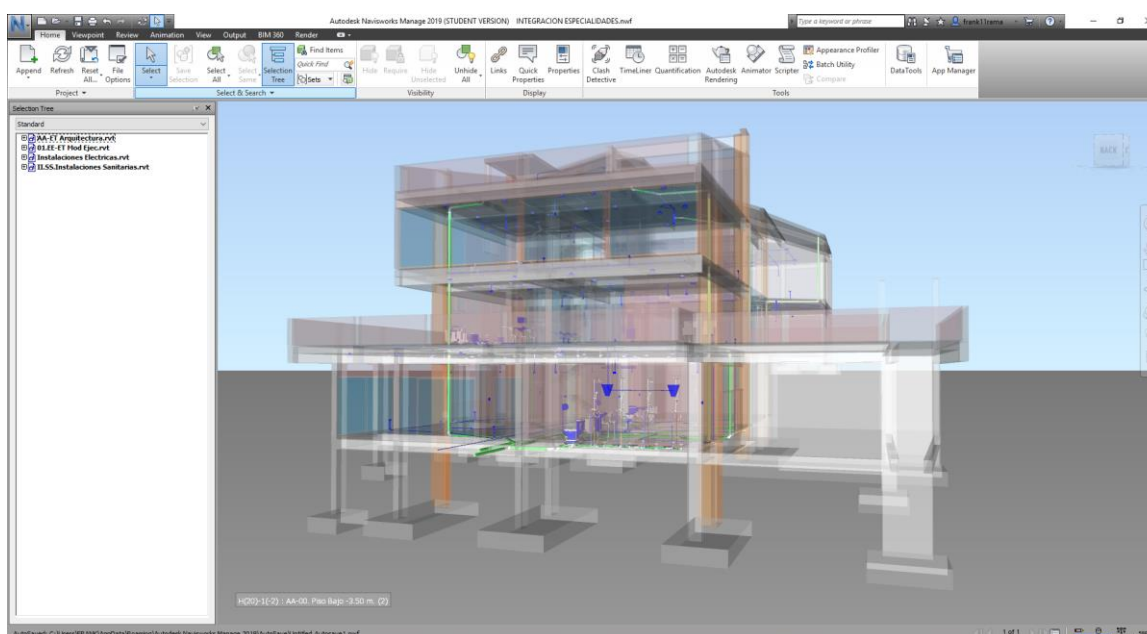
Figura N° 47: Modelamiento de instalaciones de agua caliente
FUENTE: Elaboración propia

Al momento de realizar el modelamiento de las instalaciones sanitarias, se tomó en cuenta las dimensiones de las tuberías y accesorios acorde a un estudio de mercado, analizando los diámetros internos y externos de los diferentes tamaños de tuberías, teniendo así una mejor precisión en cuanto al modelamiento, cumpliendo también con las pendientes estipuladas en los planos de dicha especialidad.

4.2. INTEGRACIÓN DE ESPECIALIDADES

Teniendo los modelos 3D de las distintas especialidades por separado, llevados a cabo a partir de los planos 2D, se procede a integrar y centralizar las especialidades en un solo archivo mediante el software Autodesk Navisworks visualizando el proyecto como un todo simulando lo que se realizara en la fase de ejecución.

Teniendo de esta forma la construcción de la edificación siguiendo los documentos contractuales y así visualizar de manera precisa la interacción de las especialidades



*Figura N° 48: Integración de Especialidades del proyecto
FUENTE: Elaboración propia*

4.3. DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES E INTERFERENCIAS

4.3.1. Incompatibilidades

Con la integración de las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones mediante el uso del software, nos permite conocer las interferencias entre estas especialidades, encontrando así de manera temprana soluciones para estas,

replanteando de esta manera el diseño previamente acogido en los planos del expediente técnico, con la detección pronta evitamos los trabajos rehechos que demandan costos adicionales, y además se evitan mayores plazos de ejecución que conllevarían retrasos.

Dentro de las incompatibilidades que se pudo encontrar en el modelo integrado se menciona las más significativas:

Incompatibilidad N° 01:

Al ingreso del primer nivel se puede apreciar un conflicto entre la mampara de vidrio templado donde se proyectó tomacorrientes empotrados en vidrio, lo cual no es técnicamente posible por tanto se analizará la situación con los especialistas y responsables de las áreas correspondientes.

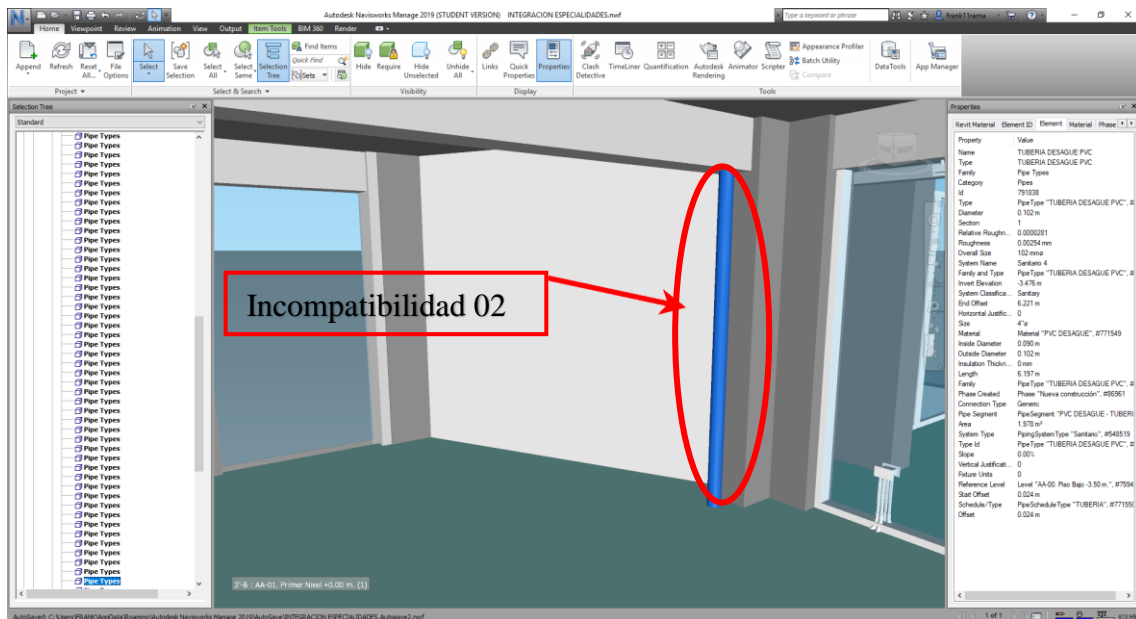


*Figura N° 49: Incompatibilidad N° 01: Mampara (Arquitectura) conflicto con Tomacorriente (I. Eléctricas)
FUENTE: Elaboración propia*

En reunión de coordinación entre el especialista de instalación eléctricas y el Residente de Obra, se tomó por mutuo acuerdo la reubicación de los tomacorrientes, en el muro más cercano para su empotramiento correspondiente.

Incompatibilidad N° 02:

Dentro de los ambientes de reunión social ubicado en el primer nivel se encuentra proyectado un montante de tubería de desagüe de 4” de diámetro, lo cual requiere una sujeción y protección correspondiente.

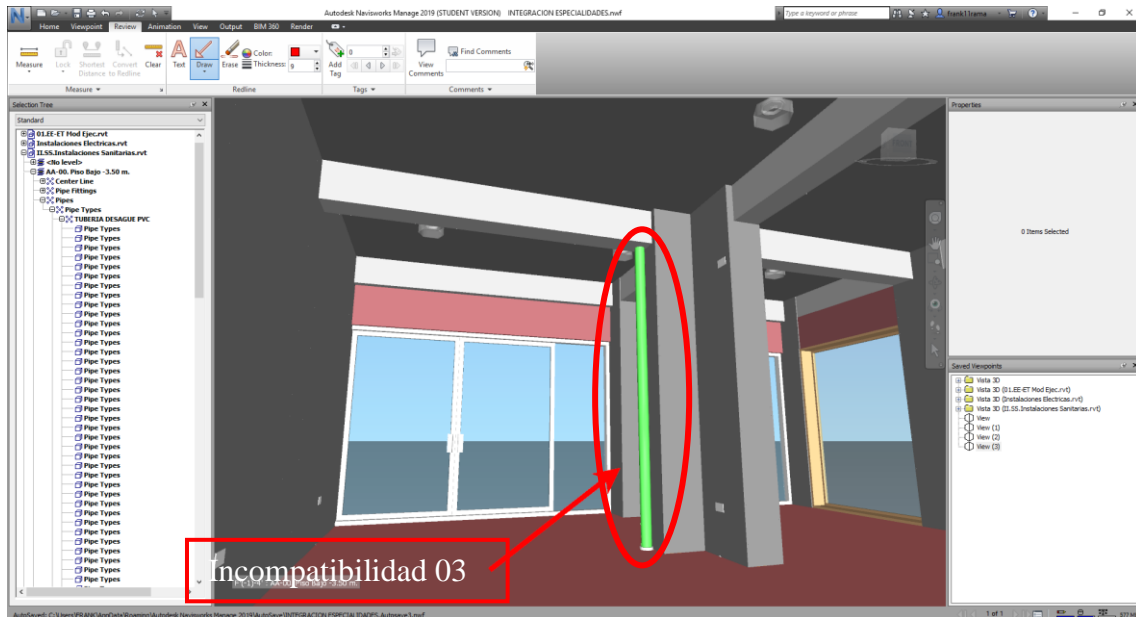


*Figura N° 50: Montante de red de desagüe
FUENTE: Elaboración propia*

En coordinación con los responsables de la obra, se tomó la decisión de realizar una falsa columna que sirva para la protección y sujeción correcta de la tubería, y no sea de fácil manipulación por parte de las personas que usen el ambiente, la misma que está destinado para reuniones sociales.

Incompatibilidad N° 03:

De la misma forma, existe una tubería montante en el sótano precisamente en la sala de reuniones, lo cual se encuentra expuesto, por tanto, se optó la misma solución que se planteó para casos de tuberías montantes.



*Figura N° 51: Vista final de tubería montante en falsa columna
FUENTE: Elaboración propia*

Incompatibilidad N° 04:

Se observó que el tablero eléctrico correspondiente al segundo nivel se encontraba proyectado en el ambiente destinado a la central de monitoreo y vigilancia, que, por su naturaleza, tiene acceso restringido. Este tablero controla todos los circuitos del nivel, por tanto, se reubico en el muro ubicado en el pasadizo del segundo nivel, justo en frente de las escaleras, conforme se ve en la figura N° 52.

