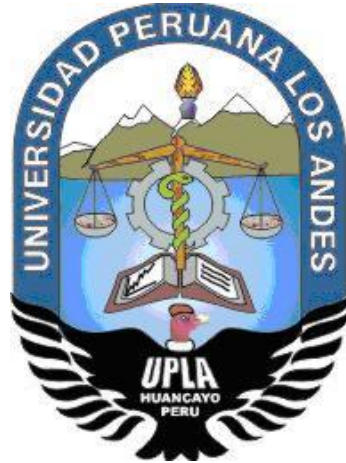


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**OPTIMIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN CON
PROGRAMACIÓN C-SHARP DESDE UN ENFOQUE VDC
APLICADO AL PROYECTO I.E. MARISCAL CASTILLA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PRESENTADO POR
Bach. ZÁRATE YAURI, JORGE ENRIQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

HUANCAYO - PERÚ

2021

Ph.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

Asesor

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA

Presidente

Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

Jurado revisor

Ing. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS

Jurado revisor

Ing. RANDO PORRAS OLARTE

Jurado revisor

Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES

Secretario Docente

DEDICATORIA

A mis padres David y María quienes me ayudaron en mi formación profesional y me brindaron consejos de superación.

A mi asesor, Mohamed Mehdi, por su apoyo incondicional en el desarrollo de mi tesis

A mi abuela Paulina que siempre confió en mí, para demostrar que las mejores cosas se consiguen con sacrificio y perseverancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes universitarios que siempre confiaron en mí, por su apoyo moral e incondicional y apostaron por la transformación digital en las obras del sector público, así mismo a mis amigos que compartimos aulas debatiendo ideas innovadoras para reducir deficiencias en la elaboración de proyectos de construcción civil.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática	20
1.2. Delimitación del problema	21
1.2.1. Espacial.....	21
1.2.2. Temporal	21
1.2.3. Económica.....	21
1.3. Formulación del problema	21
1.3.1. Problema general.....	21
1.3.2. Problemas específicos	21
1.4. Justificación	22
1.4.1. Práctica	22
1.5. Objetivos.....	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Antecedentes nacionales	23
2.1.2. Antecedentes internacionales	25
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Virtual Design Construction (VDC)	26
2.2.1.1. Información Integrada.....	27
2.2.1.2. Procesos Integrados.....	28
2.2.2. Building Information Modeling (BIM)	29
2.2.2.1. Herramientas BIM.....	29
2.2.2.1.1. Autodesk Revit 2020	29
2.2.2.1.2. Tekla Structural Designer	31
2.1.1.1.1. Navisworks 2020	31
2.2.2.2. Consideraciones generales	32
2.2.2.2.1. Modelado paramétrico.....	32
2.2.2.2.2. Nivel de desarrollo.....	33
2.2.2.2.3. Criterios de modelado	35
2.2.2.2.4. Revisión del modelo paramétrico	36
2.2.3. Gestión de información del modelo	36
2.2.3.1. Principios de la gestión de información	38
2.2.3.2. Gestión de costos.....	40
2.2.3.2.1. Softwares de costos con interoperabilidad con Revit ...	41
2.2.3.3. Gestión de tiempos.....	42
2.2.3.3.1. Planificación	42

2.2.3.3.2. Programación.....	42
2.2.3.3.3. Organización.....	43
2.2.3.3.4. Sectorización.....	43
2.2.3.3.5. Tren de actividades.....	44
2.2.4. Automatización de procesos	44
2.2.4.1. Lenguajes de programación	45
2.2.4.1.1. C-Sharp (C#).....	45
2.2.4.1.1.1. Desarrollo de aplicaciones.....	47
2.2.4.1.2. Python.....	48
2.2.4.2. Programación visual para Revit.....	49
2.2.4.2.1. Dynamo.....	49
2.2.4.3. Programación con código C-Sharp (C#) para Revit	51
2.2.4.3.1. Visual Studio - API Revit	51

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Formulación de hipótesis.....	53
3.1.1. Hipótesis general.....	53
3.1.2. Hipótesis específicas.....	53
3.2. Definición conceptual.....	53
3.2.1. Variable independiente (Y).....	53
3.2.2. Variable dependiente (Y).....	54
3.3. Definición operacional	54
3.3.1. Programación con C-Sharp desde un enfoque VDC.....	54
3.3.2. Gestión de información.....	54

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación	55
4.2. Tipo de investigación	55
4.3. Nivel de investigación	55
4.4. Diseño de investigación	55
4.5. Población y muestra	56
4.5.1. Población.....	56
4.5.2. Muestra	56
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
4.6.1. Confiabilidad.....	57
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	58
4.8. Aspectos éticos de la investigación	58

CAPÍTULO V
RESULTADOS

5.1. Datos previos a la investigación	59
5.1.1. Datos de la muestra - estudio de caso	59
5.1.1.1. Nombre del proyecto	59
5.1.1.2. Componentes del proyecto.....	59
5.1.1.3. Modalidad de Ejecución.....	62
5.1.1.4. Metrados.....	62
5.2. Componentes modelados	64
5.2.1. Modelado del casquete estructural.....	64
5.2.2. Aplicación de Filtros	70
5.2.2.1. Filtro por elemento.....	70
5.2.2.2. Filtro por posición	71

5.2.2.3. Filtro por nivel	71
5.2.2.4. Filtro por acero-elemento.....	72
5.2.3. Parametrización	73
5.3. Programación C-Sharp y su aplicación en la muestra	74
5.3.1. Add-in Beam, Point y Floor Reference	75
5.3.2. Add-in Split Column, Columns.....	76
5.3.3. Add-in Auditoría del Modelo	77
5.3.4. Add-in Exportación de metrados	80
5.3.5. Add-in Metrados Obra	83
5.3.6. Add-in Acero Obra.....	84
5.3.7. Add-in Set Navisworks	84
5.4. Resultados del tratamiento y análisis de la información	86
5.4.1. Metrados del casquete estructural	86
5.4.1.1. Consolidación de metrados	86
5.4.1.2. Rendimiento en la obtención de metrados de concreto, encofrado y acero.....	92
5.4.1.3. Evaluación de la amigabilidad del interfaz.....	96
5.4.2. Auditoría del modelo	97
5.4.2.1. Revisión del modelo parametrizado	97
5.4.3. Planeamiento del ritmo de producción de obra	98
5.4.3.1. Tiempo demandado para la sectorización	98
5.4.3.2. Evaluación de la amigabilidad del interfaz de usuario	99
5.4.3.3. Tiempo que demandó en realizar el set de selección para la simulación constructiva 4D.....	100

CAPÍTULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Rendimiento optimizado en la extracción de metrados del casquete estructural.....	103
6.2. Consolidación de metrados.....	105
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXO 01: Matriz de consistencia	112
ANEXO 02: Matriz de operacionalización de variables	114
ANEXO 03: Fotografías de las encuestas.....	102
ANEXO 04: Encuestas realizadas.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Rendimiento (Pre-Test) módulo Administrativo	92
Tabla 02. Rendimiento (Pre-Test) módulo Auditorio.....	93
Tabla 03. Rendimiento (Pre-Test) módulo Aulas	93
Tabla 04. Rendimiento (Post-Test) módulo Administrativo.....	94
Tabla 05. Rendimiento (Post-Test) módulo Auditorio	94
Tabla 06. Rendimiento (Post-Test) módulo Aulas	95
Tabla 07. Rendimiento (Post-Test) módulo Aulas	95
Tabla 08. Escala valorada al interfaz.....	97
Tabla 09. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Admins.	103
Tabla 10. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Auditorio	104

Tabla 11. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Aulas	104
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Pilares de la metodología VDC	27
Figura 02. Contrato convencional vs Fast Track	27
Figura 03. Reuniones ICE	28
Figura 04. Modelado en 3D	29
Figura 05. Interfaz del programa Autodesk Revit 2019	30
Figura 06. Coordinación multidisciplinario en Navisworks.....	31
Figura 07. Parámetros de familia	33
Figura 08. Niveles de Desarrollo (LOD)	35
Figura 09. Criterio de modelado de placas, vigas y losas	36
Figura 11. PNTP-ISO 19650-2:2020	38
Figura 12. Actividades por etapas	39
Figura 13. Entregable de información	39
Figura 14. Procesos de un proyecto con metodología BIM.....	40
Figura 15. Proceso Constructivo en Navisworks	43
Figura 16. Sectorización en el programa Revit.....	43
Figura 17. Desarrollo de organización de actividades en Excel	44
Figura 18. Programación con código en visual Studio 2019	45
Figura 19. Programación orientada a objetos	46
Figura 20. Interfaz del programa Visual Studio 2019	47
Figura 21. Programación en Visual Studio 2019 con C#.....	48
Figura 24. Programación Visual con Dynamo	50
Figura 25. API Revit	51
Figura 26. Programación con C-Sharp en Visual Studio	52

Figura 27. Plano General Arquitectónico.....	59
Figura 28. Plano arquitectónico del módulo Administrativo	60
Figura 29. Plano arquitectónico del módulo Auditorio	60
Figura 30. Plano arquitectónico módulo Aulas	61
Figura 31. Plano arquitectónico módulo Piscina.....	61
Figura 32. Metrados del módulo Administrativo	62
Figura 33. Metrados del módulo Auditorio.....	63
Figura 34. Metrados del módulo Aulas.....	63
Figura 35. Presentación general de modelos 3D en Navisworks	64
Figura 36. Modelado de las excavaciones simples del módulo Administrativo	64
Figura 37. Modelado de las excavaciones simples del módulo Aulas.....	65
Figura 38. Modelado de la cimentación del módulo Administrativo.....	65
Figura 40. Vista en Navisworks del módulo Administrativo	66
Figura 41. Modelado del acero de refuerzo módulo Administrativo.....	67
Figura 40. Filtro de vista por acero-elemento	67
Figura 41. Modelado del pabellón de Aulas C.....	68
Figura 42. Vista en Navisworks del pabellón de Aulas C	68
Figura 43. Modelado del auditorio	69
Figura 44. Vista en Navisworks del auditorio	69
Figura 45. Modelado del acero de refuerzo del pabellón de aulas C	70
Figura 46. Filtro por elemento	70
Figura 47. Filtro por posición	71
Figura 48. Filtro por nivel.....	71
Figura 49. Filtro por acero-elemento	72
Figura 50. Vista en Navisworks acero - elemento	72
Figura 51. Parámetros compartidos para la gestión.....	74

Figura 52. Creación del TABNAME Revit API en Visual Studio	75
Figura 53. Add-ins almacenados en el panel Revit API	75
Figura 54. Add-in Point Reference	76
Figura 55. Aplicación del Add-in	76
Figura 56. Aplicación del Add-in Split Column.....	77
Figura 57. Desarrollo del Add-in Auditoria de modelo en Visual Studio	78
Figura 58. Interfaz del Add-in Auditoría de Modelo	78
Figura 59. Interfaz de elementos a corregir del Add-in Auditoria de Modelo	79
Figura 60. Resultados de la revisión del modelo auditado.	79
Figura 61. Programación con código C-Sharp en visual Studio	80
Figura 62. Filtro de selección por elemento	80
Figura 63. Interfaz de exportación en proceso	81
Figura 64. Información exportada a la plantilla de Excel	81
Figura 65. Base de datos para los gráficos dinámicos	82
Figura 66. Presentable de metrados del casquete estructural	82
Figura 67. Interfaz del Add-in Metrados Obra	83
Figura 68. Gráficos circulares de volumen de concreto por elemento.....	83
Figura 69. Interfaz de metrados de Acero	84
Figura 70. Desarrollo del Add-in Set Navisworks en VS	84
Figura 71. Icono del add-in Set Navisworks	85
Figura 72. Importación del set de búsqueda mediante el archivo XML	85
Figura 73. Simulación Constructiva enlazado a cada set de búsqueda	86
Figura 74. Volumen de concreto usando el add-in para el módulo Administrativo	86
Figura 75. Volumen de excavación usando el Add-in para el módulo Administrativo	87

Figura 76. Volumen de concreto por material estructural M.A.....	87
Figura 77. Kilaje de Acero de refuerzo usando el Add-in en el módulo Administrativo	88
Figura 78. Volumen de concreto según expediente del módulo administrativo	88
Figura 79. Kilaje de acero usando Add-in en el módulo Auditorio	89
Figura 80. Volumen de concreto usando Add-in en el módulo Auditorio.....	89
Figura 82. Área de encofrado usando el Add-in en el módulo Auditorio	90
Figura 83. Volumen de concreto usando el Add-in en el módulo Aulas	90
Figura 84. Área de encofrado usando el Add-in en el módulo Aulas.....	91
Figura 85. Kilaje de acero usando el Add-in en el módulo Aulas	91
Figura 86. Interfaz de filtro del add-in Exportar metrados	96
Figura 87. Interfaz de carga del Addin Exportar Metrados	96
Figura 88. Tiempo de revisión (Pre-Test) del modelo paramétrico de la muestra.....	97
Figura 89. Tiempo de revisión (Post-Test) del modelo paramétrico de la muestra.....	98
Figura 90. Tiempo demandado (Pre-test) para sectorizar	99
Figura 91. Tiempo demandado (Post-Test) para sectorizar	99
Figura 92. Interfaz del Add-in Sectorización.....	100
Figura 93. Calificación del Interfaz del Add-in Sectorización.....	100
Figura 94. Tiempo demandado (Pre-Test) para genera el set de selección...	101
Figura 95. Tiempo demandado (Post-Test) para genera el set de selección.	101
Figura 96. Simulación Constructiva en Navisworks.....	102
Figura 97. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Administrativo	103
Figura 98. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Auditorio.....	104
Figura 99. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Aulas	104

Figura 100. Volumen de concreto comparativo	105
Figura 101. Área de Encofrado comparativo	105
Figura 102. Comparación de la cantidad de acero por módulo	106

LISTA DE ABREVIATURAS

VDC	Virtual Design Construction
BIM	Building Information Modeling
IPD	Integrating Project Delivery
C#	Lenguaje de programación C-Sharp
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones

RESUMEN

En la investigación realizada se planteó como problema general: ¿Cuáles son los resultados de la gestión de información con programación C-Sharp aplicado al proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla? cuyo objetivo fue determinar los resultados de la gestión de información, por la cual el tipo de investigación fue tecnológica con un nivel de investigación explicativo, diseño preexperimental usando un pre-test y post-test a un solo grupo teniendo como población al Expediente Técnico de la obra: “Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla, distrito El Tambo, Huancayo, Junín” con un tipo de muestreo no probabilístico, cuya muestra fue el casquete estructural del módulo Administrativo, Auditorio, Aulas

La investigación inició con la creación de Add-ins mediante la programación con código C-Sharp (#) para el programa de Revit, por otra parte se inició con el modelado de los tres módulos en el programa Autodesk Revit 2020, y posteriormente estos modelos fueron sometidos al tratamiento con los Add-ins para gestionar la información que comprendió la extracción de metrados del casquete estructural (concreto, encofrado y acero), auditoría de los modelos, sectorización y la simulación constructiva, por ende se tuvo un pretest para lo cual se contó con la ayuda de algunas empresas participantes de la licitación para la recolección de datos de la muestra, y posteriormente se realizó el post-test aplicando los add-ins en las oficinas de las empresas participantes.