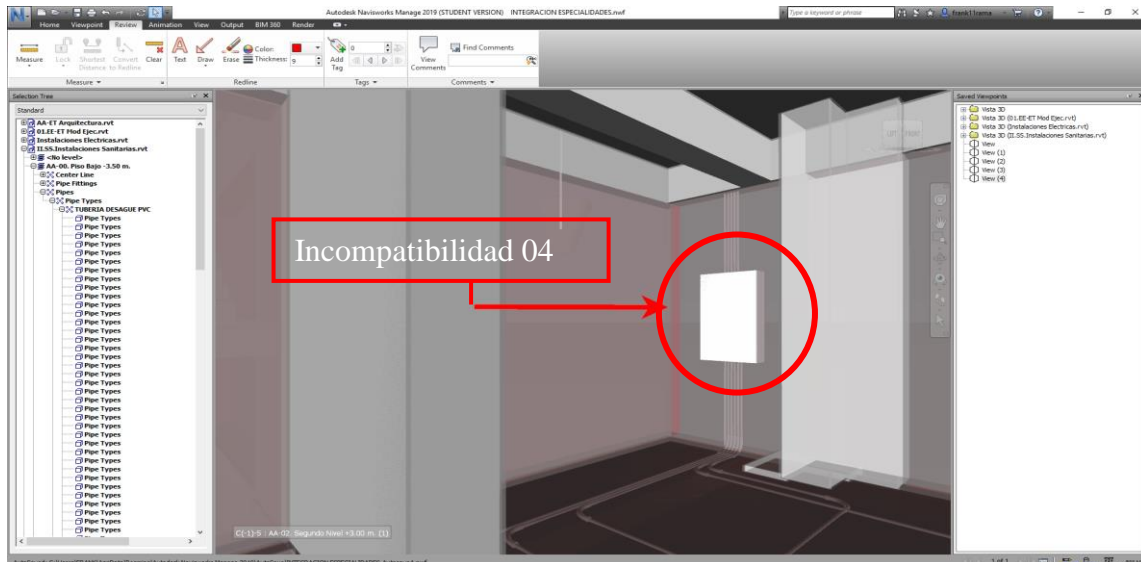
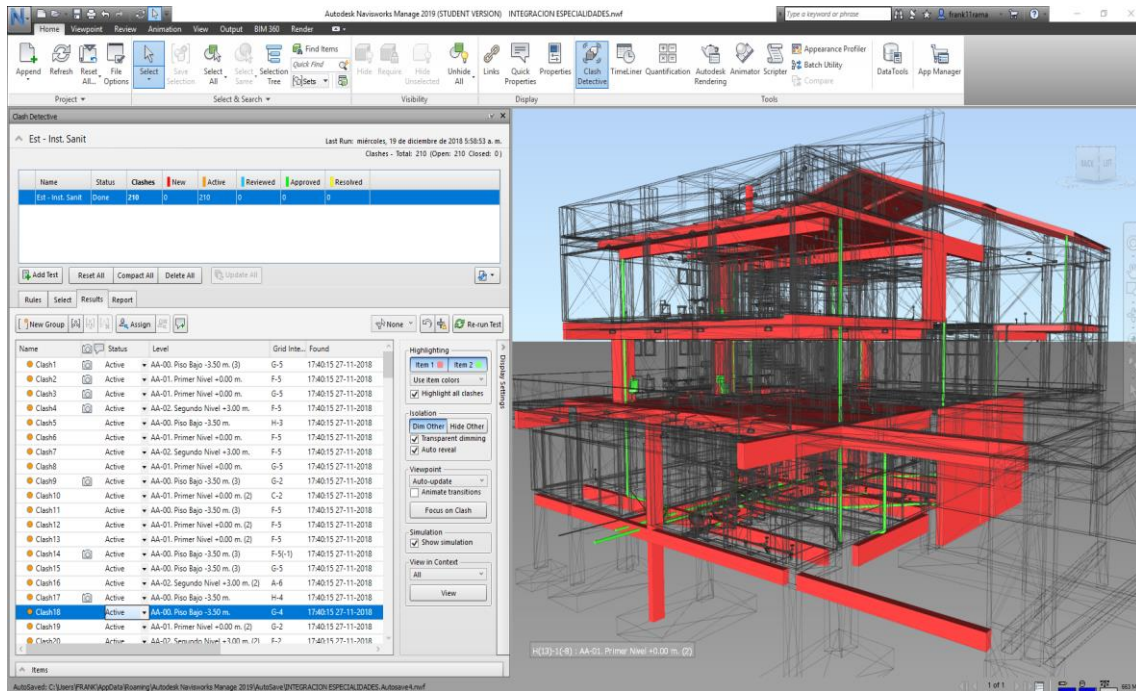


Figura N° 52: Nueva Ubicación del tablero de Distribución 2do Nivel
FUENTE: Elaboración propia

4.3.2. Interferencias entre especialidades

4.3.2.1. Estructuras vs Instalaciones Sanitarias

Con la herramienta Clash Detective se encontró 210 Interferencias entre las disciplinas de estructuras e instalaciones sanitarias, todas estas se verificaron con la confrontación de dos tipos de elementos; por una parte, las estructuras de concreto, tales como vigas, columnas y losas, y por la otra tuberías y aparatos sanitarios.



*Figura N° 53: Detección de interferencias estructuras vs instalaciones sanitarias
FUENTE: Elaboración propia*

Es necesario que se tenga especial cuidado con los reportes que el software emite ya que, el programa, no mantiene un criterio al momento de detectar conflictos entre dos elementos, es decir, el programa puede asumir un conflicto porque se superponen dos objetos, pero realmente se podría tratar de una tubería embebida en una losa maciza, lo cual, constructivamente no representa un conflicto.

4.3.2.2. Estructuras vs Instalaciones Eléctricas

De la misma manera, se procedió a realizar la evaluación de interferencias entre las estructuras de cada nivel proyectado con los aparatos eléctricos y tuberías de cada uno de los circuitos, en este caso se encontró 1070 interferencias, de los cuales, el 100% de estos no conllevan realizar modificaciones ya que el programa detecto que las tuberías se encontraban cruzando por la losa de piso, lo cual es posible durante el proceso constructivo.

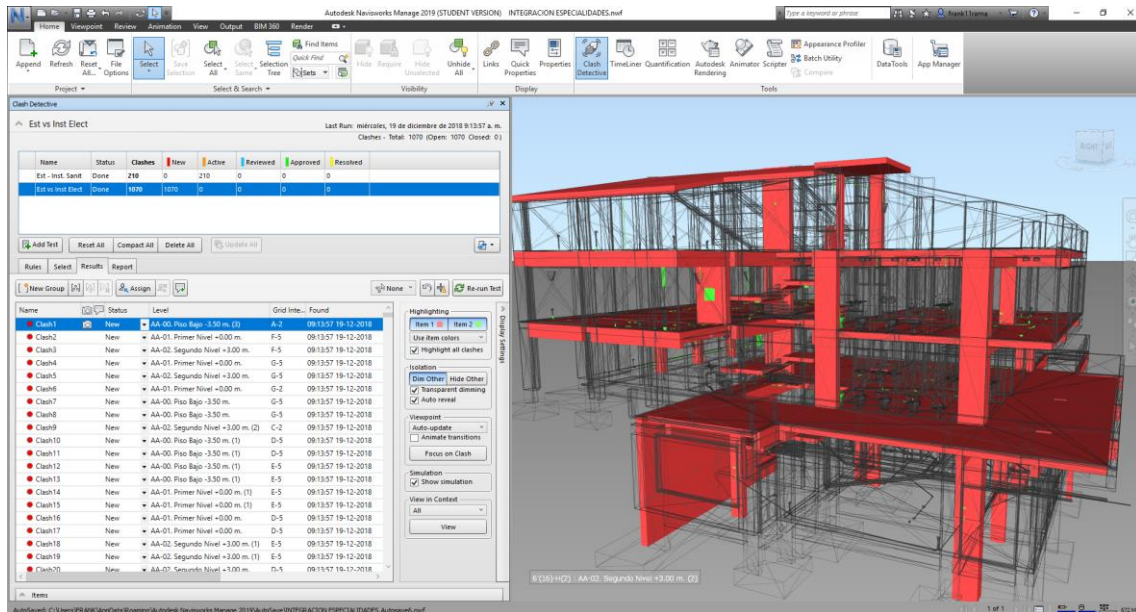


Figura N° 54: Detección de interferencias estructuras vs instalaciones eléctricas
FUENTE: Elaboración propia

Mediante el uso del software Autodesk Navisworks y los criterios constructivos ya mencionados se presentan el resumen de interferencias entre las especialidades, los resultados se presentan en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6: Resumen de interferencias ente especialidades

INTERFERENCIAS				
ESPECIALIDADES	REVISADAS	APROBADAS	RESUELTAS	TOTAL
ESTRUCTURAS VS INSTALACIONES SANITARIAS	210.00	193.00	17.00	210.00
ESTRUCTURAS VS INSTALACIONES ELECTRICAS	1,070.00	1,070.00	-	1,070.00

FUENTE: Elaboración propia

Los principales defectos que se pueden considerar en un proceso de construcción, son los ocasionados por las instalaciones sanitarias a las estructuras, ya que comprometen los elementos estructurales y los debilitan al considerar tuberías embebidas dentro de las losas, columnas, vigas, muros de contención.

4.4. ESTIMACION DE METRADOS

El modelo BIM 3D nos permitió obtener de manera rápida las cuantificaciones de metrados ya que cuenta con una base de datos parametrizados, los cuales nos permitió

tener la cantidad precisa en referencia a la unidad de medida estipulada, de cada uno de los elementos que se presentan en la construcción proyectada. En las tablas N° 7 hasta la Tabla N° 20 se presentan la cuantificación de metrados de los diferentes elementos.

Tabla N° 7: Cuantificación de metrados en vigas del modelo BIM 3D

<SC_Vigas Estructurales>			
A	B	C	D
Tipo	Material estructural	Nivel de referencia	Volumen
02. Primer Nivel -0.05 m			
Vig Chata 0.10x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	02. Primer Nivel -0.05 m	0.04 m³
Vig Chata 0.15x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	02. Primer Nivel -0.05 m	0.25 m³
Vig Chata 0.25x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	02. Primer Nivel -0.05 m	1.27 m³
Vig Chata 0.50x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	02. Primer Nivel -0.05 m	1.77 m³
Vig Peraltada 0.25x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	02. Primer Nivel -0.05 m	25.12 m³
			28.45 m³
03. Segundo Nivel +2.95 m			
Vig Chata 0.10x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	0.35 m³
Vig Chata 0.20x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	0.04 m³
Vig Chata 0.25x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	0.19 m³
Vig Chata 0.50x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	3.41 m³
Vig Peraltada 0.15x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	1.99 m³
Vig Peraltada 0.20x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	0.91 m³
Vig Peraltada 0.25x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	03. Segundo Nivel +2.95 m	16.99 m³
			23.89 m³
04. Tercer Nivel +5.95 m			
Vig Chata 0.10x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	0.55 m³
Vig Chata 0.20x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	0.04 m³
Vig Chata 0.25x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	0.55 m³
Vig Chata 0.25x0.30	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	0.22 m³
Vig Chata 0.50x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	1.25 m³
Vig Peraltada 0.15x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	1.78 m³
Vig Peraltada 0.20x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	1.01 m³
Vig Peraltada 0.25x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	17.35 m³
Vig Peraltada 0.25x1.05	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	0.45 m³
Vig Peraltada 0.30x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	04. Tercer Nivel +5.95 m	1.24 m³
			24.43 m³
05. Nivel de Techo +10.00 m			
Vig Chata 0.20x0.25	Concreto Fc=210 Kg/cm2	05. Nivel de Techo +10.00	0.11 m³
Vig Chata 0.25x0.20	Concreto Fc=210 Kg/cm2	05. Nivel de Techo +10.00	0.50 m³
Vig Chata 0.50x0.20	Concreto Fc=210 Kg/cm2	05. Nivel de Techo +10.00	1.80 m³
Vig Peraltada 0.15x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	05. Nivel de Techo +10.00	0.41 m³
Vig Peraltada 0.25x0.60	Concreto Fc=210 Kg/cm2	05. Nivel de Techo +10.00	8.17 m³
			10.99 m³
Total general: 101			87.76 m³

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 8: Cuantificación metrado de cimentaciones BIM 3D

<Cimentación estructural>			
A	B	C	D
Familia	Tipo	Recuento	Volumen
Losa de cimentación	Z-13	1	4.07 m³
Losa de cimentación	Zapata Corrida Muro de Contencion	1	53.27 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-1	2	1.34 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-2	1	2.02 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-3	1	2.86 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-4	1	5.52 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-5	1	6.96 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-8	1	2.25 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-10	1	2.57 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-11	1	3.67 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-12	1	4.43 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-14	2	1.43 m³
M_Zapata-Rectangular	Z-15	1	1.01 m³
M_Zapata-Rectangular	Zap Ref Z-11 1.50 x 1.30	1	1.17 m³
M_Zapata-Rectangular	Zap Ref Z-12 0.80 x 1.20	1	0.58 m³
M_Zapata-Rectangular	Zap Ref Z-13 0.65 x 1.50	1	0.59 m³
M_Zapata-Rectangular	ZC-1	1	7.16 m³
M_Zapata-Rectangular	ZC-2	2	5.54 m³
M_Zapata-Rectangular	ZC-3	1	2.40 m³

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 9: Cuantificación metrado de losas estructurales BIM 3D

<SC_Losas Aligeradas y Losas Macizas>				
A	B	C	D	E
Tipo	Material estructural	Nivel	Área	Volumen
02. Primer Nivel -0.05 m				
Losa Aligerada e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	02. Primer Nivel -0.05 m	200.54 m ²	50.14 m ³
Losa Maciza e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	02. Primer Nivel -0.05 m	27.22 m ²	6.81 m ³
03. Segundo Nivel +2.95 m				
Losa Aligerada e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	03. Segundo Nivel +2.95 m	103.04 m ²	25.76 m ³
Losa Maciza e=20 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	03. Segundo Nivel +2.95 m	6.13 m ²	1.23 m ³
Losa Maciza e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	03. Segundo Nivel +2.95 m	65.64 m ²	16.41 m ³
04. Tercer Nivel +5.95 m				
Losa Aligerada e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	04. Tercer Nivel +5.95 m	105.72 m ²	26.43 m ³
Losa Maciza e=25 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	04. Tercer Nivel +5.95 m	23.14 m ²	5.79 m ³
05. Nivel de Techo +10.00 m				
Losa Aligerada e=20 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	05. Nivel de Techo +10.00 m	171.28 m ²	33.67 m ³
Losa Maciza e=20 cm	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	05. Nivel de Techo +10.00 m	7.28 m ²	1.46 m ³
Total general: 62			709.99 m ²	167.68 m ³

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 10: Cuantificación metrado de columnas BIM 3D

<SC_Columnas>			
A	B	C	D
Tipo	Material estructural	Recuento	Volumen
01. Nivel Piso Bajo -3.55 m			
P1	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	7	5.18 m ³
P2//.90X.70X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	4	9.05 m ³
P3	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	6	5.76 m ³
P6	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	3.91 m ³
P7	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	1	2.39 m ³
P10//.60X.60X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	1	1.35 m ³
P17	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	1.79 m ³
P18	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	3	2.25 m ³
			31.69 m ³
02. Primer Nivel -0.05 m			
P1	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	0.88 m ³
P2//.90X.70X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	4	4.68 m ³
P3	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	13	7.03 m ³
P6	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	2.43 m ³
P10//.60X.60X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	1.77 m ³
P//.50X.50X.25X.25	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	1.33 m ³
			18.11 m ³
03. Segundo Nivel +2.95 m			
P1	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	0.83 m ³
P2//.90X.70X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	4	4.55 m ³
P3	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	13	7.74 m ³
P6	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	2.64 m ³
P10//.60X.60X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	2.03 m ³
			17.78 m ³
04. Tercer Nivel +5.95 m			
P1	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	1	0.39 m ³
P2//.90X.70X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	2.75 m ³
P3	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	6	3.79 m ³
P6	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	2	2.91 m ³
P10//.60X.60X.30X.30	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	1	0.74 m ³
Pa	Concreto f _c =210 Kg/cm ²	3	0.56 m ³
			11.15 m ³
Total general: 89			78.72 m ³

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 11: Cuantificación metrado de muros de contención BIM 3D

<Muro de Contencion>		
A	B	C
Familia	Tipo	Volumen
Muro básico	Muro de Contencion e=30 cm	53.35 m ³
Muro básico	Placa P1	6.14 m ³

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 12: Cuantificación metrado de muros de albañilería BIM 3D

<SC_Muros de Albañilería>			
A	B	C	D
Familia	Tipo	Restricción de base	Área
Muro básico	Muro de Cabeza e=25 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	34.35 m ²
Muro básico	Muro de Cabeza e=25 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	27.50 m ²
Muro básico	Muro de Cabeza e=25 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	21.04 m ²
Muro básico	Muro de Cabeza e=25 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	8.97 m ²
Muro básico	Muro de Contencion e=25 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	55.68 m ²
Muro básico	Muro de Contencion e=30 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	35.01 m ²
Muro básico	Muro de Contencion e=35 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	21.52 m ²
Muro básico	Muro de Soga e=15 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	157.96 m ²
Muro básico	Muro de Soga e=15 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	266.55 m ²
Muro básico	Muro de Soga e=15 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	253.87 m ²
Muro básico	Muro de Soga e=15 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	222.28 m ²
Muro básico	Placa PL01 E=25cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	11.79 m ²
Muro básico	Placa PL01 E=25cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	15.59 m ²
Muro básico	Tarrajeo en Columnas E=1.5 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	152.13 m ²
Muro básico	Tarrajeo en Columnas E=1.5 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	155.02 m ²
Muro básico	Tarrajeo en Columnas E=1.5 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	133.37 m ²
Muro básico	Tarrajeo en Columnas E=1.5 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	66.60 m ²
Muro básico	Tarrajeo en Vigas E=1.5 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	5.86 m ²
Muro básico	Tarrajeo Exterior E=1.5 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	82.65 m ²
Muro básico	Tarrajeo Exterior E=1.5 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	266.22 m ²
Muro básico	Tarrajeo Exterior E=1.5 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	138.79 m ²
Muro básico	Tarrajeo Exterior E=1.5 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	178.49 m ²
Muro básico	Tarrajeo Interior E=1.5 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	391.68 m ²
Muro básico	Tarrajeo Interior E=1.5 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	328.47 m ²
Muro básico	Tarrajeo Interior E=1.5 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	389.68 m ²
Muro básico	Tarrajeo Interior E=1.5 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	214.71 m ²
Muro cortina	Muro cortina	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	17.78 m ²
Muro cortina	Muro cortina	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	48.61 m ²
Muro cortina	Muro cortina	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	5.01 m ²
Muro cortina	Muro cortina	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	5.31 m ²

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 13: Cuantificación metrado de puertas BIM 3D

<Puertas>				
A	B	C	D	E
Familia	Tipo	Recuento	Anchura	Altura
M_Puerta-Interior-Simple-4 paneles-Madera	PM2-0.90x2.35	6	0.850 m	2.325 m
M_Puerta-Interior-Simple-4 paneles-Madera	PM3-1.20x2.35	3	1.150 m	2.325 m
M_Puerta-Interior-Simple-4 paneles-Madera	PM4-1.00x2.35	2	0.950 m	2.325 m
M_Puerta-Interior-Simple-4 paneles-Madera	PMS-0.80x2.35	5	0.750 m	2.325 m
M_Puerta-Muro-Cortina-Cristal-Simple	M_Puerta-Muro-Cortina-Cristal-Si	4		
M_Puerta-Muro-Cortina-Escaparate-Doble	M_Puerta-Muro-Cortina-Escapar	4		
Puerta de panel simple abatible de 2 hojas 1	PM1-1.44x2.10	1	1.440 m	2.100 m

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 14: Cuantificación metrado de ventanas BIM 3D

<Ventanas>				
A	B	C	D	E
Familia	Tipo	Recuento	Altura	Anchura
M_Deslizante con	V1-1.90x1.00	2	1.00 m	1.90 m
M_Fijo	V2-1.68x2.35	1	2.35 m	1.68 m
M_Fijo	V3-3.50x2.15	1	2.15 m	3.50 m
M_Fijo	V5-0.55x0.65	6	0.65 m	0.55 m
M_Fijo	V7-2.40x0.80	1	0.80 m	2.40 m
M_Fijo	V9-2.30x0.80	1	0.80 m	2.30 m
M_Fijo	V10-3.20x2.35	2	2.35 m	3.21 m
M_Fijo	V11-5.25x2.35	1	2.35 m	5.25 m
M_Fijo	V13-4.20x2.35	1	2.35 m	4.20 m
M_Fijo	V14-1.55x2.35	1	2.35 m	1.55 m
M_Fijo	V15-3.15x2.35	1	2.35 m	3.15 m
M_Fijo	V16-2.80x1.35	1	1.35 m	2.80 m

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 15: Cuantificación metrado de pisos BIM 3D

<SC_Pisos>			
A	B	C	D
Familia	Tipo	Nivel	Área
Suelo	Contrapiso de 2"	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	243.04 m ²
Suelo	Contrapiso de 2"	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	246.71 m ²
Suelo	Contrapiso de 2"	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	178.64 m ²
Suelo	Falso Piso e=10 cm	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	204.68 m ²
Suelo	Falso Piso e=10 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	102.96 m ²
Suelo	Losa Aligerada e=20 cm	AA-04. Techo +10.00 m.	182.90 m ²
Suelo	Losa de Techo E=25 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	283.37 m ²
Suelo	Losa de Techo E=25 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	266.22 m ²
Suelo	Losa de Techo E=25 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	191.46 m ²
Suelo	Losa Maciza e=20 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	22.76 m ²
Suelo	Losa Maciza e=20 cm	AA-04. Techo +10.00 m.	13.81 m ²
Suelo	Piso Ceramico 45x45	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	111.12 m ²
Suelo	Piso Ceramico 45x45	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	45.51 m ²
Suelo	Piso Ceramico 45x45	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	14.21 m ²
Suelo	Piso Ceramico 45x45	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	39.58 m ²
Suelo	Piso de Cemento Barrido	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	101.49 m ²
Suelo	Piso de Cemento Pulido	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	130.71 m ²
Suelo	Piso de Cemento Pulido	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	39.37 m ²
Suelo	Piso Parquet Coricaspi Oscuro	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	52.68 m ²
Suelo	Piso Parquet Coricaspi Oscuro	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	20.03 m ²
Suelo	Piso Parquet Coricaspi Oscuro	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	207.15 m ²
Suelo	Piso Porcelanato	AA-00. Piso Bajo -3.50 m.	26.96 m ²
Suelo	Piso Porcelanato	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	149.68 m ²
Suelo	Piso Porcelanato	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	25.35 m ²
Suelo	Tarrajeo en Cielo Raso E=1.5 cm	AA-01. Primer Nivel +0.00 m.	285.65 m ²
Suelo	Tarrajeo en Cielo Raso E=1.5 cm	AA-02. Segundo Nivel +3.00 m.	266.22 m ²
Suelo	Tarrajeo en Cielo Raso E=1.5 cm	AA-03. Tercer Nivel +6.00 m.	191.46 m ²
Suelo	Tarrajeo en Cielo Raso E=1.5 cm	AA-04. Techo +10.00 m.	105.36 m ²

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 16: Cuantificación metrado de aparatos sanitarios BIM

<Aparatos Sanitarios>	
A	B
Familia y tipo	Recuento
M_Desagüe de suelo - Redondo: Filtro 125 mm - Desagüe 50 mm	19
M_Desagüe de suelo - Redondo: Filtro 125 mm - Desagüe 80 mm	4
M_Fregadero - Servicio: 560 mm x 485 mm - Oficina	2
M_Lavabo - Oval: 535 mm x 485 mm - Público	29
M_Sanitario - Cisterna: Público - Vaciado mayor que 6,1 Lpf	22
M_Urinario - De pared1: Válvula de descarga 20 mm 2	4
M_Urinario - De pared1: Válvula de descarga 25 mm 2	1
M_Urinario - De pared: Válvula de descarga 20 mm	4
M_Urinario - De pared: Válvula de descarga 25 mm	1
Sanitary_Showers_Gala_Onis-Fixed-shower-column-Thermostatic-ta: Onis F	8