Logrando como resultados la optimización de rendimientos en la extracción de los metrados, reducción de tiempo en la revisión de modelos paramétricos BIM y una mejora en el proceso de sectorización

Concluyendo que la gestión de metrados de manera rápida y confiable con el add-in desarrollado en esta tesis aumenta el rendimiento en las empresas que usan la metodología BIM/VDC de una forma convencional.

Finalmente se recomendó explorar más la API de Revit para automatizar actividades complejas y repetitivas en un modelo 3D de otras especialidades (instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas).

PALABRAS CLAVE: Programación C-Sharp, VDC, API

ABSTRACT

In the research carried out, the following general problem was raised: What are the results of information management with C-Sharp programming applied to the project Improvement of the I.E. Marshal Castilla? whose objective was to determine the results of information management, by which the type of research was applied with an explanatory research level, pre-experimental design using a pre-test and post-test to a single group having as population the Technical File of the work: "Improvement of the El Mariscal Castilla, El Tambo district, Huancayo, Junín "with a type of non-probabilistic sampling, whose sample was the structural cap of the Administrative module, Auditorium, Classrooms

The research began with the creation of Add-ins by programming with C-Sharp (#) code for the Revit program, on the other hand, it began with the modeling of the three modules in the Autodesk Revit 2020 program, and later these models They were subjected to the treatment with the Add-ins to manage the information that included the extraction of metrados from the structural cap (concrete, formwork and steel), auditing of the models, sectorization and the construction simulation, therefore a pretest was had for which Some companies participating in the tender were assisted in collecting the sample data, and later the post-test was carried out applying the add-ins in the offices of the participating companies.

Achieving as results the optimization of yields in the extraction of the metrados, reduction of time in the review of parametric BIM models and an improvement in the sectorization process

Concluding that managing metrics quickly and reliably with the add-in developed in this thesis increases performance in companies that use the BIM / VDC methodology in a conventional way.

Finally, it was recommended to further explore the Revit API to automate complex and repetitive activities in a 3D model of other specialties (electrical, sanitary, mechanical installations).

KEYWORDS: C-Sharp programming, VDC, API

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se busca analizar los resultados de la gestión de información aplicando la programación C-Sharp (C#) en una etapa de licitación, en donde las empresas que usan la metodología Virtual Design Construction (VDC) determinan los metrados reales previo a la ejecución para conocer sus utilidades, por ello surge la necesidad de automatizar procesos en la metodología Virtual Design Construction (VDC), así mismo contiene 5 pilares, la primera es “información integrada” o conocido como BIM, así mismo otro pilar importante son los “procesos integrados” la cual abarca la automatización y la optimización en costos y tiempos, Por ello se recolectó la documentación respectiva (Planos, memoria descriptiva, especificaciones técnicas) para su modelado considerando una muestra conformado por el módulo administrativo, auditorio y pabellón de aulas). Posteriormente la creación de Add-ins para automatizar metrados personalizados confiables y para sectorizar de manera rápida que permitan planificar el ritmo de producción a partir de un modelo BIM. Para ello se usará el lenguaje de programación C-Sharp que permitirá la creación de estos Add-ins.

En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento de la investigación donde se describe la realidad problemática, delimitaciones, problemas, objetivos y justificaciones.

En el Capítulo II se menciona los antecedentes con la finalidad de conocer sus objetivos, desarrollo, resultados de algunas investigaciones que toman mis variables planteadas, así mismo se presenta su marco conceptual.

En el Capítulo III se menciona la hipótesis general y específicas, así mismo la operacionalización de variables.

En el Capítulo IV se menciona la metodología, tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo V se presenta los resultados.

En el Capítulo VI se muestra la discusión de resultados y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Actualmente los proyectos públicos de edificaciones vienen con deficiencias en el diseño, así mismo presentan un expediente técnico con metrados no reales, presupuestos mal elaborado y en la etapa de licitación, muchas de las empresas que aplican la metodología Virtual Design Construction (VDC) buscan gestionar la información de manera rápida para ver sus utilidades y obtener unos metrados reales, por ello se necesita otros complementos que abarca la automatización de procesos en modelos BIM

En la etapa de licitación del proyecto “Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla, distrito El Tambo, Huancayo, Junín” participaron empresas constructoras que gestionan la información de una forma convencional en modelos BIM, por ende, se vio la necesidad de entrevistar a las empresas y presentarles los add-ins generados a partir de la programación C-Sharp (C#) para gestionar la información en dicha etapa y determinar los rendimientos.

Las exigencias de hoy en día en la ingeniería civil, son cada vez más altas, no basta esperar programas o softwares desarrollado por otros países para optimizar los costos o tiempos, sino a implementar en las empresas el área de innovación dedicados a crear programas o Add-ins de acuerdo a la necesidad del proyecto que ayuden a solucionar contratiempos y engorrosos procesos manuales y repetitivos, a través de la automatización con diferentes herramientas de programación como son Dynamo o Visual Studio, entre otros.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

La investigación fue realizada en el distrito El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín

1.2.2. Temporal

La presente investigación se realizó entre los meses de setiembre del 2020 a febrero del 2021

1.2.3. Económica

La tesis fue solventada por recursos propios del investigador, la cual fue suficiente para lograr con éxito la investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general.

¿Cuáles son los resultados de la gestión de información con programación C-Sharp aplicado al proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?

1.3.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?

- b) ¿Cuánto es el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?
- c) ¿En qué medida favorece la programación C-Sharp en el planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica

El resultado de esta investigación beneficiará a todos los profesionales de la ingeniería civil que aplican la tecnología BIM en sus proyectos en la etapa de diseño o ejecución, y que buscan automatizar los procesos obtención de metrados, presupuesto, revisión del modelo parametrizado, interferencias aplicando los Add-ins para Revit de mi autoría.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar los resultados de la gestión de información con programación C-Sharp aplicado al proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.

1.5.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.
- b. Medir el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.
- c. Determinar en qué medida favorece la programación C-Sharp en el planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

Souza et al. (2017) en su tesis de maestría “Aplicación de la metodología VDC a la construcción de edificios multifamiliares de baja densidad. Caso de estudio: Edificio San Fernando 263 en Miraflores, Lima – Perú” tiene por objetivo implementar VDC como metodología de Gestión y Control y realizar mediciones de calidad, costo y tiempo, por ello plantearon 3 fases que tuvo componentes como visualización del producto, visualización de la organización, visualización del proceso, métricas del producto, métricas del producto, métricas de la organización y métricas del proceso, sesiones ICE y automatización, concluyendo que se logró implementar VDC en un 69%, teniendo como principal problema la falta de conocimiento tecnológico en la automatización con programación visual por parte de los involucrados (Contratista general, proyectistas, especialistas).

Díaz (2018) en su tesis de pregrado “Implementación de tecnología BIM-VDC para la gestión del diseño y construcción de instalaciones mecánicas eléctricas, caso retail restaurantes ekeko, Arequipa 2017-2018” menciona que su principal objetivo fue evaluar el beneficio del uso de nuevas tecnologías (BIM/VDC/Lean) para innovar y optimizar el proceso de ingeniería y construcción de instalaciones mecánicas eléctricas, aplicado en tres proyectos en la ciudad de Arequipa para a, para ello plantearon en primer lugar una encuesta sobre los conocimientos de VDC/BIM/LEAN y luego aplicaron en tres proyectos diferentes, dando como resultado la mejora continua en cada proyecto pero los profesionales de cada proyecto deben de capacitarse para lograr un trabajo colaborativo,

así mismo recomiendan que se requiere de automatizaciones en los procesos de gestión de información.

Monjaras (2019) en su tesis de pregrado “Uso del Dynamo para Revit en la mejora de la gestión de información y modelado en un hotel” tiene como objetivo automatizar la gestión de información con el programador Dynamo mediante sus algoritmos en los flujos de actualización, así mismo en la generación de reportes de obra, planteando algunos algoritmos para mejorar el control de avance mediante el modelo, aprovechar esta información para obtener metrados de avance, por ello mediante la conexión de nodos que te ofrece el lenguaje Python se programó, concluyendo que la creación de los scripts mejoró y aceleró los procesos de gestión de información.

Ramos Mamani (2019) en su tesis de pregrado “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” tiene como objetivo evaluar la aplicación de la Metodología BIM en la etapa de ejecución la cual 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 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.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Ramírez (2018) en su tesis de maestría “Aplicación del BIM (Building Information Modeling) en la formulación de proyectos inmobiliarios” tiene como objetivo la evaluación que genera el implementar la metodología BIM en la rentabilidad de proyectos inmobiliarios, mostrando las ventajas que tiene este método y así mismo comparar con los métodos convencionales durante la etapa de diseño, para ello realizó entrevistas a diferentes especialistas y aplicó las tecnologías de modelación en un proyecto inmobiliario, concluyendo que la gran mayoría de empresas de construcción no buscan una mejora de gestión de proyectos ya que no ven el tema de competitividad que algunas empresas usan esta tecnología, así mismo concluye que es importante la creación de un equipo interno responsable de incorporar un plan de costo y tiempo para la optimización de procesos de gestión de información.

García (2016) en su tesis de doctorado “Entornos virtuales de construcción volumétrica en acero” tiene por objetivo determinar estrategias e identificar las herramientas informáticas necesarias para la simulación 4D orientada a la planificación de construcción volumétricas en acero, la cual a través de Autodesk Revit modelan y posteriormente lo llevan a Navisworks para detectar conflictos, finalmente concluyen que la optimización de la construcción volumétrica en acero proviene de la coordinación global de la planificación de sus procesos, que se alcanza con la integración de la información contenida en los modelos de la cadena de montaje y producción.

Larrondo (2017) en su tesis de doctorado: “Generación y control de formas libres en entornos BIM” menciona que su

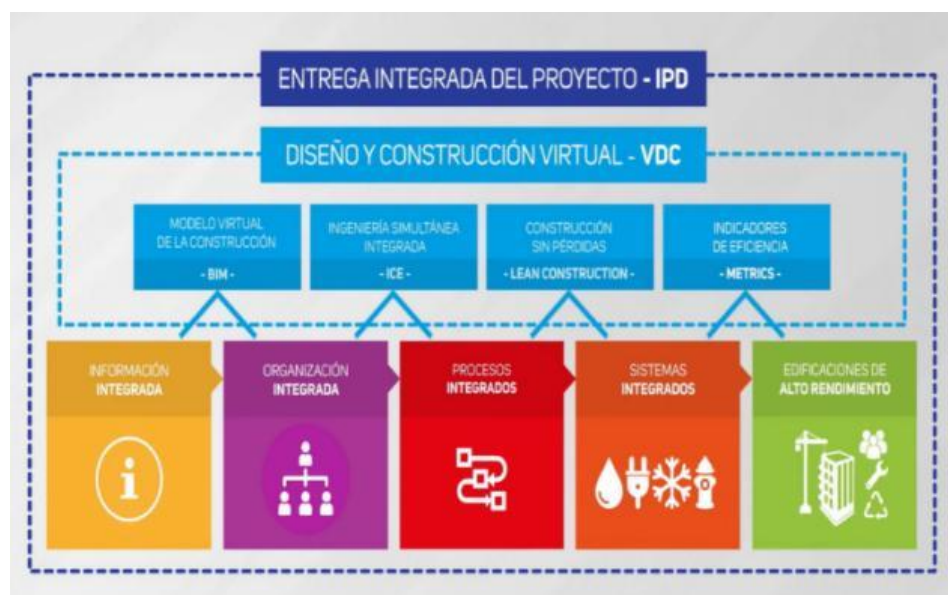
objetivo es la exploración de mecanismo, recurso, proceso para generar formas libre de geometría a través de un modelado paramétrico y modelado generativo algorítmico basado en códigos de programación VPL, para lo cual usó la programación visual que contiene el software Dynamo, Una de las ventajas más importantes, es el de la automatización de tareas repetitivas, que pueden llegar a consumir mucho tiempo de preparación; suponiendo un costo importante en el desarrollo del trabajo. La programación visual permite la creación de scripts, que minimizan estas tareas, pudiendo personalizarlas según las necesidades del usuario, concluyendo que con el modelado algorítmico a base de programación visual acelera los procesos de modelación repetitivo, así mismo ayuda a la gestión de información para cuantificaciones entre otros.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Virtual Design Construction (VDC)

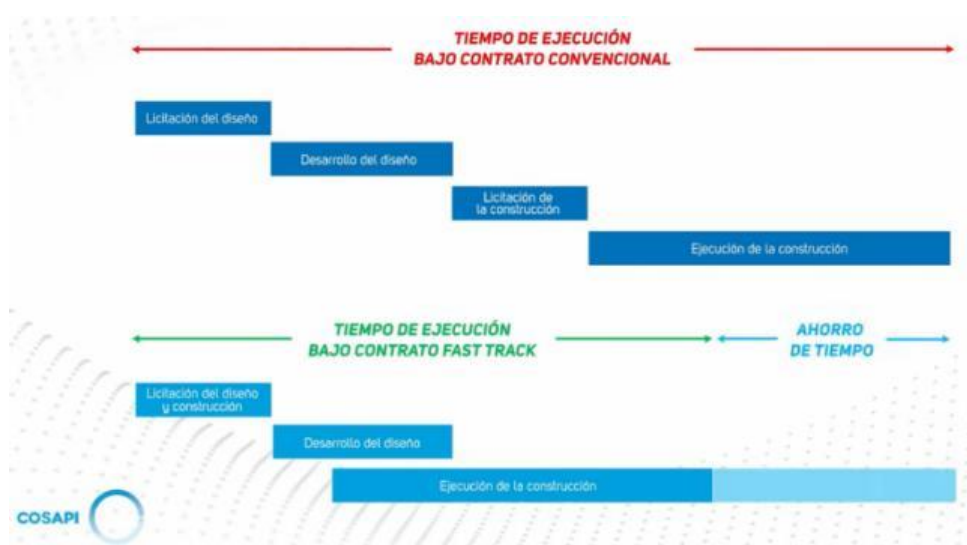
El VDC es una metodología de gestión de proyectos que integra el diseño, la construcción y la operación de un proyecto desde sus etapas tempranas, para lo cual se apoya en BIM (proceso de generación y gestión de información de modelos 3D durante su ciclo de vida). El propósito del VDC es definir, alinear y alcanzar los objetivos del cliente y del proyecto con metas específicas, gestionando eficientemente los recursos (tiempo, capacidad, inventarios, costos) a lo largo de todo el proyecto.(Cosapi, 2019)

Figura 01. Pilares de la metodología VDC



Fuente.(CosapiOficial, 2019)

Figura 02. Contrato convencional vs Fast Track



Fuente. (CosapiOficial, 2019)

2.2.1.1. Información Integrada

Es uno de los pilares de la metodología VDC para lograr que la información sea centralizada en un solo modelo a través de parámetros, para ello se complementa con la organización integrada, quienes son los especialistas en el diseño del proyecto quienes ven la parte técnica, y conjuntamente se logra un modelo

3D con mucha información, gracias a personas que dominan diferentes softwares de modelado, como Revit, ArchiCAD, Tekla, entre otros (Huamani, 2019).