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 17: Cuantificación metrado de tuberías sanitarias BIM

<Tuberías>		
A	B	C
Familia y tipo	Diámetro	Longitud
Tipos de tubería: TUBERIA AGUA CALIENTE PVC	1/2"	31.02 m
Tipos de tubería: TUBERIA AGUA FRIA PVC	1/2"	108.40 m
Tipos de tubería: TUBERIA AGUA FRIA PVC	3/4"	58.00 m
Tipos de tubería: TUBERIA DESAGUE PVC	2"	45.01 m
Tipos de tubería: TUBERIA DESAGUE PVC	3"	13.02 m
Tipos de tubería: TUBERIA DESAGUE PVC	4"	150.05 m

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 18: Cuantificación metrado de aparatos eléctricos BIM

<Aparatos eléctricos>		
A	B	C
Familia	Tipo	Recuento
M_Secador de manos	220 V	7
M_Toma de encimera	Red Wifi	6
M_Toma doble	Toma Doble con Puesta a Tierra	130
M_Toma doble	Tomacorriente Estabilizado	22

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 19: Cuantificación metrado de luminarias BIM 3D

<Luminarias>		
A	B	C
Familia	Tipo	Recuento
M_Aplique - Luz indirecta	60W - 220V	11
M_Luminaria colgante	300x1200 - 220V	6
M_Luz de techo - Redonda plana	60W - 220V	134

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 20: Cuantificación metrado de tubos de cableado eléctrico BIM

<Tubos>			
A	B	C	D
Familia	Tipo	Tamaño	Longitud
Tubo con uniones	TUBO DE ALUMBRADO	20 mmø	341.01 m
Tubo con uniones	TUBO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA	20 mmø	244.02 m
Tubo con uniones	TUBO DE SECAMANOS	20 mmø	46.53 m
Tubo con uniones	TUBO DE TOMACORRIENTE NORMAL	20 mmø	359.37 m

FUENTE: Elaboración propia

4.5. SIMULACION BIM 4D

4.5.1. Planificación de obra (Tradicional)

A través de una planificación tradicional, previo a la ejecución de la obra, se efectuó el cronograma de ejecución elaborado por el Residente de Obra, con esta programación Gantt se procedió a realizar la simulación constructiva en el software Autodesk Navisworks, según los criterios constructivos, tomados por el profesional y vinculándolo al modelo 3D, teniéndose así la simulación constructiva de la edificación a lo largo del plazo contractual de ejecución de la obra. Este análisis se hace de manera mensual ya que los reportes que se informan a la entidad se realizan de forma mensual.



Figura N° 55: Planificación Tradicional de la ejecución de la obra.
FUENTE: Elaboración propia

4.5.2. EDT (Estructura de Desglose del Trabajo)

A partir de la estructura de las metas proyectadas, se planteó distintos frentes de trabajo, considerando los recursos disponibles, mano de obra, materiales maquinaria y equipos, la distribución fue de la siguiente manera:

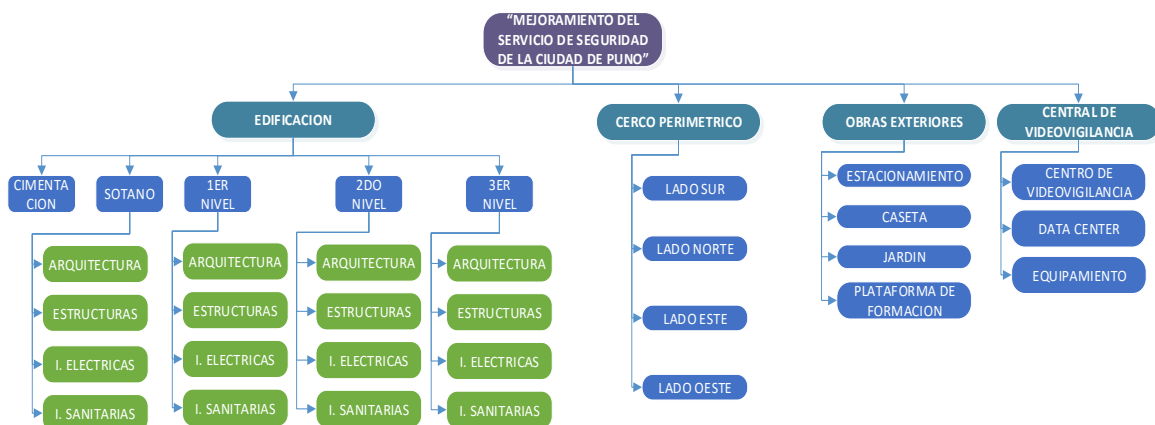


Figura N° 56: Estructura de desglose de trabajo del proyecto
FUENTE: Elaboración propia

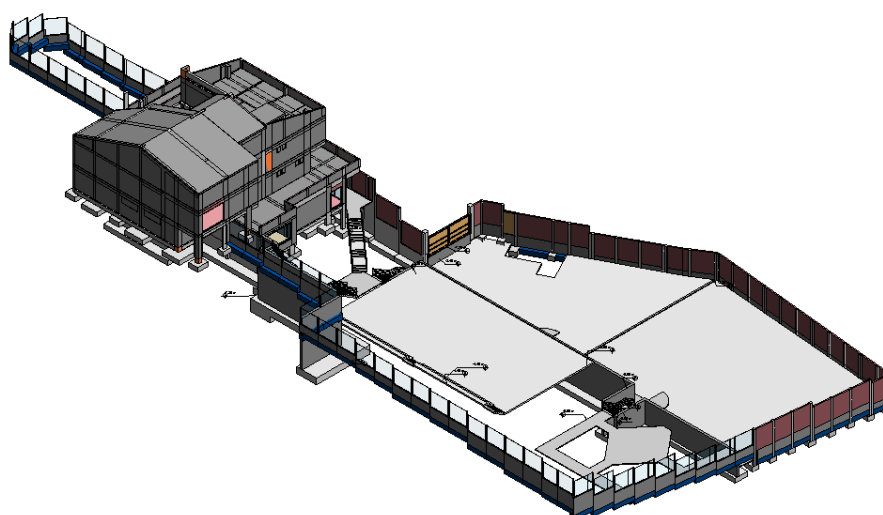


Figura N° 57: Vista Integral del Proyecto Seguridad Ciudadana
FUENTE: Elaboración propia

Con esta estructuración del proyecto, se buscó mejorar la comunicación entre los responsables de la ejecución de la obra, tanto de los profesionales responsables como de los técnicos especialistas en las diferentes áreas, planteando secuencias constructivas, anticipando conflictos entre ellos, estableciendo prioridades y buscando soluciones frente a estos, generando mayor productividad en las tareas que se realizan.

A través de la simulación 4D se pudo conocer la necesidad de un material y/o recursos para la ejecución de las partidas y realizar de manera temprana los requerimientos de insumos a utilizar a lo largo del proceso constructivo

4.5.3. Requerimientos de Información (RFI)

Se procedió a brindar la información que se tiene en el modelo 3D, donde el equipo técnico solicitó información detallada, que no se presenta en los planos del expediente técnico, de esta manera mejoramos el flujo de trabajo, tanto de los especialistas al conocer a detalle los diferentes elementos, como también del personal obrero.

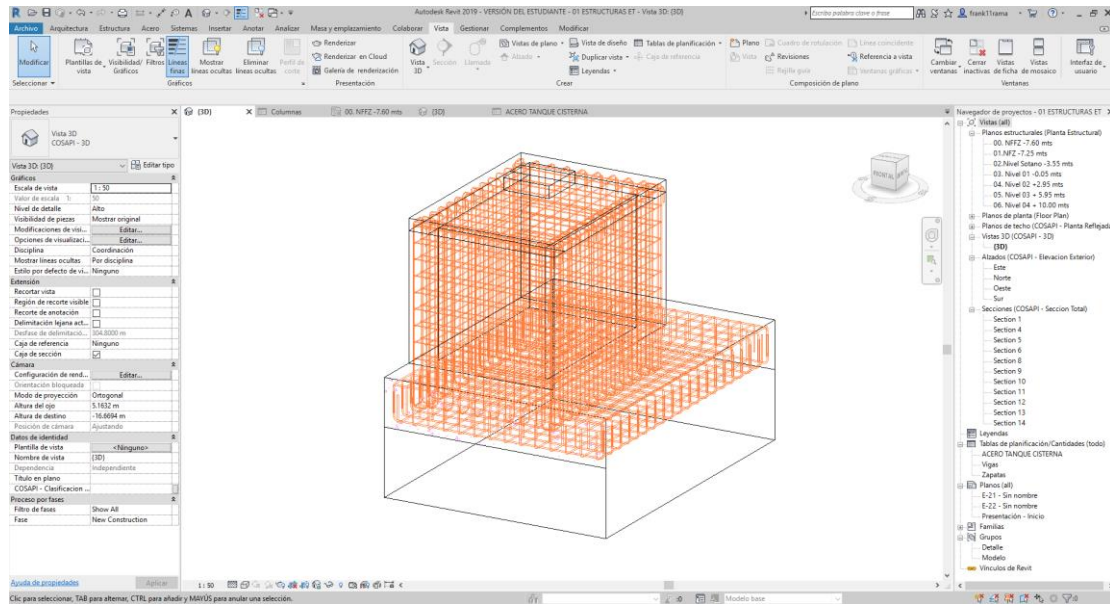
Caso 01: Insuficiencia de información de acero para armadura de tanque cisterna

Con el modelamiento de la armadura necesaria para el tanque cisterna se resolvió la insuficiencia de información para el habilitado de acero, que en este caso no se especificaba a detalle en los planos del expediente técnico, En la Tabla N° 21 se presenta el detalle de acero para el habilitado, realizando el modelamiento de acero con la metodología BIM. La no atención de este requerimiento hubiese generado retrasos considerables ya que son actividades críticas en la programación de obra, lo cual traería mayor uso de recursos en mano de obra como del tiempo de ejecución.