2.2.1.2. Procesos Integrados

La Gestión de la Integración del Proyecto incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos (PMBOK, 2013)

Y conjuntamente con la organización Integrada se logran las reuniones ICE en donde se solucionan diferentes conflictos que pueden suceder en el transcurso del diseño y ejecución. Por ellos se necesita automatizar algunos procesos para reducir tiempo en procesos manuales ante cualquier cambio que los especialistas creen conveniente realizarlo. (Almonacid et al., 2015)

Figura 03. Reuniones ICE

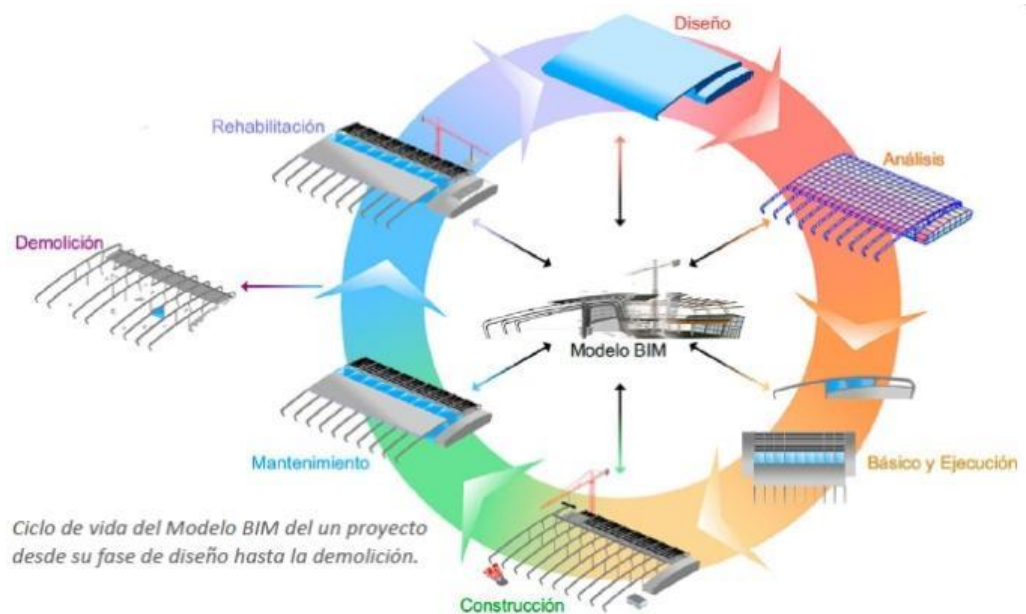


Fuente. CosapiOficial, canal de YouTube

2.2.2. Building Information Modeling (BIM)

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.(Ramirez, 2018)

Figura 04. Modelado en 3D



Fuente. Extraído de <https://www.buildbim.cl/2019/12/06/que-es-bim/>

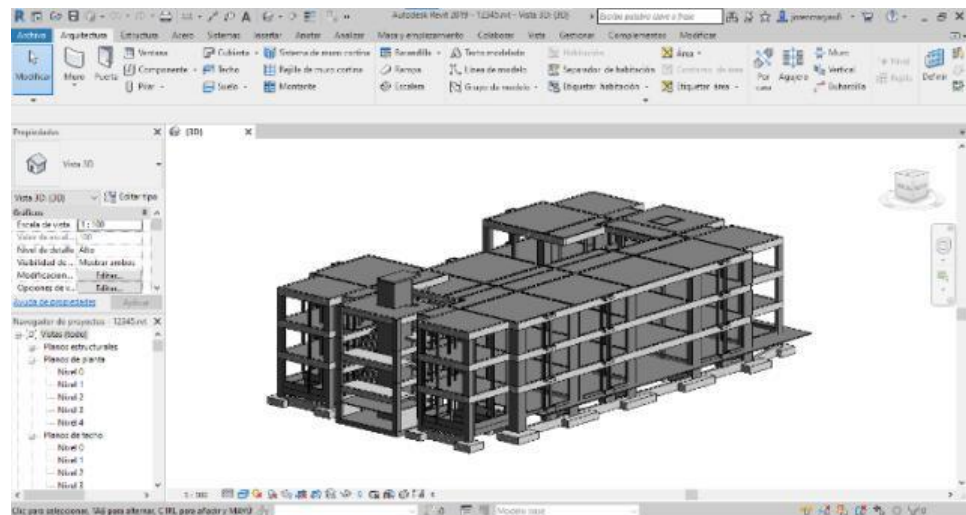
2.2.2.1. Herramientas BIM

2.2.2.1.1. Autodesk Revit 2020

Revit es una de las herramientas BIM que te permite crear modelos 3D con mucha información a través de parámetros, para ello es necesario saber la definición de categoría, tipo, familia, ejemplar en

el modelado. Así mismo Autodesk (2019) recomienda algunas características que debe cumplir una PC para el uso del programa Revit, entre ellas la más importante es el procesador Core i7-10th y la memoria RAM de 16Gb, para modelos de 100 mb a más.

Figura 05. Interfaz del programa Autodesk Revit 2019



Fuente. Elaboración Propia

Este software se divide en la creación de proyectos y familias, la cual en un proyecto se inserta familias para iniciar el modelado de estructuras, arquitectura o MEP, así mismo este software está orientado hacia la tecnología de modelos de información que servirán para la etapa de ejecución por ello es importante que el modelo sea parametrizado según estándares de cada empresa. Por otro lado, cada elemento del modelo puede ser tratado de forma independiente con parámetros la cual depende de la configuración parámetro compartido o proyecto y por ultimo permiten establecer determinadas relaciones asociativas entre objetos, sean del tipo que sean (Ccora, 2018)

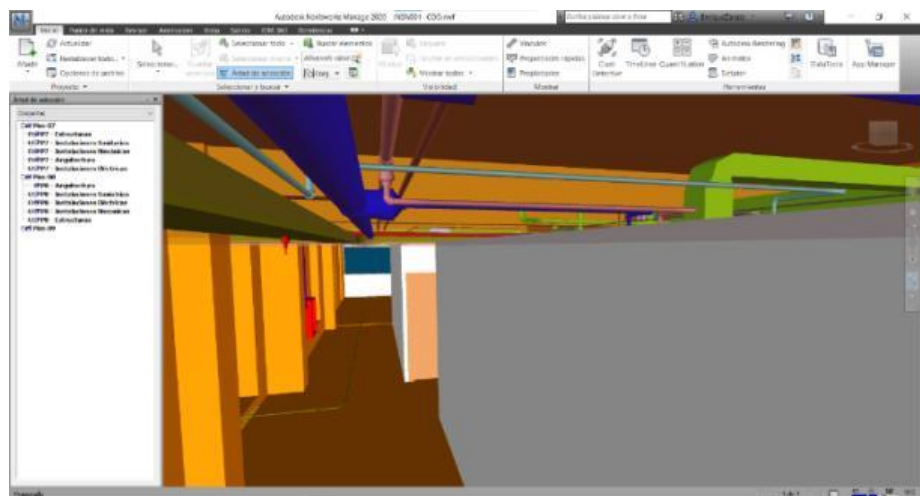
2.2.2.1.2. Tekla Structural Designer

Este software es una herramienta BIM que se enfoca al diseño estructural de un proyecto, que también permite modelar sólidos paramétricos en 3D, y posteriormente se enlaza a Revit para continuar con las otras especialidades de modelado, Además el interfaz es más sencillo, preciso y de gran rapidez para el tema estructural, así mismo tiene dos modos de trabajo colaborativamente, permitiendo interactuar a dos usuarios en el mismo modelo y de esta forma intercambiar información en tiempo real, la cual se actualiza instantáneamente, finalmente este software es de gran uso para analizar ar estructuras de acero.(Braul & Rios, 2018)

2.1.1.1.1. Navisworks 2020

Autodesk Navisworks es una herramienta BIM para coordinación de múltiples especialidades, la cual permite combinar modelos 3D de Revit y revisar las interferencias a través de sus comandos como Puntos de Vista, conjuntos de búsqueda, mediciones, así mismo permite realizar una simulación constructiva, actualmente es el software mas comercial en la tecnología BIM.(Martínez, 2019)

Figura 06. Coordinación multidisciplinario en Navisworks



Fuente. Elaboración Propia

Comandos más usados del software Navisworks:

- a. Detección de interferencias
- b. Integración de nube de puntos
- c. Cuantificación única de múltiples proyectos vinculados
- d. Simulación constructiva importando desde MS Project
- e. Generación del modelo federado

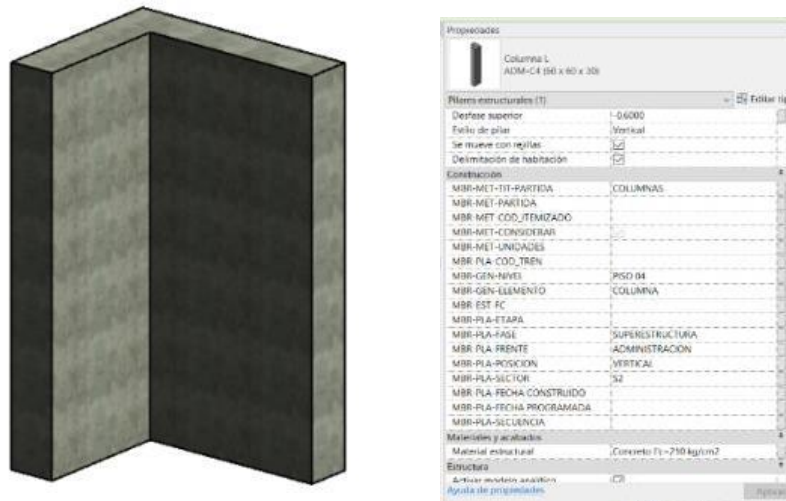
2.2.2.2. Consideraciones generales

2.2.2.2.1. Modelado paramétrico

Todo elemento modelado en Revit cuenta con parámetros por defecto, estas contienen valores numéricos, alfanuméricos, texto, etc que permiten alimentar de información al modelo 3D, así mismo Revit permite crear nuevos parámetros compartidos o de proyecto la cual permite gestionar la información posteriormente. (Martínez, 2019)

El uso de esta tecnología es importante para la gestión de información debido a que gracias a los parámetros se puede obtener mucha información posterior, todo parte de los estándares de cada empresa, según su necesidad, así mismo algunos ejemplos por defecto que Revit te ofrece es parámetro de material estructural, Nivel de Base, Nivel superior, Volumen del Elemento, Área del elemento, etc. Por ello no es suficiente los parámetros brindados por el programa, y se tiene que añadir parámetros compartidos o de proyecto para alimentar de más información que servirá para una representación virtual con datos necesarios para automatizar la gestión de información, así mismo tiene la ventaja de realizar múltiples filtro para una mejor visualización de construcción en tiempo real logrando dar una visión más cercana de lo que se obtendrá como producto una vez finalizado, transformándose en una pre-construcción del proyecto en su totalidad. (Martínez, 2019)

Figura 07. Parámetros de familia



Fuente. Elaboración Propia

2.2.2.2. Nivel de desarrollo

El nivel de desarrollo o conocido como LOD, según García (2016) representa al nivel de desarrollo del proyecto, en algunos casos solo se busca encontrar interferencias por ellos basta con un LOD 100, o en muchos casos se requiere de más detalles para cuantificar en donde es necesario un LOD 350.

El 2002 el American Institute of Architects (AIA), asigna niveles de desarrollo del proyecto (Levels of Development o su abreviación: LOD) para cada una de sus fases. Los niveles son LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500. Cada uno de estos niveles hace referencia a contenido específico, autorizaciones para el uso del modelo y propósitos específicos del modelo. Weygant (Montellano, 2013). LOD (Level of Development) define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del

edificio. Conviene aclarar que el LOD en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción (Imasgal, s.f.).

LOD 100

Este nivel de detalle es usado para estudios de factibilidad, en donde se tiene información general y metros cuadrados del proyecto. Así mismo se usa para estimaciones básicas de presupuesto (Montellano, 2013).