Tabla N° 21: Cuantificación de acero para armadura de tanque cisterna

<ACERO TANQUE CISTERNA>						
A	B	C	D	E	F	G
Partidas / Metrados	Elemento	Diámetro de barra	Cantidad	Longitud de barra	Espaciado	Diámetro de curvat
Zapata CISTERNA	CIMENTACION	1/2"	20	3.40 m	0.20 m	60 mm
Zapata CISTERNA	CIMENTACION	1/2"	20	3.40 m	0.20 m	60 mm
Zapata CISTERNA	CIMENTACION	1/2"	14	4.50 m	0.20 m	60 mm
Zapata CISTERNA	CIMENTACION	1/2"	17	4.50 m	0.17 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	13	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	13	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	13	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	10	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	10	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	10	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Vertical	1/2"	10	2.50 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	1.82 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	1.82 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	1.82 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	1.82 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	2.53 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	2.53 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	2.53 m	0.20 m	60 mm
MURO CISTERNA	Horizontal	1/2"	9	2.53 m	0.20 m	60 mm
LOSA CISTERNA	Longitudinal	1/2"	9	2.20 m	0.20 m	60 mm
LOSA CISTERNA	Transversal	1/2"	6	2.89 m	0.20 m	60 mm

FUENTE: Elaboración propia

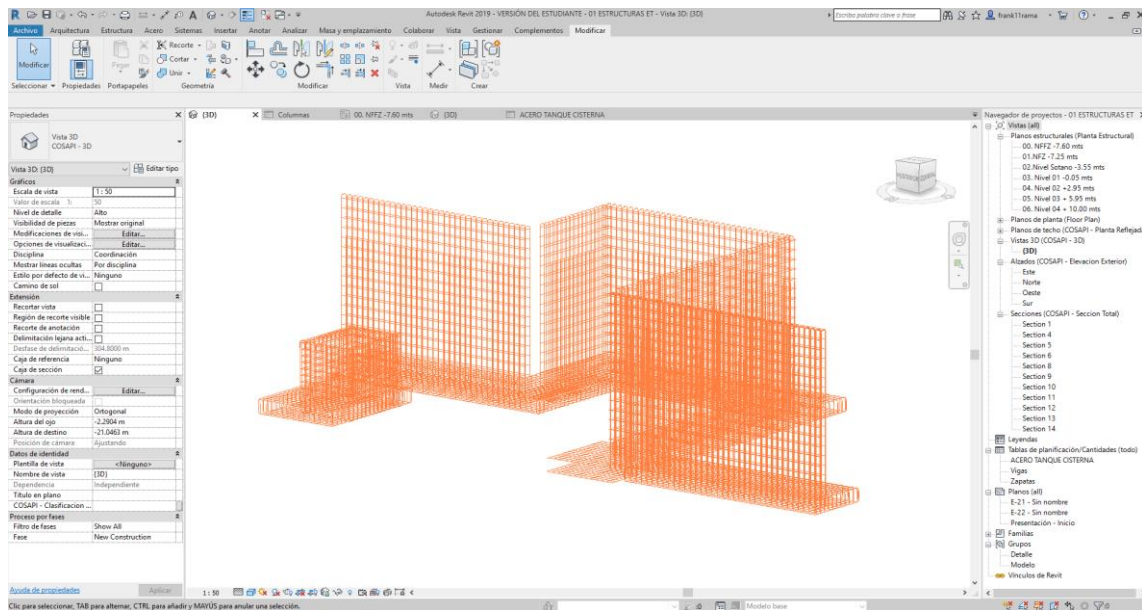


*Figura N° 58: Cuantificación de acero para armadura de tanque cisterna
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 59: Habilitado de armadura de acero para tanque cisterna
FUENTE: Elaboración propia*

CASO 02: Requerimiento de longitudes de barras de acero para habilitación de muro de contención



*Figura N° 60: Detalle de armadura para muro de contención en edificación
FUENTE: Elaboración propia*



*Figura N° 61: Armado de estructura de muro de contención en edificación
FUENTE: Elaboración propia*

Para el habilitado de varillas de acero corrugado, se realizó el modelamiento de las armaduras que corresponde al muro de contención, tal y como se observa en la Tabla N° 22, se tuvo una estimación precisa de la cantidad de varillas que se deben de habilitar en longitudes definidas reduciendo así el desperdicio de material.

Tabla N° 22: Barras de acero para armadura de muro de contención

<Muro de Contencion>					
A	B	C	D	E	F
f	Elemento	Cantidad	Diámetro de barra	Longitud de barra	Diámetro de curvat
TRAMO 01					
TRAMO 01	MC//CIM//Acero Longitudinal Inferior	11	1/2"	7.74	80 mm
TRAMO 01	MC//CIM//Acero Transversal Inferior	36	1/2"	2.78	80 mm
TRAMO 01	MC//CIM//Acero Transversal Superior	36	1/2"	2.79	80 mm
TRAMO 01	MC//CIM//Acero Longitudinal Superior	11	1/2"	7.74	80 mm
TRAMO 01	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion	40	3/4"	5.94	115 mm
TRAMO 01	Acero Vertical (Negativo) Muro de Contencion	40	3/8"	5.99	60 mm
TRAMO 01	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion Baston	40	5/8"	4.47	60 mm
TRAMO 01	Acero Horizontal (Positivo) Muro de Contencion	17	1/2"	7.86	80 mm
TRAMO 01	Acero Horizontal (Negativo) Muro de Contencion	17	3/8"	7.86	60 mm
TRAMO 02					
TRAMO 02	MC//CIM//Acero Longitudinal Inferior	11	1/2"	9.23	80 mm
TRAMO 02	MC//CIM//Acero Transversal Inferior	32	1/2"	2.71	80 mm
TRAMO 02	MC//CIM//Acero Transversal Superior	32	1/2"	2.69	80 mm
TRAMO 02	MC//CIM//Acero Longitudinal Superior	11	1/2"	9.28	80 mm
TRAMO 02	Acero Vertical (Negativo) Muro de Contencion	43	3/8"	6.01	60 mm
TRAMO 02	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion	43	3/4"	5.97	115 mm
TRAMO 02	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion Baston	43	5/8"	4.49	60 mm
TRAMO 02	Acero Horizontal (Positivo) Muro de Contencion	17	3/8"	8.53	60 mm
TRAMO 02	Acero Horizontal (Negativo) Muro de Contencion	17	1/2"	8.53	80 mm
TRAMO 03					
TRAMO 03	MC//CIM//Acero Longitudinal Inferior	11	1/2"	9.78	80 mm
TRAMO 03	MC//CIM//Acero Longitudinal Superior	11	1/2"	9.81	80 mm
TRAMO 03	MC//CIM//Acero Transversal Inferior	24	1/2"	2.71	80 mm
TRAMO 03	MC//CIM//Acero Transversal Superior	24	1/2"	2.59	80 mm
TRAMO 03	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion	34	3/4"	5.97	115 mm
TRAMO 03	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion Baston	34	5/8"	4.49	60 mm
TRAMO 03	Acero Vertical (Negativo) Muro de Contencion	34	3/8"	5.97	60 mm
TRAMO 03	Acero Horizontal (Negativo) Muro de Contencion	17	1/2"	7.00	80 mm
TRAMO 03	Acero Horizontal (Positivo) Muro de Contencion	17	3/8"	7.00	60 mm
TRAMO 04					
TRAMO 04	MC//CIM//Acero Transversal Inferior	7	1/2"	2.78	80 mm
TRAMO 04	MC//CIM//Acero Transversal Superior	7	1/2"	2.79	80 mm
TRAMO 04	MC//CIM//Acero Longitudinal Superior	11	1/2"	6.50	80 mm
TRAMO 04	MC//CIM//Acero Longitudinal Inferior	11	1/2"	6.51	80 mm
TRAMO 04	Acero Vertical (Negativo) Muro de Contencion	16	3/8"	5.98	60 mm
TRAMO 04	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion	16	3/4"	5.92	115 mm
TRAMO 04	Acero Vertical (Positivo) Muro de Contencion Baston	16	5/8"	4.49	60 mm
TRAMO 04	Acero Horizontal (Negativo) Muro de Contencion	17	1/2"	3.53	80 mm
TRAMO 04	Acero Horizontal (Positivo) Muro de Contencion	17	3/8"	3.54	60 mm
TRAMO 05					
TRAMO 05	MC//CIM//Acero Transversal Inferior	43	1/2"	2.85	80 mm
TRAMO 05	MC//CIM//Acero Transversal Superior	43	1/2"	2.84	80 mm
TRAMO 05	MC//CIM//Acero Longitudinal Superior	11	1/2"	11.32	80 mm
TRAMO 05	MC//CIM//Acero Longitudinal Inferior	11	1/2"	11.33	80 mm

FUENTE: Elaboración propia

Esta partida era prioridad ya que una vez concluida la estructura de soporte debido al desnivel existente debió proseguirse con la ejecución de partidas como: zapatas, columnas, vigas de cimentación, además con la finalidad de evitar derrumbes y velar por la seguridad de los trabajadores.

4.5.4. Simulación Constructiva BIM 4D

Con la simulación constructiva de la obra nos permitió conocer el desarrollo de actividades en la ejecución, además de trabajar de forma colaborativa y coordinada con las diferentes especialidades del proyecto. Para la realización de la simulación 4D se inició con el desarrollo del modelo 3D y es en éste donde se concentra el mayor esfuerzo, debido a que aporta la geometría del proyecto al cual se debe posteriormente integrar el tiempo en que se realiza cada partida llegando así al modelo 4D. En base al caso de estudio se propuso utilizar y crear un modelo 4D mensual para la planificación y el control como se sugiere en la Figura 62.

Con la implementación de la simulación 4D, se pudo llevar un seguimiento del avance mensual que se actualizaba según las reuniones de obra, al incorporarlo genero una mayor coordinación entre el equipo de trabajo, incluyendo subcontratos, planificando mejores estrategias. Estas actualizaciones del avance en el modelo BIM no significo gran gasto en cuanto a recursos, como lo es las horas hombre, debido a que la asociación de geometría del elemento (modelo 3D) a su respectiva tarea programada (cronograma Gantt) no es complicada.

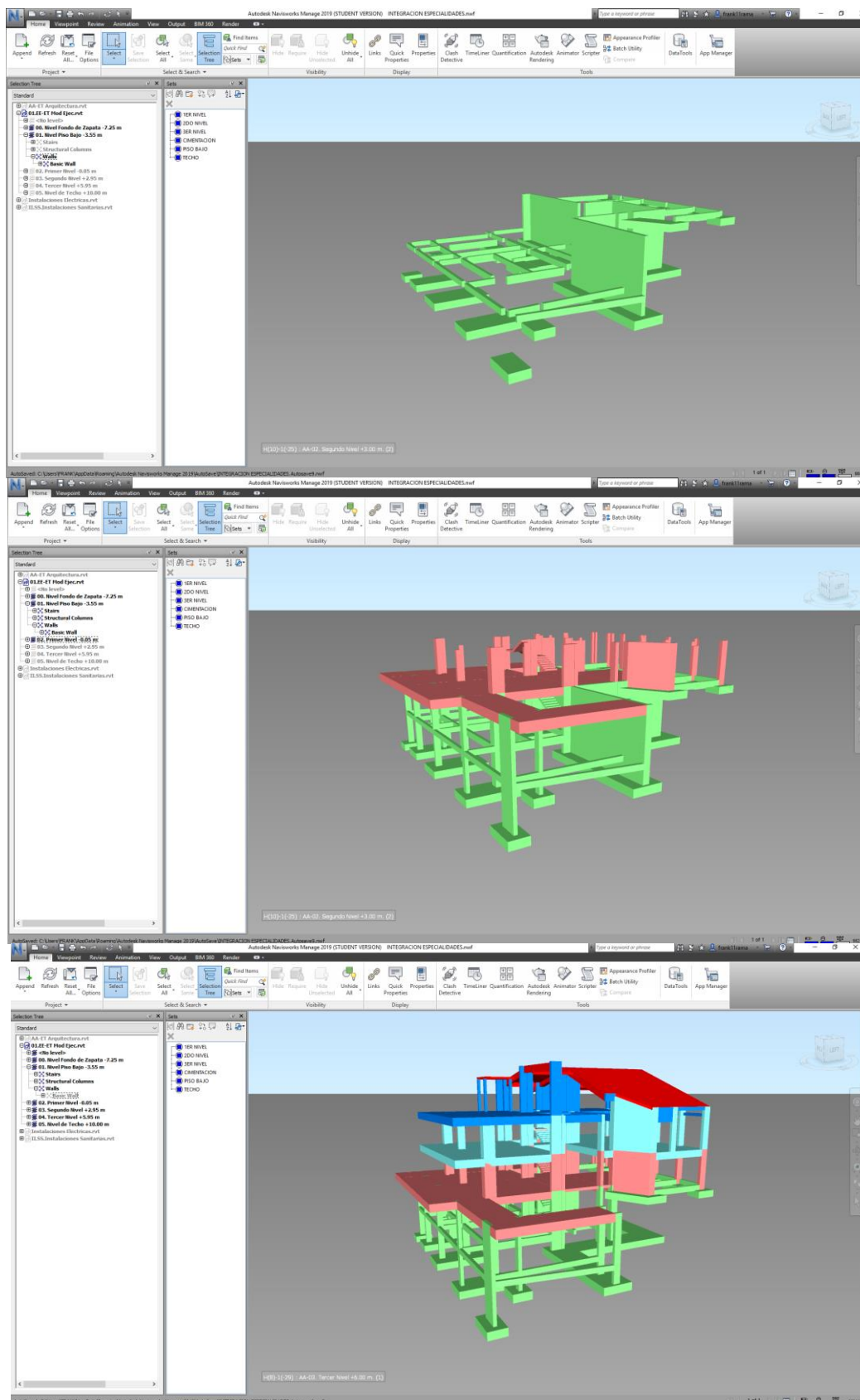


Figura N° 62: Simulación Constructiva de los Niveles en la Edificación
 FUENTE: Elaboración propia

4.5.5. Avance programado vs avance ejecutado BIM 4D

Los tiempos de ejecución de obra se ha visto conflictuado, debido a la necesidad de ampliaciones de plazo por no atención oportuna de los materiales, dificultando la ejecución de partidas como, instalación de tuberías y accesorios de instalaciones eléctricas y sanitarias, que se han visto afectados por la causal señalada, que siempre es un problema en obras por administración directa, también se presentó causas de fuerza mayor, fenómenos climatológicos, además de la ejecución de adicionales de obra que requieren de un plazo adicional para su ejecución, es así que demando mayor tiempo de ejecución, tal como se muestra en la Figura 63.

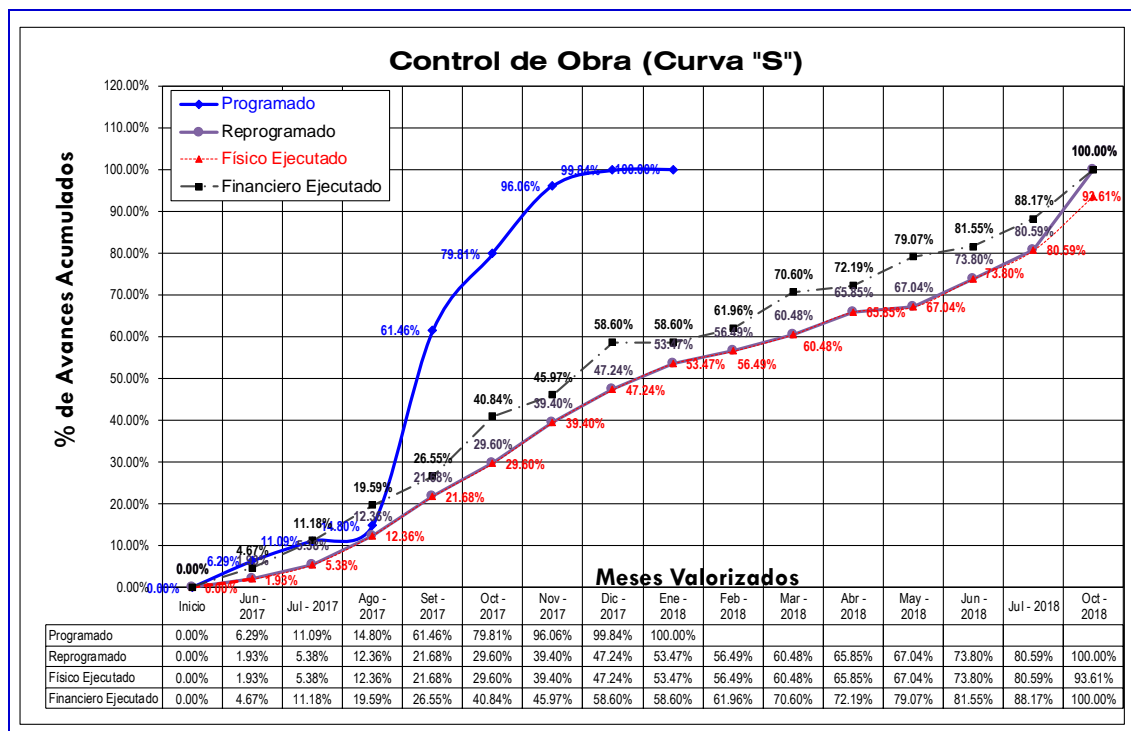


Figura N° 63: Control de obra mediante la herramienta curva S
FUENTE: Elaboración propia

Se presenta cuadros comparativos de las partidas que han sido favorecidas con la metodología BIM 4D en la edificación detalladas por niveles de piso, obteniendo reducción en el tiempo de ejecución, tal como señalan las tablas N° 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33, que se detallan a continuación:

Tabla N° 23: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Columnas

COLUMNAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	12.00	m3/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	35.36	31.69	3.67	0.31	1
1er Nivel	18.14	18.11	0.03	0.00	
2do Nivel	19.75	17.78	1.97	0.16	
3er Nivel	15.58	11.15	4.43	0.37	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 24: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Vigas

VIGAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	16.00	m3/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	35.60	28.45	7.15	0.45	2
1er Nivel	32.25	23.89	8.36	0.52	
2do Nivel	28.36	24.45	3.91	0.24	
3er Nivel	20.38	10.99	9.39	0.59	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 25: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Losas Aligeradas

LOSAS ALIGERADAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	16.00	m3/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	23.10	20.05	3.05	0.19	1
1er Nivel	11.17	10.31	0.86	0.05	
2do Nivel	10.66	10.57	0.09	0.01	
3er Nivel	13.30	14.99	- 1.69	- 0.11	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 26: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Losas Macizas

LOSAS MACIZAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	16.00	m3/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	6.89	6.81	0.08	0.01	1
1er Nivel	17.34	16.41	0.93	0.06	
2do Nivel	6.98	5.78	1.20	0.08	
3er Nivel	1.33	1.46	- 0.13	- 0.01	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 27: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Muros de Soga

MURO LADRILLO AMARRE DE SOGA					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	9.50	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	137.08	124.11	12.97	1.37	6
1er Nivel	220.57	213.24	7.33	0.77	
2do Nivel	205.52	203.10	2.42	0.26	
3er Nivel	204.40	177.82	26.58	2.80	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 28: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Muros de Cabeza

MURO LADRILLO AMARRE DE CABEZA					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	6.50	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	11.58	13.49	- 1.91	- 0.29	1
1er Nivel	14.36	11.00	3.36	0.52	
2do Nivel	17.90	16.83	1.07	0.16	
3er Nivel	9.38	7.18	2.20	0.34	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 29: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Cerámico

PISO CERAMICO					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	12.00	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	108.80	112.11	- 3.31	- 0.28	1
1er Nivel	51.52	45.51	6.01	0.50	
2do Nivel	21.30	14.21	7.09	0.59	
3er Nivel	-	-	-	-	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 30: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Cemento Acabado Pulido

PISO CEMENTO ACABADO PULIDO					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	30.00	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	20.70	20.56	0.14	0.00	1
1er Nivel	155.00	130.71	24.29	0.81	
2do Nivel	-	-	-	-	
3er Nivel	38.80	39.37	- 0.57	- 0.02	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 31: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Cemento Acabado Barrido

PISO CEMENTO ACABADO BARRIDO					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	35.00	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	-	-	-	-	0
1er Nivel	-	-	-	-	
2do Nivel	-	-	-	-	
3er Nivel	99.00	99.08	- 0.08	- 0.00	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 32: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso de Porcelanato

PISO DE PORCELANATO					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	12.00	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	21.34	20.33	1.01	0.08	1
1er Nivel	119.63	149.68	- 30.05	- 2.50	
2do Nivel	15.78	25.35	- 9.57	- 0.80	
3er Nivel	39.40	-	39.40	3.28	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 33: Cuadro comparativo tiempo de ejecución en Piso Parquet

PISO PARQUET					
Nivel de Edificación	Metrado		Rendimiento	8.00	m2/día
	Met. Tradicional	Método BIM	Diferencia	Duración (Días)	
Piso Bajo	53.40	52.68	0.72	0.09	0
1er Nivel	20.00	20.03	- 0.03	- 0.00	
2do Nivel	207.71	207.15	0.56	0.07	
3er Nivel	-	-	-	-	

FUENTE: Elaboración propia

4.5.6. Discusión de resultados del tiempo de ejecución Metodología Tradicional vs Metodología BIM 4D

Con la simulación BIM 4D nos permitió comparar el tiempo programado con el tiempo ejecutado, ya que se pudo observar de mejor manera que actividades se retrasaron y que tareas son primordiales para optimizar el avance, demostrando así el planteamiento de Viñas Villa en su investigación que demuestra que repercute en los tiempos.

Se estableció prioridades referentes a los trabajos teniendo en cuenta si se encontraba disponible los insumos para ejecutarla planteando soluciones para reducir los retrasos en la ejecución. Al conocer la cuantificación exacta de los metros de la edificación, se pudo conocer el tiempo que demanda ejecutar las actividades, obteniendo así una reducción en el tiempo de 15 días tal como se muestra en la tabla N° 34, afectando de manera directa en la ruta crítica del proyecto. De esta forma obtenemos influencia positiva de la metodología BIM 4D en el tiempo de ejecución, disminuyendo los trabajos.

Tabla N° 34: Resumen Tiempo de Ejecución Met. Tradicional vs Met. BIM 4D

CUADRO COMPARATIVO TIEMPO DE EJECUCION			
TRABAJO/PARTIDA	DURACION (Dias)		
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia
COLUMNAS	8.00	7.00	1.00
VIGAS	8.00	6.00	2.00
LOSAS ALIGERADAS	5.00	4.00	1.00
LOSAS MACIZAS	3.00	2.00	1.00
MURO LADRILLO AMARRE DE SOGA	82.00	76.00	6.00
MURO LADRILLO AMARRE DE CABEZA	9.00	8.00	1.00
PISO CERAMICO	16.00	15.00	1.00
PISO CEMENTO ACABADO PULIDO	8.00	7.00	1.00
PISO CEMENTO ACABADO BARRIDO	3.00	3.00	-
PISO DE PORCELANATO	18.00	17.00	1.00
PISO PARQUET	35.00	35.00	-
TOTAL (Dias):			15.00

FUENTE: Elaboración propia

Con el modelo unificado del proyecto con herramientas que El Instituto Tecnológico del Cantábrico, en su publicación recomendó permitió generar secuencias constructivas por sí solo, logrando de su interacción, modelos interactivos 3D del proyecto, y simulaciones 4D (añadiendo la variable tiempo).

A diferencia de Vilca Peralta, en su tesis obtuvo resultados cualitativos, se obtuvo resultados cuantitativos respecto al tiempo de ejecución, que permitió trabajar con un sistema integrado de información donde cualquier cambio que se ha hecho en cualquier lugar y en cualquier momento es automáticamente coordinado a través del proyecto entero.

4.6. SIMULACION BIM 5D

Con la aplicación de la simulación 5D nos permite gestionar los costos del proyecto, tener un mejor control cuando se producen variaciones en la ejecución, ya que como se mencionó en capítulos anteriores los proyectos presentan incompatibilidades, y muchas veces estas se resuelven haciendo cambios que normalmente se traducen en incrementos de costos.