LOD 200

Este nivel permite definir gráficamente la volumetría del elemento, así misma información no gráfica a través de la parametrización en donde se detalla ubicación o posición, dimensiones, su uso de este nivel está relacionado a elementos genéricos cuyas características están dadas por factores externos al proyecto, así como el costo real, nombres de los fabricantes, así mismo las paredes ya se define como muro de soga, cabeza, etc. En el caso de las aberturas en estos muros no permite definir aún como ventanas, ni tampoco como tragaluces en las losas, ni tampoco definir materiales, otros elementos como son puertas y pasamanos, estarán a manera más representativa del lugar que de las características que tomará al final. (Montellano, 2013)

LOD 300

Este nivel de detalle ya define la volumetría del elemento, de una forma precisa con dimensiones exactas, ubicación exacta respecto a todo el proyecto, así mismo contiene información no gráfica más detallada a través de

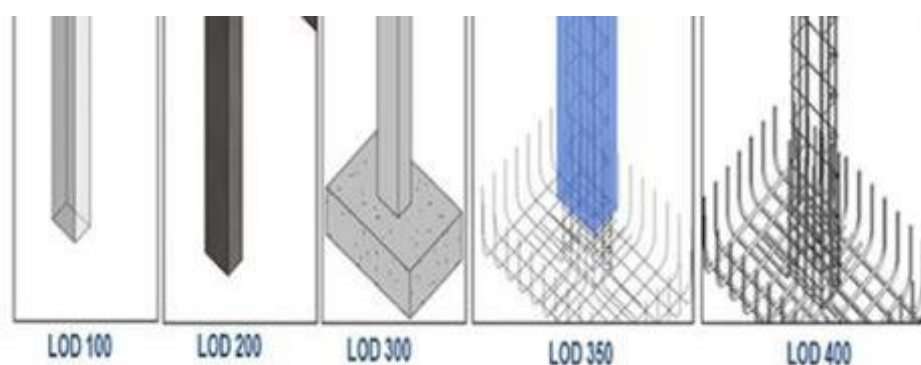
parámetros, que servirá para la elaboración de presupuestos con más exactitud. (Montellano, 2013).

LOD 400

Con este nivel de detalle los elementos modelados tienen más detalles con el fin de usarlos para la construcción, así mismo son modelos casi reales con la cuales se creará documentos de construcción precisos, la diferencia con el LOD anterior es la cantidad de información que se presenta. (Montellano, 2013).

Por ello va a depender del objetivo del proyecto al que se quiere llegar.

Figura 08. Niveles de Desarrollo (LOD)



Fuente. Elaboración Propia

2.2.2.2.3. Criterios de modelado

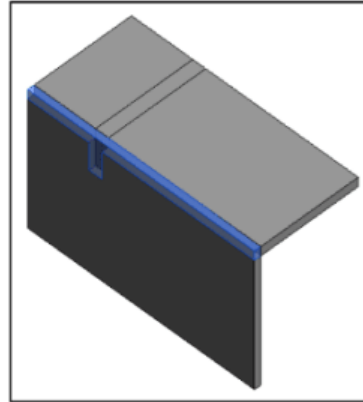
Los criterios de modelado son las reglas que se tiene que respetar para cumplir los objetivos del proyecto, por la cual parte de los estándares de cada empresa en donde se indica cual será la categoría correcta para cada elemento modelado, así mismo los parámetros del modelo para gestionar la información con el fin de realizar una cuantificación y una posterior planificación de obra. En la imagen a continuación se muestra un ejemplo que debe desarrollarse el correcto

modelado. Se describe como debe ser modelado las placas vigas y losas.

Figura 09. Criterio de modelado de placas, vigas y losas

16.4 PLACAS, VIGAS Y LOSAS

Las placas deberán de ser modeladas de manera convencional pero el comando Parts debería de ser usado para dividirlo en dos partes fundamentalmente, una siendo el muro propiamente dicho y otra la parte del muro que estará asociado con la viga.



Fuente. GyM Manual de estándares BIM

2.2.2.2.4. Revisión del modelo paramétrico

Posterior al modelado es necesario realizar una inspección o verificación que los criterios de modelado sean respetados durante el modelado del proyecto. Esta auditoría tiene la finalidad de comprobar si el modelo cumple con los estándares BIM para iniciar con la gestión de información y obtener datos confiables y verídicos.

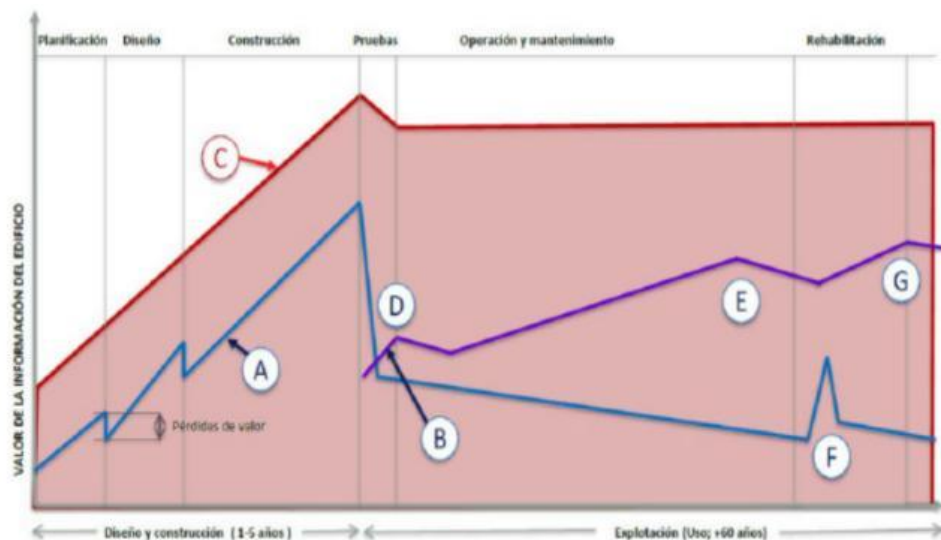
2.2.3. Gestión de información del modelo

Según Building Smart (2019), organización cuyo objetivo es mejorar el intercambio de información entre aplicaciones software usadas en la industria de la construcción, menciona que la gestión de información de un modelo BIM parte de un buen modelado y la parametrización que se le da al proyecto, a partir de los datos introducidos al modelo se comienza a extraer información en abundancia hacia otros programas de tal forma que no haya pérdidas en el intercambio, el proceso más frecuente es la

extracción de metrados ya sea para presupuestos o programación de obra.

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación. Por ello una de los objetivos más importantes del BIM es la gestión de toda esa información a través de las diferentes fases para evitar pérdidas entre ellas, aportando valor a la gestión de los proyectos. En el siguiente gráfico se muestra el flujo de información durante todo el proceso de edificación diferentes modelos de gestión.(Moraleda, 2018)

Figura 10. Flujo de información en las etapas del proyecto



Fuente. Building Smart

A. Diseño - Contratación – Construcción

B. Implantación tradicional de una solución IWMS/CAFM

C. Solución integrada de BIM + FM

D. Fase de puesta en funcionamiento de IWMS/CAFM

E. Integración de las soluciones IWMS con las soluciones corporativas

F. Uso de doc. AS-BUILT para reformas

G. Actualizaciones de las soluciones IWMS/CAFM

Actualmente el PNTP-ISO 19650-2:2020 está en etapa de proyecto, la cual contiene el uso del BIM y la gestión de información en cada fase del proyecto.

Figura 11. PNTP-ISO 19650-2:2020



Fuente. INACAL Perú

El uso de herramientas tecnológicas para la elaboración del modelo digital de una infraestructura permite garantizar la representación realista, la cual permitirá extraer información de manera confiable. Los problemas solucionables durante la fase de diseño no se limitan a aquellos relacionados al mismo modelo, considerándolo independiente del resto de las disciplinas técnicas involucradas, al contrario, ellas contemplan también la interacción de diversos actores/disciplinas contenidos en esta metodología. Entonces, nace la necesidad de gestionar la actividad conocida como “model checking” o control de modelo.

2.2.3.1. Principios de la gestión de información

El proceso de gestión de la información se aplicará en cada fase de desarrollo para cada contratación, independientemente de la etapa de proyecto, y está compuesto por una serie de actividades según se muestra en la siguiente figura

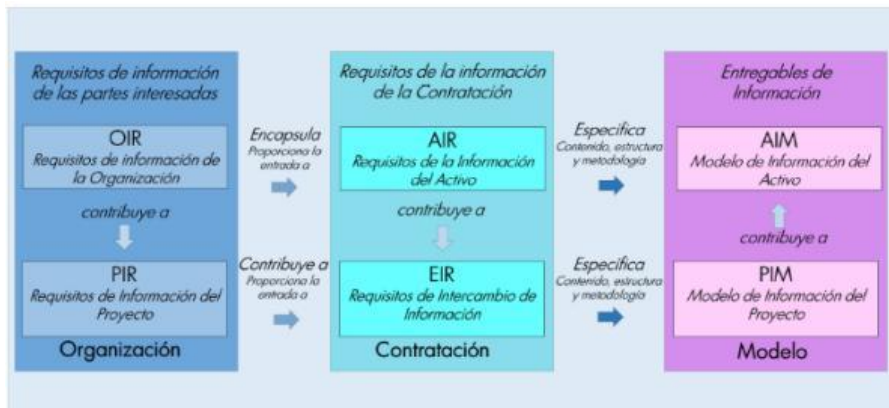
Figura 12. Actividades por etapas



Fuente. PNTP-ISO 19650-2:2020

Gestión de la información durante la fase de desarrollo del activo según EN-ISO 19650-2

Figura 13. Entregable de información



Fuente. PNTP-ISO 19650-2:2020

La parte contratante comienza realizando la evaluación de necesidades asegurando que los requisitos de información estén claramente definidos al inicio del proyecto, junto con la forma en que se deben implementar los conceptos y principios de la gestión de la información y los beneficios esperados de ello. (PNTP-ISP 19650-2, 2020)

Figura 14. Procesos de un proyecto con metodología BIM



Fuente. EN-ISO 19650-2:2018

2.2.3.2. Gestión de costos

La Gestión de Costos del Proyecto se basa en los procesos de presupuestar, estimar y controlar costos que permitan culminar el proyecto sin la necesidad de acabar el presupuesto aprobado (PMBOK, 2013) , por ello en la etapa de licitación es importante tener unos metrados reales del proyecto que permitirán a las empresas estimar sus utilidades. Actualmente la industria de la construcción se divide en dos partes para la gestión de costos.

Según Braul & Rios (2018) menciona que la primera etapa se enfoca en la planificación sistemática y racional del consumo de recursos a lo largo del proyecto.p

Por ello está enlazado directamente a la gestión de costos debido a que se estima la cantidad de recursos que se usará. Esta etapa está relacionada directamente con la gestión de costos.(Ccora, 2018)

La segunda etapa está enfocada en el control de proyecto, para ello analizar el gasto de los recursos es una parte fundamental para

que un proyecto cumpla los objetivos que se plantearon en la etapa de la planificación. Un correcto control permite al gerente de proyectos tomar decisiones en función al avance del proyecto. Estas decisiones hacen uso de la planificación como línea base.(Braul & Rios, 2018)

A. Cuantificaciones

Para realizar el presupuesto de una obra es importante determinar los metrados por ello la calidad del modelo 3D influye en los metrados del proyecto, ya que muchas veces se modela mal sin respetar los estándares de las empresas y se obtiene metrados no reales. Una de las herramientas que permite cuantificar es Revit a través de sus tablas de planificación y para ello se usa parámetros (Ccora, 2018).

Una correcta gestión de cuantificaciones demanda tiempo, más aún si te tiene elementos a detalles, así mismo va de la mano con una correcta asignación de valores en los parámetros. Para esta correcta asignación existen muchos ejemplos de clasificación como el nivel del piso al que pertenece, el nombre del elemento a al cual sumará la cuantificación, etc.

Por ello es importante realizar una auditoría de modelo que permita verificar si los valores insertados en los parámetros son válidos.

2.2.3.2.1. Softwares de costos con interoperabilidad con Revit

Delphin Express 360

Delphin Express es un programa utilizado en gran parte del Perú que permite importar archivos IFC para su posterior gestión de información como costos, presupuesto, análisis de costos unitarios, etc.

Arquímedes

Arquímedes realiza Mediciones, Presupuestos y Certificaciones, y Pliegos de condiciones de bancos de precios en FIEBDC-3. Importa y exporta a diferentes formatos para intercambio de datos. (CYPECAD,2017)

Presto

Presto es el primer programa de presupuestos y mediciones BIM orientado al desarrollo integral de la gestión y el control de costes para edificación y obra civil que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes que intervienen en todas las fases como directores de ejecución de obras, Project managers, empresas constructoras y promotoras, entre otros. (Presto, 2017)

2.2.3.3. Gestión de tiempos

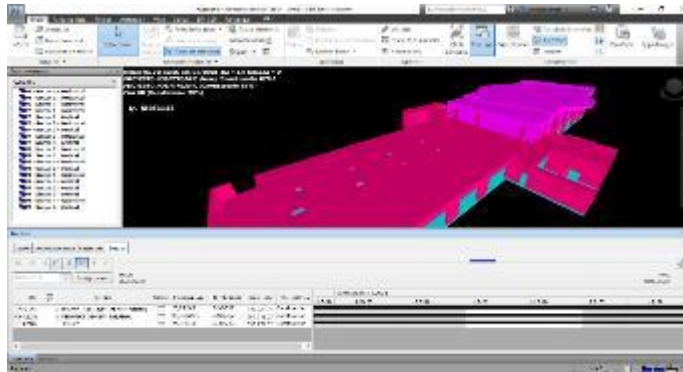
2.2.3.3.1. Planificación

El proceso de planificación consiste en realizar una estrategia general a partir de la definición de las actividades generales del proyecto que deben realizarse para cumplir los objetivos. Este proceso sirve como guía base para el desarrollo de la programación y organización del proyecto.

2.2.3.3.2. Programación

La programación consiste en la elaboración más detallada del plan de ejecución del proyecto. En este proceso las actividades se relacionan sistemáticamente con el objetivo de encontrar una secuencia lógica.

Figura 15. Proceso Constructivo en Navisworks



Fuente. Elaboración propia

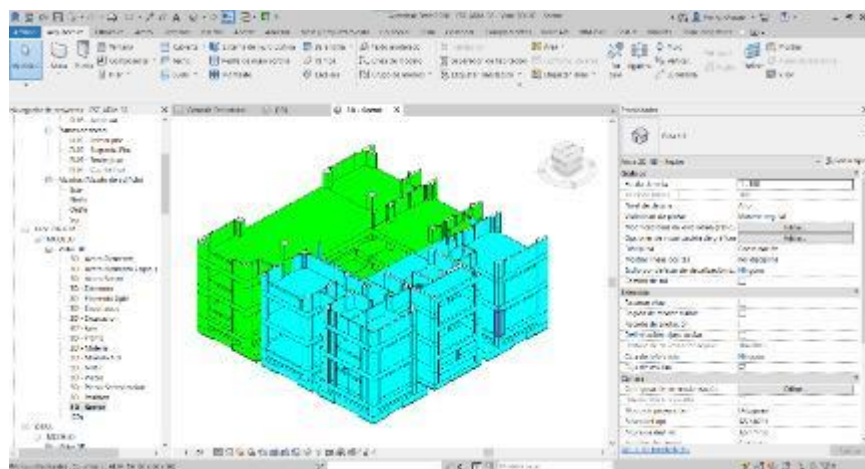
2.2.3.3.3. Organización

En esta etapa se organiza las actividades que han sido identificadas y relacionadas en paquetes de trabajo. Organizar las actividades tiene el objetivo de identificar los recursos requeridos y disponibles para cada tarea.