Al conocer la cantidad de metrados ejecutados con el modelo BIM 3D, añadiendo el parámetro tiempo por periodos mensuales de control, se pudo conocer también el costo de ejecución por metrado, añadiendo también el parámetro costo con los valores proyectados en los costos unitarios de cada partida del expediente técnico. Así mismo, el modelamiento 5D también se ve involucrado en la cuantificación de materiales, ya que con esta última herramienta es mucho más preciso determinar exactamente la cantidad de materiales que necesita para ejecutar una tarea determinada, teniendo el control de obtener solamente lo que se necesite y más a detalle.

4.6.1. Metrados programados en expediente técnico vs metrados ejecutados con modelo BIM 3D

Al realizar el modelamiento BIM 3D nos permitió conocer las cantidades precisas de los elementos a construir, por tanto, la ejecución real según los planos del proyecto. A continuación, en la Tabla N° 35, se presenta cuadros comparativos de las partidas más incidentes en las diferentes especialidades y la variación correspondiente:

Tabla N° 35: Comparación de metrados Método Tradicional vs Modelo BIM

PARTIDA	Und	METRADO EXP TEC.	METRADO BIM	VARIACION (Und)	VARIACION (%)
ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS					
CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	141.42	170.28	28.86	120.41%
CONCRETO MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	410.19	497.93	87.74	121.39%
CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	103.57	129.42	25.85	124.96%
CONCRETO LOSAS MACIZAS f'c= 210 kg/cm2	m3	25.64	29.98	4.34	116.94%
CONCRETO PARA PAVIMENTO f'c=210 kg/cm2	m3	241.28	336.26	94.98	139.37%

FUENTE: Elaboración propia

Con estos resultados y teniendo en cuenta que se requiere mayor cantidad de recursos para el cumplimiento de metas programadas, se procedió a realizar un adicional de obra para la especialidad de estructuras por S/. 55,067.90 (ver Tabla N° 36), por ser necesario para el cumplimiento de metas según el expediente técnico.

Tabla N° 36: Costo adicional de estructuras por variación de metrados

PARTIDA	Und	VARIACION (Und)	COSTO UNIT	Sub Total
ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS				
CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	28.86	S/ 312.57	S/ 9,020.77
CONCRETO MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	4.13	S/ 373.02	S/ 1,540.57
CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	25.85	S/ 401.90	S/ 10,389.12
CONCRETO LOSAS MACIZAS f'c= 210 kg/cm2	m3	4.34	S/ 383.34	S/ 1,664.68
CONCRETO PARA PAVIMENTO f'c=210 kg/cm2	m3	94.98	S/ 341.68	S/ 32,452.77
COSTO TOTAL ESTRUCTURAS				S/ 55,067.90

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 37: Comparación entre metrados de arquitectura (Método Tradicional) y Metrados BIM (Modelo 3D)

PARTIDA	Columna1	METRADO EXP TEC.	METRADO BIM	VARIACION (Und)	VARIACION (%)
ESPECIALIDAD ARQUITECTURA					
MURO LADRILLO CARAVISTA (9x12x25 cm)	m2	818.13	935.44	117.31	14.34%
TARRAJEO DE VIGAS	m2	229.28	367.58	138.30	60.32%
CONCRETO FALSO PISO	m2	323.24	638.24	315.00	97.45%
PISO CERAMICO	m2	178.50	198.30	19.80	11.09%
PISO DE PORCELANATO	m2	196.00	242.66	46.66	23.81%

FUENTE: Elaboración propia

La omisión de metrados en muros de ladrillo caravista y acabado de pisos proyectado en los diferentes ambientes, fueron los resultados con variación más relevantes en la especialidad de arquitectura (ver Tabla N° 37). Para esto también se tuvo que realizar un adicional de obra por S/. 38,705.17, para la especialidad de Arquitectura, (ver Tabla N° 38), que de no considerarse no hubiera sido posible cumplir con el nivel de acabado del proyecto.

Tabla N° 38: Costo adicional de arquitectura por variación de metrados

PARTIDA	Columna1	VARIACION (Und)	COSTO UNIT	Sub Total
ESPECIALIDAD ARQUITECTURA				
MURO LADRILLO CARAVISTA (9x12x25 cm)	m2	117.31	S/ 130.08	S/ 15,259.68
TARRAJEO DE VIGAS	m2	138.30	S/ 39.37	S/ 5,444.87
CONCRETO FALSO PISO MEZCLA	m2	315.00	S/ 42.43	S/ 13,365.45
PISO CERAMICO	m2	19.80	S/ 55.00	S/ 1,089.00
PISO DE PORCELANATO	m2	46.66	S/ 76.00	S/ 3,546.16
TOTAL ARQUITECTURA				S/ 38,705.17

FUENTE: Elaboración propia

4.6.2. Costo programado vs costo de ejecución con BIM 5D

La inclusión del parámetro costo en el avance cronológico de la obra permitió conocer el avance valorizado que se tiene al momento, para luego, en referencia a este parámetro, considerar las correcciones necesarias para no afectar en los costos de ejecución.

Tabla N° 39: Costo para el Cumplimiento de Metas con Simulación 5D

DESCRIPCION	PPTO BASE	ADICIONAL 01 - MAYORES METRADOS	ADICIONAL 02- MAYORES METRADOS	ADICIONAL 02 - PARTIDAS NUEVAS	TOTAL
COSTO DIRECTO	2,860,641.74	218,444.90	168,932.72	35,724.63	3,283,743.99
G. GENERALES	343,610.50	26,235.23	20,288.82	4,290.53	394,425.08
G. DE SUPERVISIÓN	62,111.68	4,740.25	3,665.84	775.22	71,292.99
G. DE LIQUIDACIÓN	12,330.73	939.32	726.41	153.62	14,150.08
G. DE EXP. TÉCNICO	-	-	-	-	-
TOTAL PRESUPUESTO	3,278,694.65	250,359.70	193,613.79	40,944.00	3,763,612.14
PORCENTAJE	100.00%	7.64%	5.91%	1.25%	114.79%

FUENTE: Elaboración propia

Además, se controló en periodos mensuales los montos valorizados que representaron el avance en la ejecución de las partidas, hasta la finalización de la obra. La gestión de costos, ha sido uno de los principales aspectos para el control del proyecto, ya que este parámetro es el que rige si el proyecto se está desempeñando de acuerdo a lo planificado, obteniendo indicadores de lo avanzado hasta el momento.

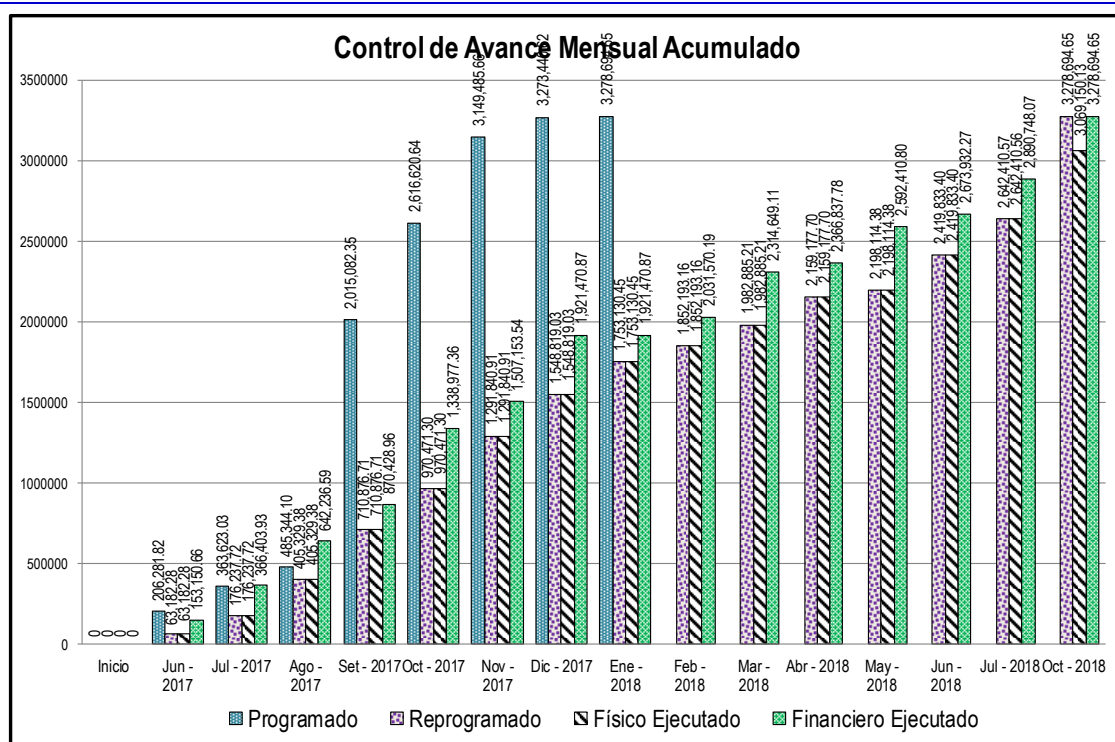


Figura N° 64: Control de Costo de Ejecución de Obra

FUENTE: Elaboración propia

Los costos de ejecución por partidas han sido reducidos debido a que con el modelamiento de la edificación conocimos los recursos necesarios para la construcción y el costo que demandan, se presentan las tablas N° 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50 de las partidas más influyentes donde se obtuvieron reducción en los costos de ejecución.

Tabla N° 40: Cuadro comparativo costo de ejecución en Columnas

COLUMNAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 401.90	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	35.36	31.69	3.67	S/ 1,474.97	S/ 4,059.19
1er Nivel	18.14	18.11	0.03	S/ 12.06	
2do Nivel	19.75	17.78	1.97	S/ 791.74	
3er Nivel	15.58	11.15	4.43	S/ 1,780.42	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 41: Cuadro comparativo costo de ejecución en Vigas

VIGAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 382.00	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	35.60	28.45	7.15	S/ 2,731.30	S/11,005.42
1er Nivel	32.25	23.89	8.36	S/ 3,193.52	
2do Nivel	28.36	24.45	3.91	S/ 1,493.62	
3er Nivel	20.38	10.99	9.39	S/ 3,586.98	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 42: Cuadro comparativo costo de ejecución en Losas Aligeradas

LOSAS ALIGERADAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 380.22	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	23.10	20.05	3.05	S/ 1,158.15	S/ 877.17
1er Nivel	11.17	10.31	0.86	S/ 326.99	
2do Nivel	10.66	10.57	0.09	S/ 33.46	
3er Nivel	13.30	14.99	- 1.69	-S/ 641.43	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 43: Cuadro comparativo costo de ejecución en Losas Macizas

LOSAS MACIZAS					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 383.34	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	6.89	6.81	0.08	S/ 30.67	S/ 797.35
1er Nivel	17.34	16.41	0.93	S/ 356.51	
2do Nivel	6.98	5.78	1.20	S/ 460.01	
3er Nivel	1.33	1.46	- 0.13	-S/ 49.83	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 44: Cuadro comparativo costo de ejecución en Muro de Soga

MURO LADRILLO AMARRE DE SOGA					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 104.31	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	137.08	124.11	12.97	S/ 1,352.75	S/ 5,142.34
1er Nivel	220.57	213.24	7.33	S/ 764.59	
2do Nivel	205.52	203.10	2.42	S/ 252.85	
3er Nivel	204.40	177.82	26.58	S/ 2,772.14	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 45: Cuadro comparativo costo de ejecución en Muro de Cabeza

MURO LADRILLO AMARRE DE CABEZA					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 126.16	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	11.58	13.49	- 1.91	-S/ 241.55	S/ 595.15
1er Nivel	14.36	11.00	3.36	S/ 423.90	
2do Nivel	17.90	16.83	1.07	S/ 134.74	
3er Nivel	9.38	7.18	2.20	S/ 278.06	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 46: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso Cerámico

PISO CERAMICO					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 55.00	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	108.80	112.11	- 3.31	-S/ 182.05	S/ 538.45
1er Nivel	51.52	45.51	6.01	S/ 330.55	
2do Nivel	21.30	14.21	7.09	S/ 389.95	
3er Nivel	-	-	-	S/ -	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 47: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso cemento acabado pulido

PISO CEMENTO ACABADO PULIDO					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 24.51	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	20.70	20.56	0.14	S/ 3.43	S/ 584.81
1er Nivel	155.00	130.71	24.29	S/ 595.35	
2do Nivel	-	-	-	S/ -	
3er Nivel	38.80	39.37	- 0.57	-S/ 13.97	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 48: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso cemento acabado barrido

PISO CEMENTO ACABADO BARRIDO					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 76.00	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	-	-	-	S/ -	-S/ 6.08
1er Nivel	-	-	-	S/ -	
2do Nivel	-	-	-	S/ -	
3er Nivel	99.00	99.08	- 0.08	-S/ 6.08	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 49: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso de Porcelanato

PISO DE PORCELANATO					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 80.00	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	21.34	20.33	1.01	S/ 80.80	S/ 63.20
1er Nivel	119.63	149.68	- 30.05	-S/ 2,404.00	
2do Nivel	15.78	25.35	- 9.57	-S/ 765.60	
3er Nivel	39.40	-	39.40	S/ 3,152.00	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla N° 50: Cuadro comparativo costo de ejecución en Piso Parquet

PISO PARQUET					
Nivel de Edificación	Metrado		Costo Unitario	S/ 401.90	Soles
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia	Costo (Soles)	
Piso Bajo	53.40	52.68	0.72	S/ 289.37	S/ 502.38
1er Nivel	20.00	20.03	- 0.03	-S/ 12.06	
2do Nivel	207.71	207.15	0.56	S/ 225.06	
3er Nivel	-	-	-	S/ -	

FUENTE: Elaboración propia

4.6.3. Discusión de resultados del costo de ejecución Metodología Tradicional vs Metodología BIM 5D

Gracias a la cuantificación precisa de los metrados se llegó a tener la cantidad exacta de materiales necesarios para el cumplimiento de los metrados, con estos resultados los requerimientos tanto de bienes como de servicios fueron exactos.

Se redujo los costos de ejecución evitando mayor adquisición de insumos, no habiendo saldos en el inventario de materiales. En la tabla N° 51 muestra el total de costo reducido en la edificación al conocer la cantidad precisa que demanda ejecutar las metas del proyecto. Se tiene una reducción en el costo de S/. 24,159.38 nuevos soles.

Tabla N° 51: Resumen Costo de Ejecución Met. Tradicional vs Met. BIM 5D

CUADRO COMPARATIVO COSTO DE EJECUCION			
TRABAJO/PARTIDA	COSTO (Nuevos Soles)		
	Met. Tradicional	Metodo BIM	Diferencia
COLUMNAS	35,700.78	31,641.59	4,059.19
VIGAS	44,537.38	33,531.96	11,005.42
LOSAS ALIGERADAS	22,140.22	21,263.05	877.17
LOSAS MACIZAS	12,473.89	11,676.54	797.35
MURO LADRILLO AMARRE DE SOGA	80,065.24	74,922.90	5,142.34
MURO LADRILLO AMARRE DE CABEZA	6,714.25	6,119.10	595.15
PISO CERAMICO	9,989.10	9,450.65	538.45
PISO CEMENTO ACABADO PULIDO	5,257.40	4,672.59	584.81
PISO CEMENTO ACABADO BARRIDO	7,524.00	7,530.08	- 6.08
PISO DE PORCELANATO	15,692.00	15,628.80	63.20
PISO PARQUET	112,978.12	112,475.74	502.38
TOTAL (Nuevos Soles):			24,159.38

FUENTE: Elaboración propia

Se pudo comprobar reducción de costo en la ejecución que al igual que, Pacheco que realizó un comparativo económico, confrontando el proyecto ejecutado de manera tradicional versus el proyecto ejecutado utilizando herramientas BIM, obteniendo una diferencia de costo a favor del proyecto ejecutado mediante aplicación de BIM, es decir que el proyecto se pudo reducir en dicho monto.

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES

- La influencia de la Metodología BIM a través de la Simulación BIM 4D y 5D contribuye de manera positiva en los costos y tiempos de ejecución de la obra denominada: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADADANA – PUNO, evitando trabajos innecesarios, reduciendo así los tiempos de ejecución, además se pudo conocer de manera precisa las cantidades de recursos que se requirió para el cumplimiento de las metas propuestas en el expediente técnico, para así definir el costo exacto que demandó ejecutar lo proyectado. Además, se mejoró el flujo de trabajo entre las diferentes especialidades que abarca el proyecto, donde los profesionales responsables, especialistas y demás que intervienen, trabajen de manera colaborativa, evitando así trabajos rehechos que conllevan a consecuencias fatales teniendo acrecentamientos en el tiempo y costo del proyecto. Se tuvo una participación más colaborativa con los diferentes componentes del proyecto, ya que requerían la inclusión de tuberías y conductos necesarios dentro de la infraestructura para su funcionamiento ya que la edificación se considera un edificio inteligente. Se logró demostrar que esta metodología es mucho más eficaz que la metodología tradicional, automatizando procesos y traen como resultado practicidad y precisión en las actividades concernientes a la ejecución de obras. Finalmente se demostró que la metodología BIM, es una herramienta fundamental en la ejecución de obras, sin embargo, puede ser usado en etapas tempranas para así mejorar la calidad en los proyectos de construcción

- La Metodología BIM-4D influye de manera efectiva en los tiempos de ejecución de la obra, evitando los trabajos rehechos, estableciendo prioridades en las especialidades, coordinando de manera anticipada soluciones a diferentes problemas constructivos y simulando la construcción para encontrar defectos en la planificación. Se obtuvo una reducción del tiempo de ejecución en un total de 15 días que equivale a un 7.69% respecto al tiempo de ejecución programado, en las partidas de estructuras y arquitectura donde se obtuvo diferencias considerables. Este resultado se ha visto opacado por causas de fuerza mayor (bloqueo de cuenta PRONIED), desabastecimiento de materiales, fenómenos climatológicos, ejecución de adicionales de obra para el cumplimiento de las metas proyectadas
- La Metodología BIM-5D influye de manera positiva en los costos de ejecución de la obra, teniendo las cantidades correctas para la ejecución de cada actividad, realizando de manera precisa los requerimientos de recursos necesarios para el cumplimiento de los planos y de los metrados cuantificados con BIM, evitando así saldos de insumos. La reducción de los costos de ejecución fue de un monto de S/. 24,159.38 (veinticuatro mil ciento cincuenta y nueve con 38/100) nuevos soles que corresponde a un 6.84% del costo de ejecución programado de las partidas analizadas. Además, se llevó un control preciso de la ejecución de partidas y el costo que demandó ejecutarlas. Los costos por adicionales de obra fueron por la ejecución de obras exteriores y cerco perimétrico, mas no por la edificación misma, ya que en este componente menores costos de ejecución.

CAPITULO VI

VI. RECOMENDACIONES

- Difundir y continuar con la aplicación de estas metodologías modernas en los diferentes proyectos de construcción para así mejorar la calidad de manera eficiente gestionando los recursos de manera correcta y en los plazos establecidos, ya que son temas que logran resultados significantes al incluir el uso de la tecnología, además de estar a la vanguardia referente a los diferentes métodos de control en un proyecto de Edificación, Es importante que todos los profesionales que estén involucrados en la ejecución de los proyectos civiles tengan conocimiento en la utilización de la metodología mediante capacitaciones y actualizaciones para que mejorar el flujo de trabajo.
- Considerar a la metodología BIM desde etapas tempranas de un proyecto, para así mejorar la calidad y evitar errores en el diseño, incongruencia en los planos de una misma especialidad, incompatibilidad entre disciplinas y omisiones de elementos por falta de detalles que sobresalen en la fase de construcción.
- Implementar además metodologías de mejora en la productividad como Lean Contruction conjuntamente con la Metodología BIM para explotar al máximo los beneficios de los modelos de información. Además de mejorar los procesos administrativos en las entidades públicas, referentes a los documentos administrativos de los proyectos ya que la falla de estos, afecta de manera consistente en la ejecución de obras que se realizan por administración directa.

CAPITULO VII

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcantara Rojas, P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías Bim*. Lima.

Alcantara Rojas, P. (Marzo,2013). *Modelando en BIM 3D y 4D para la construcción: caso proyecto Universidad del Pacifico*. Lima.

Aliaga, M. (2012). *Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios*.

Autodesk. (2015). *Autodesk*. Obtenido de <http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/overview>

Berdillana, F. (2008). *Tecnologías Informáticas para la Visualización de la Información y su uso en la Construcción - Los Sistemas 3D Inteligentes*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

BIM Forum. (2013). *BIM Forum*. Obtenido de Level of Development Specification for Building: www.bimforum.org/lod

CAPECO; Comité BIM. (Agosto de 2014). *Protocolos BIM - Documentación BIM*. Obtenido de www.capeco.org

Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*. Catalunya: Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I.

Eastman, C. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Encalada Ojeda, S. L. (2016). *Aplicación De La Tecnología Bim En La Gestión De La Construcción Y Analisis De Los Beneficios Del Modelamiento 4d-5d (Tiempo-Costo) En Un Edificio De 9 Pisos En La Ciudad De Arequipa*. Arequipa.

Instituto Tecnológico del Cantábrico. (20 de Enero de 2015). *ITC-Instituto Tecnológico del Cantábrico, Formación y Consultoría*. Obtenido de <http://itcformacionyconsultoria.com/lagestiondinamicadeproyectosyllasimulaciones4d/>

JUHOLA, V. (2011). *Finland, Norway, Singapore, USA lead progress in construction*. Obtenido de <http://www.bimsightblog.com/finland-norway-singapore-usa-lead-progress-in-construction-industry/>

Montilla Duque, A. (2017). *Revista Digital*. Obtenido de Gestión BIM 4D y 5D: planificación temporal y gestión de costes: <https://revistadigital.inesem.es/diseno-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>

Salinas Saavedra, J. R. (2015). *Propuesta De Metodología Para La Implementación De La Tecnología Bim En La Empresa Constructora E Inmobiliaria "Ij Proyecta"*. Lima.

Seys. (2018). *¿Qué es BIM 5D? ¿Cuál es el mejor software para trabajar con la gestión de costes en obra?* Obtenido de Seys: <https://seystic.com/bim-5d-mejor-software-para-trabajar-gestion-de-costes/>

Sigurdur, A. S. (2009). *Benefits of Building Information Modeling*. Copenhagen School of Design and Technology.

- Taboada García, J. (2016). *Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tatum, C. B. (1987). *Improving Constructability during Conceptual Planning*. Stanford: Journal of Construction Engineering and Management.
- TROJAOLA. (2012). *Detección de Interferencias y Conflictos Constructivos*. Obtenido de <http://www.trojaolayliste.es/secciones/serviciosbim/08.php>
- Vasquez, J. (2006). *El Lean Design y su aplicación a los proyectos de Edificación*. Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vilca Peralta, Y. E. (2014). *Optimización De Costos Y Tiempos En La Gestion De Proyectos De Ingenieria Utilizando La Tecnología Bim (Building Information Model-Modelado De Informacion Para Edificaciones)Aplicado Al "Centro De Educacion Continua Una-Puno*. Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- Villalba Morenza, R. (2015). *Estudio y modelado en Metodologia BIM de una vivienda plurifamiliar entre medianeras*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Viñas Villa, V. (2015). *BIM, para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar*. Lima.

ANEXOS