2.2.3.3.4. Sectorización

La sectorización permite dividir el proyecto en zonas con volúmenes homogéneos con el objetivo de obtener un rendimiento constante, así mismo cada actividad por zona del proyecto se deberá realizar en un día.

Figura 16. Sectorización en el programa Revit

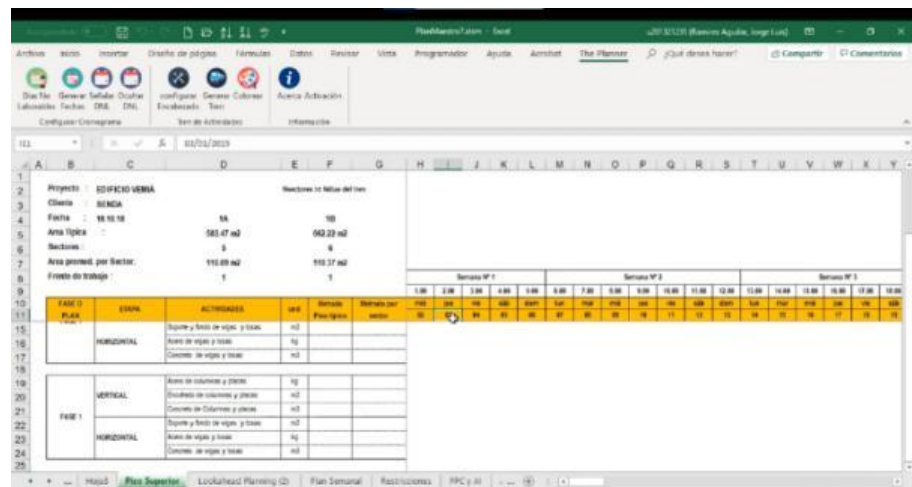


Fuente. Escuela de Construcción Digital

2.2.3.3.5. Tren de actividades

El tren de actividades es una estrategia de avance de obra a más detalle que permite ejecutar la obra sin retrasos, mediante esta estrategia se busca lograr que cada cuadrilla de trabajadores realice una misma producción de una actividad específica durante todo el proyecto.

Figura 17. Desarrollo de organización de actividades en Excel



Fuente. Elaboración Propia

2.2.4. Automatización de procesos

La automatización a través de softwares con diferentes lenguajes de programación optimiza diferentes procesos según la necesidad del cliente o proyecto. Así mismo cabe resaltar que según la empresa COSAPI (2019) menciona que hoy en día, el sector construcción está pasando por una etapa de aplicación de tecnologías BIM por ello es importante innovar herramientas tecnológicas que permitan un desarrollo correcto de proyectos en etapas de diseño y construcción.

Según Franco de Souza et al. (2017) resaltan que automatizar procesos durante la etapa de diseño en un proyecto de construcción, incrementa la productividad y reduce un 90 % de errores humanos al momento de gestionar la documentación,

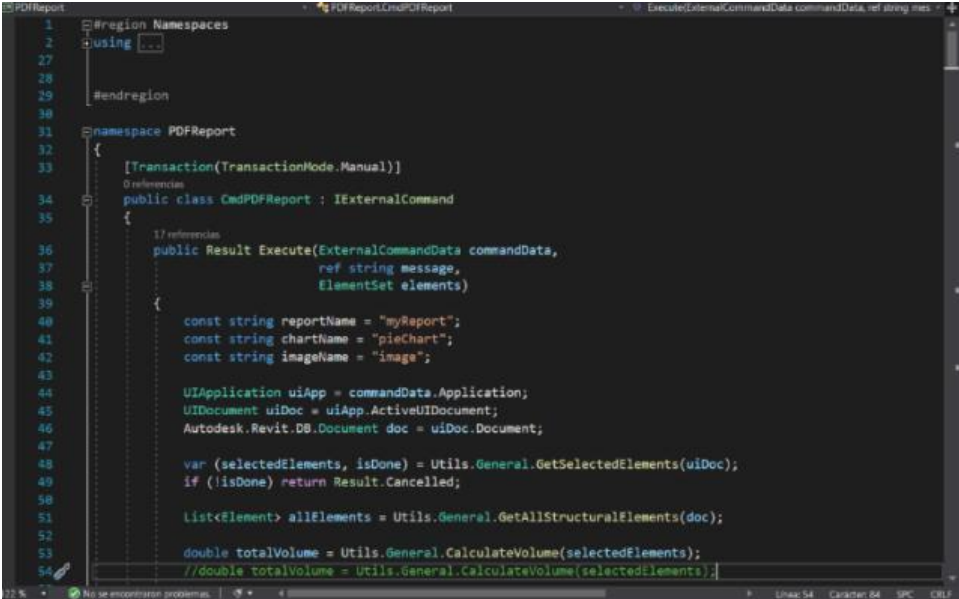
2.2.4.1. Lenguajes de programación

2.2.4.1.1. C-Sharp (C#)

“C# es un lenguaje de programación orientado a componentes, orientado a objetos. C# proporciona construcciones de lenguaje para admitir directamente estos conceptos, por lo que se trata de un lenguaje natural en el que crear y usar componentes de software” (Microsoft, 2013).

Así mismo este lenguaje tiene sus raíces en la familia de lenguajes C, Java y JavaScript, por ello que muchos desarrolladores que usan lenguajes como C++, C o Java Script se familiarizan rápido sin dificultades, la ventaja del C# es que tiene una sintaxis muy expresiva, fácil y sencilla de aprender que permite programar de manera rápida.

Figura 18. Programación con código en visual Studio 2019



```
1 #region Namespaces
2 using ...
27
28
29 #endregion
30
31 namespace PDFReport
32 {
33     [Transaction(TransactionMode.Manual)]
34     public class CmdPDFReport : IExternalCommand
35     {
36         public Result Execute(ExternalCommandData commandData,
37                               ref string message,
38                               ElementSet elements)
39         {
40             const string reportName = "myReport";
41             const string chartName = "pieChart";
42             const string imageName = "image";
43
44             UIApplication uiApp = commandData.Application;
45             UIDocument uiDoc = uiApp.ActiveUIDocument;
46             Autodesk.Revit.DB.Document doc = uiDoc.Document;
47
48             var (selectedElements, isDone) = Utils.General.GetSelectedElements(uiDoc);
49             if (!isDone) return Result.Cancelled;
50
51             List<Element> allElements = Utils.General.GetAllStructuralElements(doc);
52
53             double totalVolume = Utils.General.CalculateVolume(selectedElements);
54             //double totalVolume = Utils.General.CalculateVolume(selectedElements);
55         }
56     }
57 }
```

Fuente. Elaboración propia

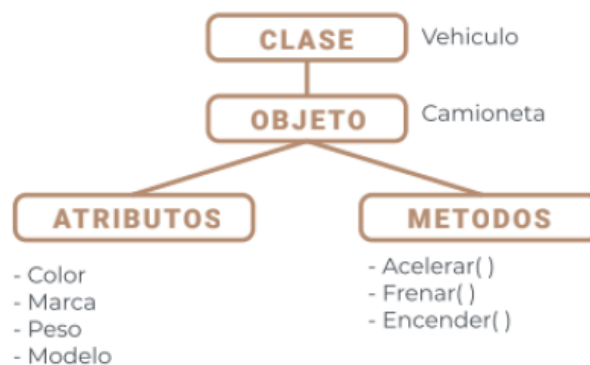
Por otro lado Microsoft (2013) menciona que C# es un lenguaje fuertemente tipado. Por ello todas las variables y constantes tienen un tipo, al igual que todas las expresiones que se evalúan como un valor. Cada declaración del método especifica un nombre, un

número de parámetros, un tipo y una naturaleza (valor, referencia o salida) para cada parámetro de entrada y para el valor devuelto. La biblioteca de clases .NET define un conjunto de tipos numéricos integrados, así como tipos más complejos que representan una amplia variedad de construcciones lógicas, como el sistema de archivos, conexiones de red, colecciones y matrices de objetos, y fechas. Los programas de C# típicos usan tipos de la biblioteca de clases, así como tipos definidos por el usuario que modelan los conceptos que son específicos del dominio del problema del programa. C# (pronunciado "si sharp" en inglés) es un lenguaje de programación moderno, basado en objetos y con seguridad de tipos. C# tiene sus raíces en la familia de lenguajes C, y a los programadores de C, C++, Java y JavaScript les resultará familiar inmediatamente. Este paseo proporciona información general de los principales componentes del lenguaje en C# 8 y versiones anteriores.

Un tipo puede almacenar información de los siguientes elementos:

- El tamaño que requiere una variable de tipo
- Algún Interfaz que integre
- Valores máximos y mínimos que puede asumir.
- Asignación de la memoria para variables mediante la ubicación
- Miembros como métodos, campos, eventos, etc que contiene

Figura 19. Programación orientada a objetos



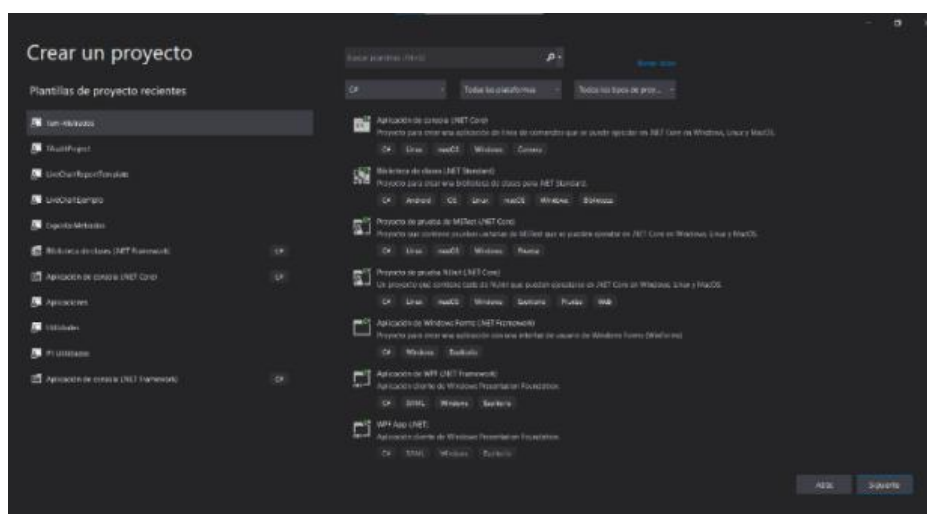
Fuente. Elaboración Propia

2.2.4.1.1.1. Desarrollo de aplicaciones

El desarrollo de complementos o add-ins nace a partir de la necesidad de los usuarios de un programa, y para ello se necesita usar una herramienta de programación que permita crearlos, y uno de ellos es Visual Studio

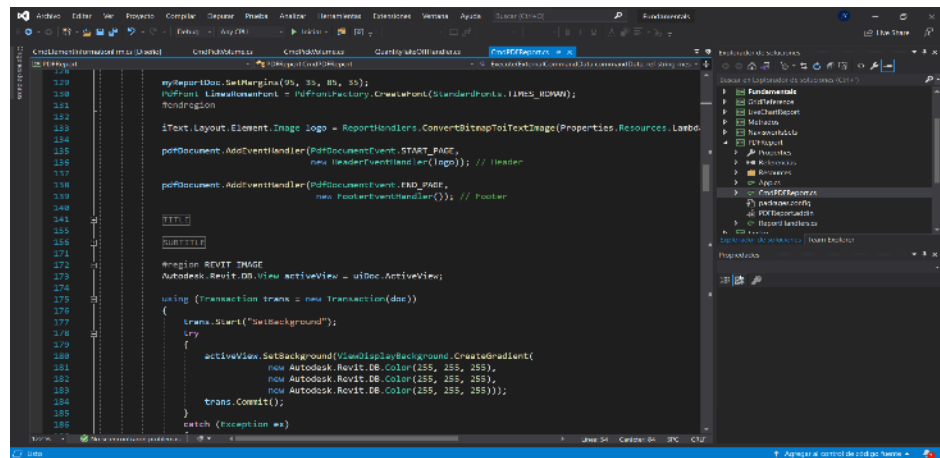
Por ello Microsoft (2013) menciona que el programa Visual Studio permite crear aplicaciones de .NET Framework que extiendan Office, estas aplicaciones también se denominan soluciones de Office y por otro lado Office Developer Tools proporciona características que ayudan a crear soluciones de Office para diversas necesidades empresariales. Las herramientas incluyen plantillas de proyecto para crear soluciones de Office mediante Visual Basic o Visual C# y diseñadores visuales para interfaces de usuario personalizadas para las soluciones de Office

Figura 20. Interfaz del programa Visual Studio 2019



Fuente. Elaboración Propia

Figura 21. Programación en Visual Studio 2019 con C#

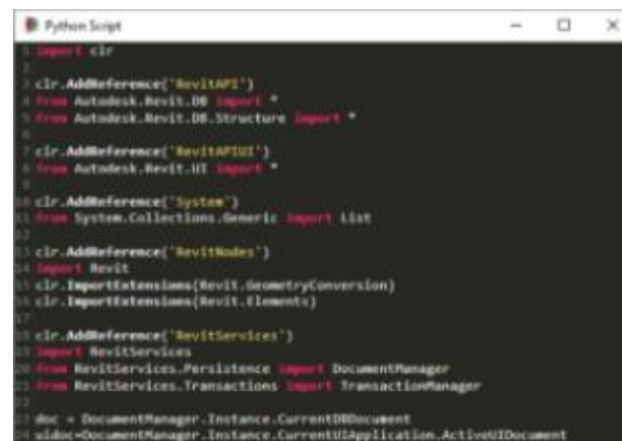


Fuente. Elaboración Propia

2.2.4.1.2. Python

Python es un lenguaje de programación multiparadigma y versátil que permite trabajar con código legible y limpio, así mismo es muy práctico para generar grandes volúmenes de datos, la cual favorece su procesamiento y extracción, por ello que es mas usado en mundo de las empresas de Big Data, y los mas relevante es que te presenta una licencia de código abierto la cual se puede usar en cualquier escenario, por ende está siendo impartido en escuelas y universidades de todo el mundo entre otras de sus características la automatización de procesos y ejecución de tareas en tanto en entorno cliente como servidor.(Robledano, 2019)

Figura 22. Programación con Python



Fuente. Elaboración propia

Algunas ventajas que este lenguaje de programación ofrece son:

- **Simplificado y rápido:** Este lenguaje simplifica mucho la programación, es un gran lenguaje para scripting.
- **Elegante y flexible:** El lenguaje ofrece muchas facilidades al programador al ser fácilmente legible e interpretable.
- **Programación sana y productiva:** Es sencillo de aprender, con una curva de aprendizaje moderada. Es muy fácil comenzar a programar y fomenta la productividad.
- **Ordenado y limpio:** es muy legible y sus módulos están bien organizados.
- **Portable:** Es un lenguaje muy portable. Podemos usarlo en prácticamente cualquier sistema de la actualidad.
- **Comunidad:** Cuenta con un gran número de usuarios. Su comunidad participa activamente en el desarrollo del lenguaje.

2.2.4.2. Programación visual para Revit

2.2.4.2.1. Dynamo

Es un software de programación con un interfaz de escritura visual que Revit incluye en su instalación, la cual te permite crear herramientas, complementos personalizados a través de nodos, pues se usa para automatizar procesos de manera rápida sin tener que escribir códigos, la apariencia de Dynamo está influenciada por una serie de interfaces de programación visual que se han presentado antes, incluidas MaxMSP, Maya Hypergraph y LEGO MINDSTORNS NXT, así mismo Dynamo está diseñado para ampliar las capacidades del modelado paramétrico de Revit, la cual agrega un nivel de asociatividad que no existe por defecto en la aplicación. (Kensek, 2014)

La programación visual o también llamada programación gráfica simplifica la abstracción con componentes gráficos reemplazando fragmentos de código textuales con nodos, en donde se visualiza entradas y salidas, para ello la ventaja de Dynamo es la accesibilidad y rapidez al programar sin tener los conocimientos previos de la programación con código,

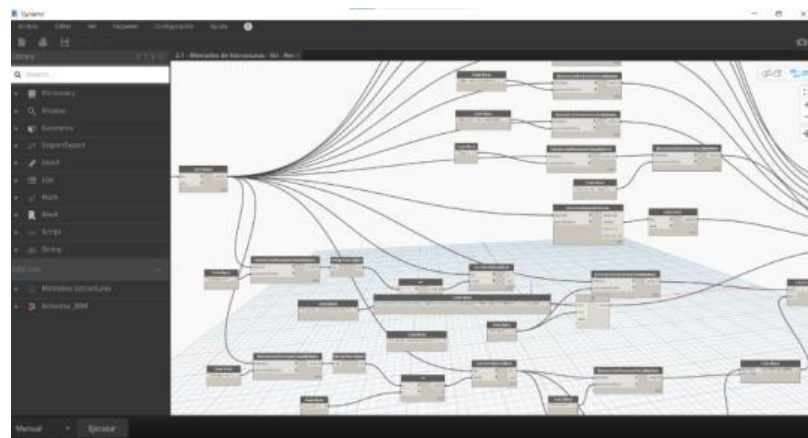
Figura 23. Nodo en Dynamo



Fuente. Elaboración propia

El objetivo de Dynamo es ampliar las posibilidades del software Revit BIM mediante la programación visual en lugar de la programación normal basada en texto (Kron, 2013). La programación visual puede ayudar a los usuarios de BIM que no están muy familiarizados con los lenguajes de programación compatibles con .NET (VB.NET, C # y C ++ administrado) para comunicarse con la Interfaz de Programación de Aplicaciones Revit (API .NET).

Figura 24. Programación Visual con Dynamo



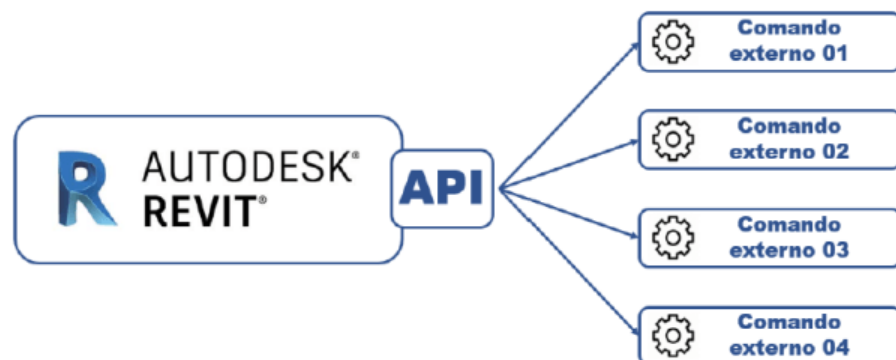
Fuente. Elaboración Propia

2.2.4.3. Programación con código C-Sharp (C#) para Revit

2.2.4.3.1. Visual Studio - API Revit

La interfaz de programación de aplicaciones (API) de Revit Autodesk permite agregar funciones mediante complementos personalizados al programa, por ello los usuarios desarrolladores generalmente usan el programa de Microsoft Visual Studio con un lenguaje de programación C-Sharp (C#) en donde se incorpora la interfaz de Revit API que funciona bajo el entorno de .NET para añadir complementos al programa, con el objetivo de automatizar procesos repetitivos o extender funcionalidades propias de la plataforma, por ende, esta manera de programar toma mayor tiempo en comparación con Dynamo, pero el resultado es mejor. (Kensek, 2014)

Figura 25. API Revit



Fuente. Elaboración propia

A. Tópicos fundamentales de la API de Revit

A. Aplicación (Application) y Documento (Document)

Las clases Document y Application representan respectivamente el proyecto de Revit API de plataforma y la aplicación de Revit

B. Elementos (Elements)

La información de un proyecto de Revit, se encuentra en una colección de Elementos.

C. Id del elemento (Element Id)

Representa el código único del elemento modelado en Revit

D. Filtrado (Filtering)

Para obtener un conjunto de elementos con algún criterio usamos Filtro

E. Selección (Selection)

Para extraer información tenemos que seleccionar elementos en un documento

F. Parámetros (Parameters)

Es lo mas importante en la programación, ya que permite recabar información de los elementos.

G. Colección (Collection)

Tipos de colecciones de utilidades como Array, Map, Set colecciones e iteradores relacionados.

H. Transacciones (Transactions)

Necesarias para realizar modificaciones a un documento de Revit.

Figura 26. Programación con C-Sharp en Visual Studio

```
84 //Busqueda del archivo de Excel
85 WinForms.OpenFileDialog dlg = new WinForms.OpenFileDialog();
86 //Filtrar el tipo de formato de Excel
87 dlg.Title = "Select source Excel file from which to update Revit shared parameters";
88 dlg.Filter = "Excel spreadsheet files (*.xls;*.xlsx;*.xlsm)|*.xls;*.xlsx;*.xlsm|All files (*)|*";
89 //Verificar la existencia del archivo
90 if (WinForms.DialogResult.OK != dlg.ShowDialog())
91 {
92     return Result.Cancelled;
93 }
94 X.Application excel = new X.Application();
95 //Hacer visible excel
96 excel.Visible = true;
97 //Crear un Workbook
98 X.Workbook workbook = excel.Workbooks.Open(dlg.FileName,
99     Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value,
100     Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value,
101     Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value,
102     Missing.Value, Missing.Value, Missing.Value);
103 //Abrir una hoja especifica existente
104 X.Worksheet worksheet1 = excel.ActiveWorkbook.Sheets["Hoja1"];
105
106 worksheet1.Cells[1, 1] = "Datos";
```

Fuente. (Braul & Rios, 2018)

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La programación C-Sharp optimiza rendimientos en la gestión de información en el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a. La programación C-Sharp aumenta significativamente el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla
- b. La programación C-Sharp reduce significativamente el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla
- c. La programación C-Sharp mejora significativamente el proceso de sectorización en el planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla

3.2. Definición conceptual

3.2.1. Variable independiente (Y)

Programación con C-Sharp desde un enfoque VDC

Virtual Design Construction (VDC) es una metodología que trabaja con información centralizada en un modelo 3D, que comprende la automatización de procesos complejos y repetitivos, que son ejecutados mediante add-ins, estos son desarrollados con las API's de las herramientas BIM con un lenguaje de programación C-Sharp para el caso de Revit, ya que es un lenguaje orientada a objetos. (Díaz, 2018).

3.2.2. Variable dependiente (Y)

Gestión de Información

La gestión de información en proyectos BIM, es el tratamiento que se le da a la información modelada para diferentes usos, como es la obtención de metrados, presupuestos, planeamiento de producción y otros en las diferentes etapas de un proyecto de construcción. (Rojas, 2017)

3.3. Definición operacional

3.3.1. Programación con C-Sharp desde un enfoque VDC

Usado como un lenguaje de programación para la creación de Add-in para el programa Autodesk Revit, permitiendo automatizar procesos según la necesidad del proyecto modelado, ayudándose con la API de Revit que facilita un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos del software.

3.3.2. Gestión de información

Usado para el tratamiento de información de proyectos modelados (BIM), partiendo del modelo paramétrico para diferentes uso BIM, así mismo comprende la revisión de modelos para obtener información confiable y real en los metrados de las múltiples disciplinas.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

El método de investigación usado fue científico, ya que se siguió una serie de pasos sistematizados, técnicas y procedimientos como son la observación, medición, experimentación, análisis de la hipótesis y finaliza en la elaboración de las conclusiones., así mismo Hernandez (2014) menciona que este tipo de investigación es más rigurosa que otras ya que es sistemática , empírica y crítica.

4.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue tecnológica ya que se usó conocimientos científicos como es la programación C-Sharp para la creación de complementos o add-ins que permitieron automatizar procesos en el mundo BIM/VDC del sector construcción, así mismo Castro (2016) menciona que los resultados de este tipo de investigación se miden por su eficiencia y rendimiento.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativo, ya que se requiere determinar los resultados de la aplicación de la programación C-Sharp en la gestión de información de un modelo BIM , así mismo Hernandez (2014) menciona que un estudio explicativo va más allá de la descripción y “están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales.” (p.95).

4.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue pre – experimental con un solo grupo e donde se tiene un pre-test y post.-test, por otra parte Hernández (2014) menciona que en este tipo de diseño “existe un punto de referencia inicial

para ver qué nivel tenía el grupo en las variables dependientes antes del estímulo, es decir hay un seguimiento del grupo”(p. 141).

Así mismo “no mantienen la capacidad de controlar adecuadamente los factores que influyen contra la validez interna así como también de la validez externa“(Hernández, 2014).

Por ello se presenta el siguiente diagrama

G.E. O₁ X O₂

Donde:

G.E: Grupo experimental (Muestra)

O1: Pre Test (Diagnóstico inicial de la gestión de información si usar programación C-Sharp)

O2: Post Test (Diagnóstico final de la gestión de información aplicando programación C-Sharp (C#)

X: Aplicación de la programación C-Sharp en la gestión de la información

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Para la investigación se consideró como población los proyectos de de infraestructura educativa desde un enfoque VDC en la etapa de licitación”

4.5.2. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico, estudio de caso proyecto “Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla” considerando el casquete estructural del módulo Administrativo, Pabellón de Aulas, Auditorio. Así mismo Hernandez (2014) menciona que “los resultados se aplican nada más a la muestra en sí o a muestras similares en tiempo y lugar (transferencia de resultados), pero esto último con suma precaución” (p. 390).

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la investigación se usará la técnica de la observación como recolección de datos, para explicar el diagnóstico inicial de la gestión de información sin la variable independiente y posterior a ello se tendrá situaciones observables de los efectos de los programación C-Sharp (C#) en la gestión de información en la etapa de licitación del proyecto “Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla”, así mismo según Hernandez (2014) menciona como ejemplo de la técnica de observación, la aceptación o rechazo de un producto en un supermercado, la cual es similar a la aceptación de los Add-ins realizados en mi investigación.

Como instrumento de recolección de datos para el Post Test se realizó una encuesta a las empresas que participaron de la licitación considerando como muestra el casquete estructural de los módulos administrativo, auditorio y pabellón de aulas, con las cuales se gestionó la información aplicando programación C-Sharp para considerar en sus presentaciones de ofertas, por ende evaluaron si la creación de los Add-ins con programación C-Sharp (#) optimizó los procesos de gestión de información para la etapa de licitación.

Por ello el instrumento de recolección de datos tiene un grado de confiabilidad y validez

4.6.1. Confiabilidad

Para Hernández et al. (2014) “la confiabilidad de un instrumento de medición, se refiere al grado de repetición al mismo sujeto que como resultados produce el mismo” (p. 200)

Por ello la confiabilidad del instrumento se basó en la aplicación repetida a la misma muestra (módulo administrativo, auditorio, pabellón de aulas) la cual se presenta resultados similares.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Luego de la recolección de datos de la muestra se llevó a gráficos donde se corroborará mi hipótesis, si la creación de los Add-ins optimizó la gestión de información en la etapa de licitación para sus considerar en sus propuestas de ofertas.
- Para el análisis de datos se trabajó con Excel vinculado a Power BI Desktop para los gráficos dinámicos.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

En la presente investigación se consideró teorías de otros investigadores con sus respectivas citas textuales, las cuales se menciona en las referencias bibliográficas para evitar el plagio, considerando la ética como algo fundamental en esta investigación, así mismo los datos presentados son veraces, finalmente se respetó las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Datos previos a la investigación

5.1.1. Datos de la muestra - estudio de caso

5.1.1.1. Nombre del proyecto

“Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla, distrito El Tambo, Huancayo, Junín” comprende la construcción

5.1.1.2. Componentes del proyecto

El expediente técnico comprende 9 módulos (módulo administrativo, auditorio, aulas, talleres, cafetín, piscina, estadio, guardianía, obras exteriores), de las cuales contienen sus planos en 2D, metrados, análisis de precio unitarios, especificaciones técnicas, programación de obra, presupuesto, etc)

Figura 27. Plano General Arquitectónico



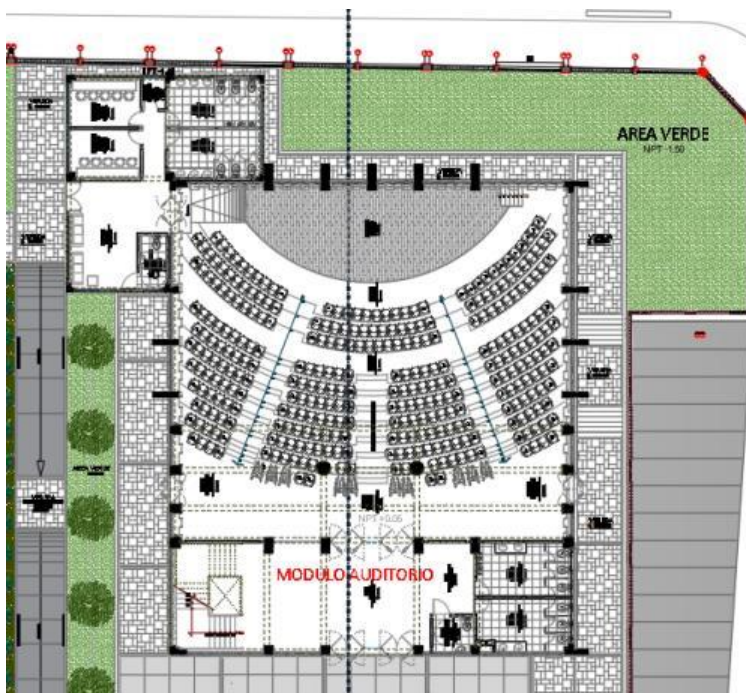
Fuente. Elaboración Propia

Figura 28. Plano arquitectónico del módulo Administrativo



Fuente. Elaboración Propia

Figura 29. Plano arquitectónico del módulo Auditorio



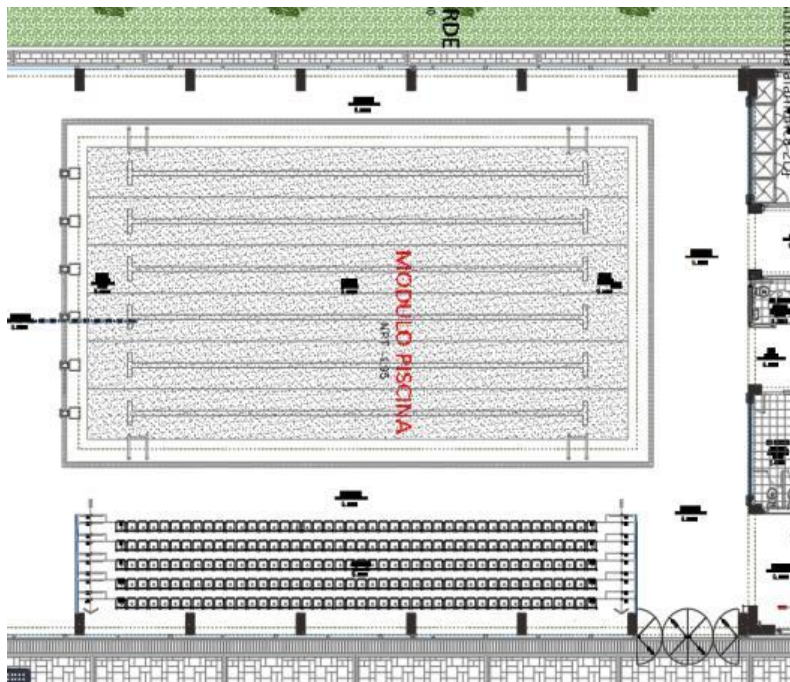
Fuente. Elaboración Propia

Figura 30. Plano arquitectónico módulo Aulas



Fuente. Elaboración Propia

Figura 31. Plano arquitectónico módulo Piscina



Fuente. Elaboración Propia

5.1.1.3. Modalidad de Ejecución

La modalidad de ejecución es por contrata - administración indirecta, financiado por el Gobierno Regional de Junín.

5.1.1.4. Metrados

Se tuvo en consideración los metrados del expediente técnico para verificar posteriormente

Figura 32. Metrados del módulo Administrativo

02.02	MÓDULO ADMINISTRATIVO		
02.02.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES.		
02.02.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	584.40
02.02.01.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	584.40
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.		
02.02.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS H=2.05	M3	368.14
02.02.02.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA PLATEA DE CIMENTACIÓN H=2.05m	M3	95.94
02.02.02.03	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTOS H=1.95 m	M3	50.82
02.02.02.04	RELLENOS CON MATERIAL PROPIO Y APISONADO DE ZANJAS	M3	245.79
02.02.02.05	NIVELACION, RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PRESTAMO	M2	503.18
02.02.02.06	ACARREO INTERNO DE MATERIAL D=30M	M3	336.13
02.02.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO DIST.= 3 km	M3	336.13
02.02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE.		
02.02.03.01	CIMENTO CORRIDO 1:10 CH + 30% P.G.	M3	37.25
02.02.03.02	SOLADO PARA ZAPATAS e=4" MEZCLA 1:12	M2	226.38
02.02.03.03	SOBRECIMIENTO CONCRETO 1:8 + 25% P.M.	M3	6.83
02.02.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMENTOS	M2	41.73
02.02.03.05	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10	M2	471.05
02.02.03.06	RELLENO DE POLIESTIRENO DE 4"	M2	16.20
02.02.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO.		
02.02.04.01	ZAPATAS		
02.02.04.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM2 - ZAPATAS	M3	125.71
02.02.04.01.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS	KG	7297.61
02.02.04.02	PLATEA DE CIMENTACIÓN		
02.02.04.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM2 - PLATEA DE CIMENTACIÓN	M3	23.40
02.02.04.02.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2 PARA PLATEA DE CIMENTACIÓN	KG	1948.87
02.02.04.03	VIGAS DE CIMENTACIÓN		
02.02.04.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM2 - VIGAS DE CIMENTACIÓN	M3	25.06
02.02.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	M2	107.43
02.02.04.03.03	ACERO F'Y= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	KG	5128.40
02.02.04.04	COLUMNAS		
02.02.04.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 KG/CM2 - COLUMNAS	M3	150.89
02.02.04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	M2	1226.40
02.02.04.04.03	ACERO F'Y= 4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	KG	31119.91
02.02.04.05	PLACAS		
02.02.04.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 KG/CM2 - PLACAS	M3	68.08
02.02.04.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	M2	600.37
02.02.04.05.03	ACERO F'Y= 4200 KG/CM2 PARA PLACAS	KG	10155.63
02.02.04.06	VIGAS		
02.02.04.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=210 KG/CM2 - VIGAS	M3	179.06

Fuente. Elaboración Propia

Figura 33. Metrados del módulo Auditorio

02.03.00.00	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPU	UNID	29.00
02.03	ESTRUCTURAS-AUDITORIO		
02.03.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES.		
02.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	561.15
02.03.01.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	561.15
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
02.03.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS CON EQUIPO	M3	710.08
02.03.02.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTOS	M3	10.48
02.03.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO Y APISONADO DE ZANJAS	M3	538.24
02.03.02.04	NIVELACION INTERIOR CON MATERIAL DE PRESTAMO E = 0.10 M Y APISONADO CON EQUIPO	M2	682.32
02.03.02.05	ACARREO INTERNO DE MATERIAL D=30M	M3	227.89
02.03.02.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO DIST.= 10 km	M3	227.89
02.03.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
02.03.03.01	CIMIENTO CORRIDO CONCRETO 1:8 CH + 30% P.G. 6" MAX.	M3	20.07
02.03.03.02	SOLADO PARA ZAPATAS e=4" MEZCLA 1:8 CEMENTO - HORMIGON CONFITILLADO	M2	197.59
02.03.03.03	SOBRECIMIENTO DE CONCRETO 1:8 + 25% P.M. 3" MAX.	M3	3.48
02.03.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTO DE CONCRETO	M2	6.96
02.03.03.05	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10	M2	306.30
02.03.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
02.03.04.01	ZAPATAS		
02.03.04.01.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210KG/CM2 - ZAPATAS	M3	112.16
02.03.04.01.02	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS	KG	9265.36
02.03.04.02	VIGAS DE CIMENTACION		
02.03.04.02.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210KG/CM2 - VIGAS DE CIMENTACION	M3	4.54
02.03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGA DE CIMENTACION	M2	30.24
02.03.04.02.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA VIGAS DE CIMENTACION	KG	593.07
02.03.04.03	SOBRECIMIENTO ARMADO		
02.03.04.03.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210KG/CM2 - SOBRECIMIENTO ARMADO	M3	345.18
02.03.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTO ARMADO	M2	690.56
02.03.04.03.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA SOBRECIMIENTO ARMADO	KG	1766.91
02.03.04.04	COLUMNAS		
02.03.04.04.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210KG/CM2 - COLUMNAS	M3	201.01
02.03.04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	M2	1284.34
02.03.04.04.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	KG	14373.44
02.03.04.05	VIGAS		
02.03.04.05.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210KG/CM2 - VIGAS	M3	117.01
02.03.04.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	M2	820.63
02.03.04.05.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA VIGAS	KG	17576.19
02.03.04.06	MUROS DE CERRAMIENTO DE CONCRETO		

Fuente. Elaboración Propia

Figura 34. Metrados del módulo Aulas

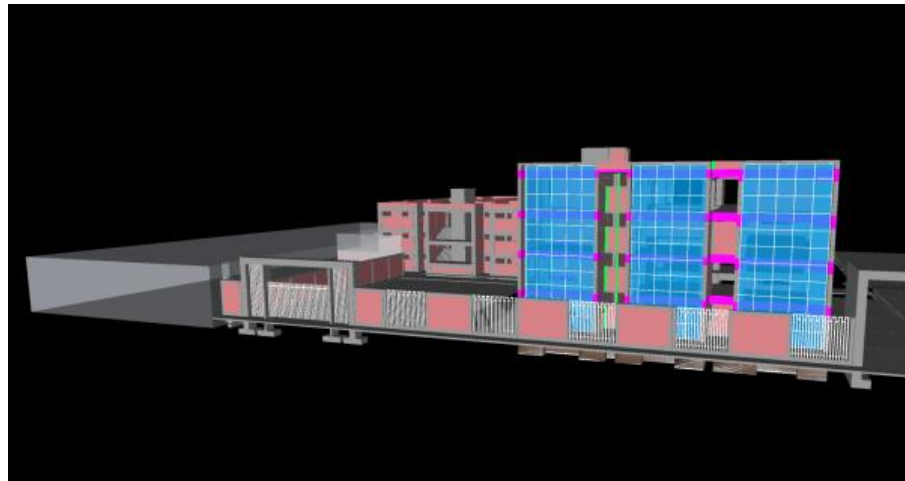
02.04.00.00	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPU	UNID	12.00	100.00%
02.04	MODULOS AULAS			
02.04.01	BLOQUE A			
02.04.01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES.			
02.04.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	1061.20	100.00%
02.04.01.01.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	1061.20	100.00%
02.04.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
02.04.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS DE DE PROFUNDIDAD	M3	745.28	100.00%
02.04.01.02.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTOS	M3	144.66	100.00%
02.04.01.02.03	RELLENOS CON MATERIAL PROPIO Y APISONADO DE ZANJAS	M3	363.29	100.00%
02.04.01.02.04	NIVELACION RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M2	1136.09	100.00%
02.04.01.02.05	ACARREO INTERNO DE MATERIAL D=30M	M3	658.31	100.00%
02.04.01.02.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO DIST.= 3 km	M3	658.31	100.00%
02.04.01.03	CONCRETO SIMPLE			
02.04.01.03.01	CIMIENTO CORRIDO CONCRETO 1:10 CH + 30% P.G.	M3	59.98	100.00%
02.04.01.03.02	SOLADO PARA ZAPATAS e=4" MEZCLA 1:8 CEMENTO - HORMIGON CONFITILLADO	M2	360.31	100.00%
02.04.01.03.03	SOBRECIMIENTO DE CONCRETO 1:8 + 25% P.M. 4" MAX.	M3	12.63	100.00%
02.04.01.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTO	M2	162.45	100.00%
02.04.01.03.05	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10	M2	535.65	100.00%
02.04.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
02.04.01.04.01	ZAPATAS			
02.04.01.04.01.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=245 KG/CM2 - ZAPATAS	M3	240.27	100.00%
02.04.01.04.01.02	ACERO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS	KG	14528.05	100.00%
02.04.01.04.02	VIGAS DE CIMENTACION			
02.04.01.04.02.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=245 KG/CM2 - VIGAS DE CIMENTACION	M3	39.75	100.00%
02.04.01.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CIMENTACION	M2	261.94	100.00%
02.04.01.04.02.03	ACERO FY= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS DE CIMENTACION	KG	18797.36	100.00%
02.04.01.04.03	SOBRECIMIENTO ARMADO			
02.04.01.04.03.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210 KG/CM2 - VIGAS DE CIMENTACION	M3	29.46	100.00%
02.04.01.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTO ARMADO	M2	235.64	100.00%
02.04.01.04.03.03	ACERO FY= 4200 KG/CM2 PARA SOBRECIMIENTO ARMADO	KG	1562.75	100.00%
02.04.01.04.04	COLUMNAS			
02.04.01.04.04.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210 KG/CM2 - COLUMNAS	M3	201.65	100.00%
02.04.01.04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	M2	1536.84	100.00%
02.04.01.04.04.03	ACERO FY= 4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	KG	33087.91	100.00%
02.04.01.04.05	VIGAS			
02.04.01.04.05.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=210 KG/CM2 - VIGAS	M3	217.60	100.00%
02.04.01.04.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	M2	1522.23	100.00%
02.04.01.04.05.03	ACERO FY= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS	KG	36916.64	100.00%
02.04.01.04.06	COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO			
02.04.01.04.06.01	CONCRETO PRE MEZCLADO F'C=175 Kg/cm2 - COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO	M3	23.84	100.00%

Fuente. Elaboración Propia

5.2. Componentes modelados

Una vez obtenido el expediente técnico, la cual fue extraído de la página del SEACE, se inició a analizar los planos en 2D para modelarlos en el programa Autodesk Revit, para ello se escogió el módulo Administrativo, Auditorio y Aulas

Figura 35. Presentación general de modelos 3D en Navisworks

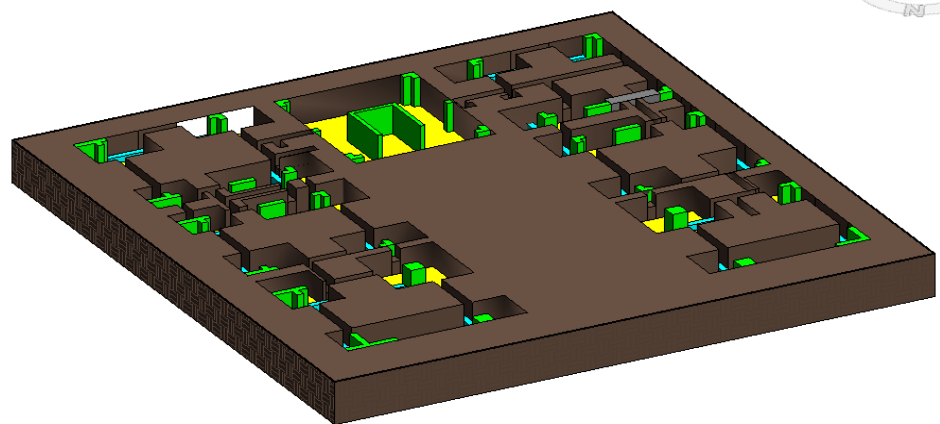


Fuente. Elaboración Propia

5.2.1. Modelado del casquete estructural

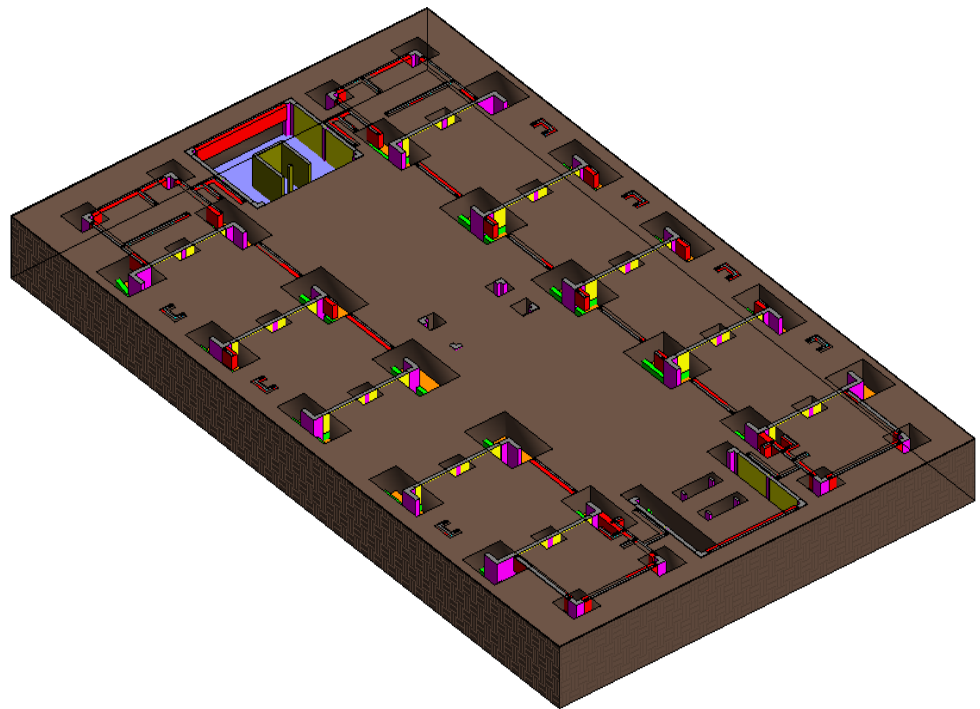
Se modelaron las partidas según en el expediente, por ello se inició con las excavaciones simples.

Figura 36. Modelado de las excavaciones simples del módulo Administrativo



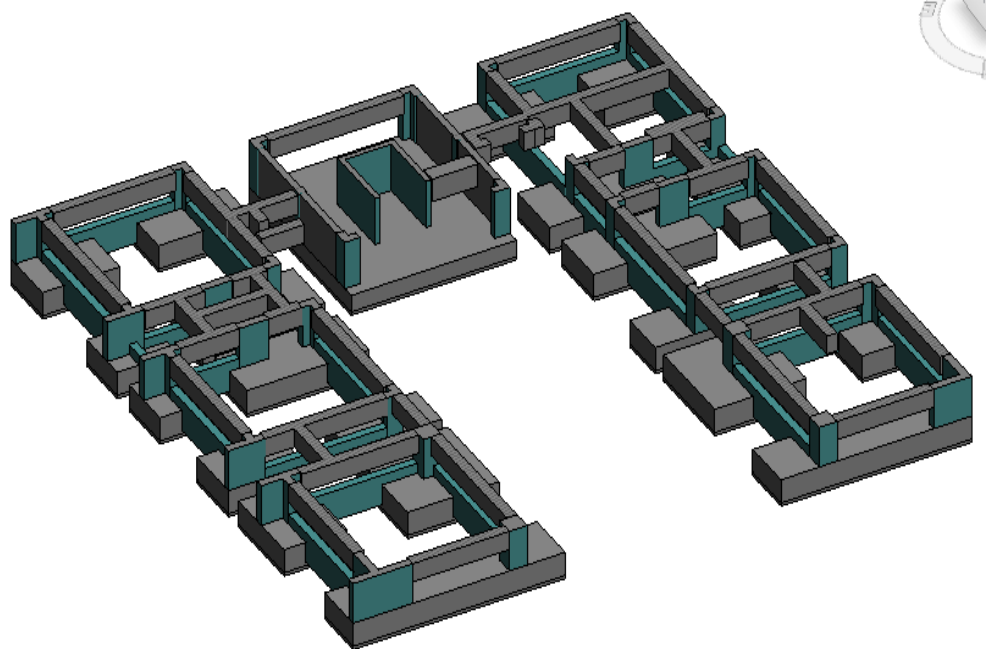
Fuente. Elaboración Propia

Figura 37. Modelado de las excavaciones simples del módulo Aulas



Fuente. Elaboración Propia

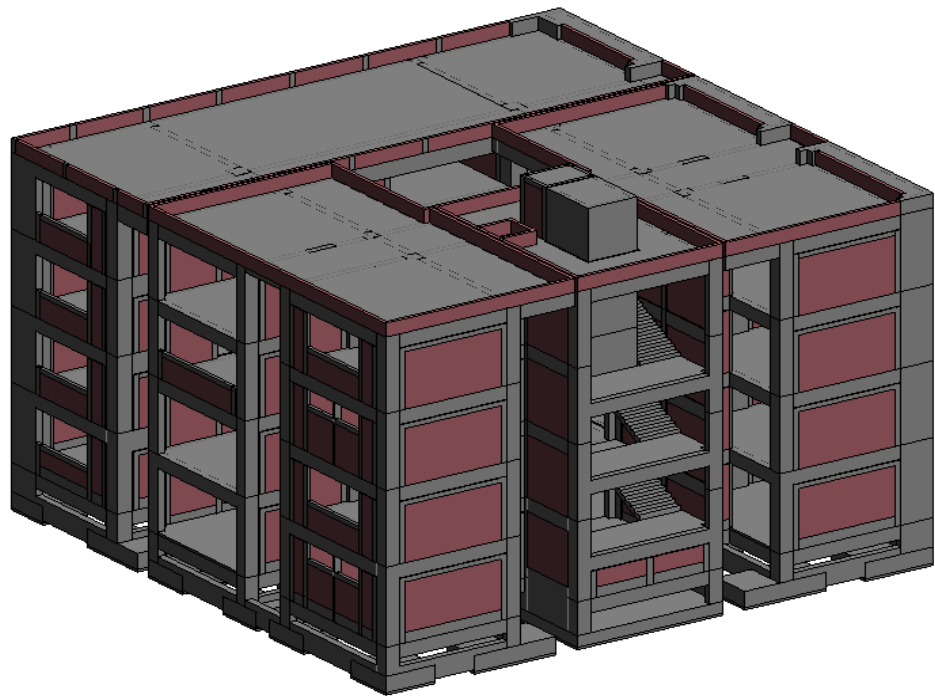
Figura 38. Modelado de la cimentación del módulo Administrativo



Fuente. Elaboración Propia

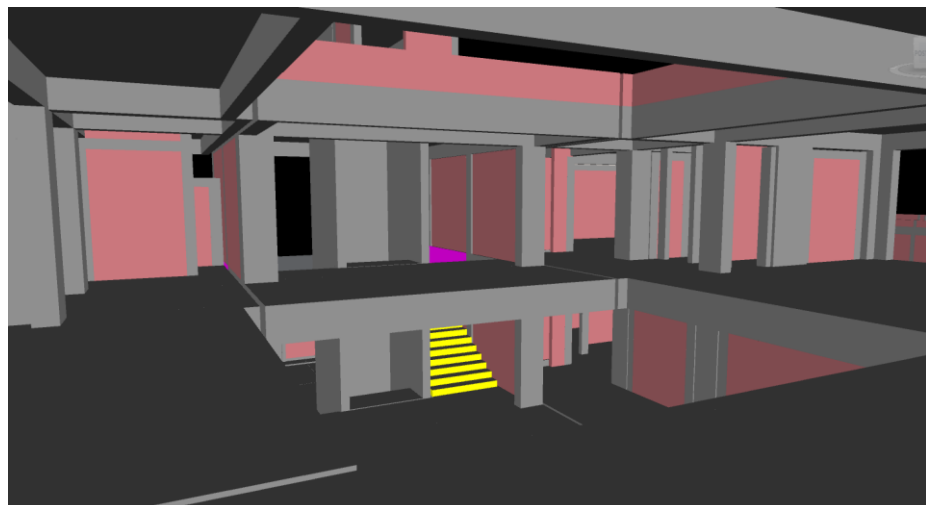
Luego de modelar la cimentación de los tres módulos se inició con la superestructura, incluyendo el acero de refuerzo.

Figura 39. Modelado de la superestructura del módulo Administrativo



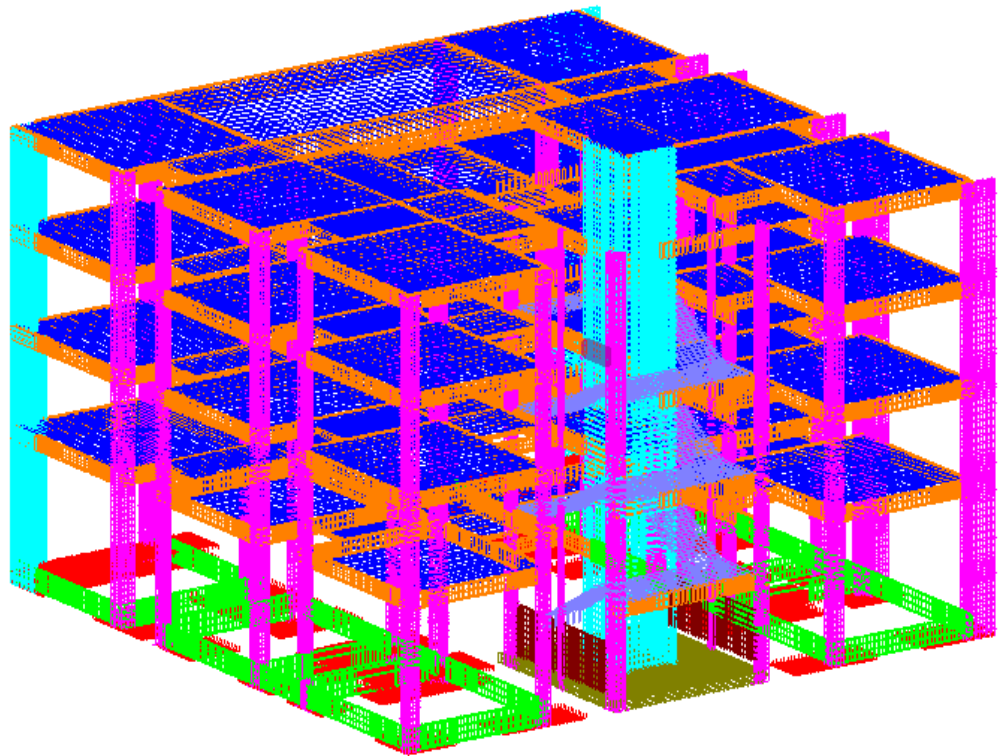
Fuente. Elaboración Propia

Figura 40. Vista en Navisworks del módulo Administrativo



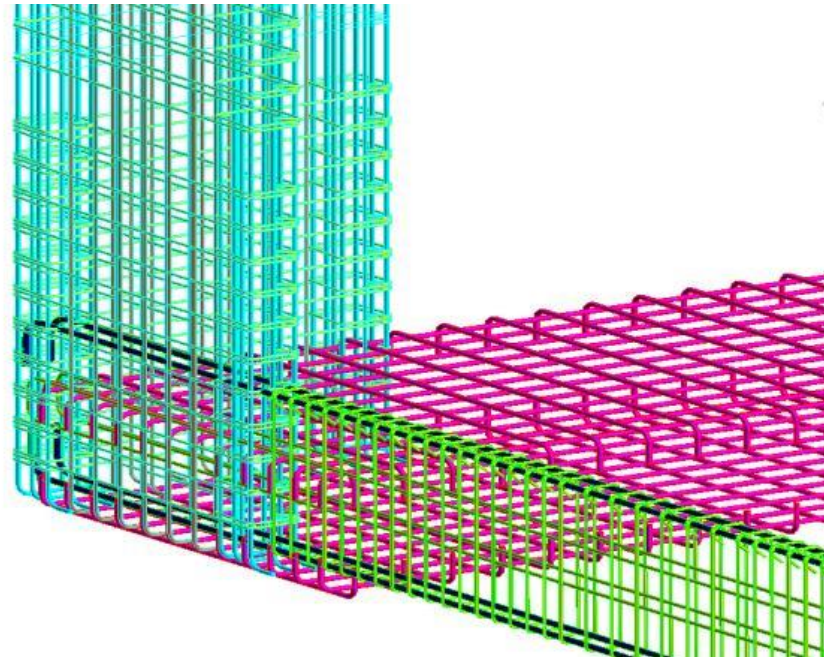
Fuente. Elaboración Propia

Figura 41. Modelado del acero de refuerzo módulo Administrativo



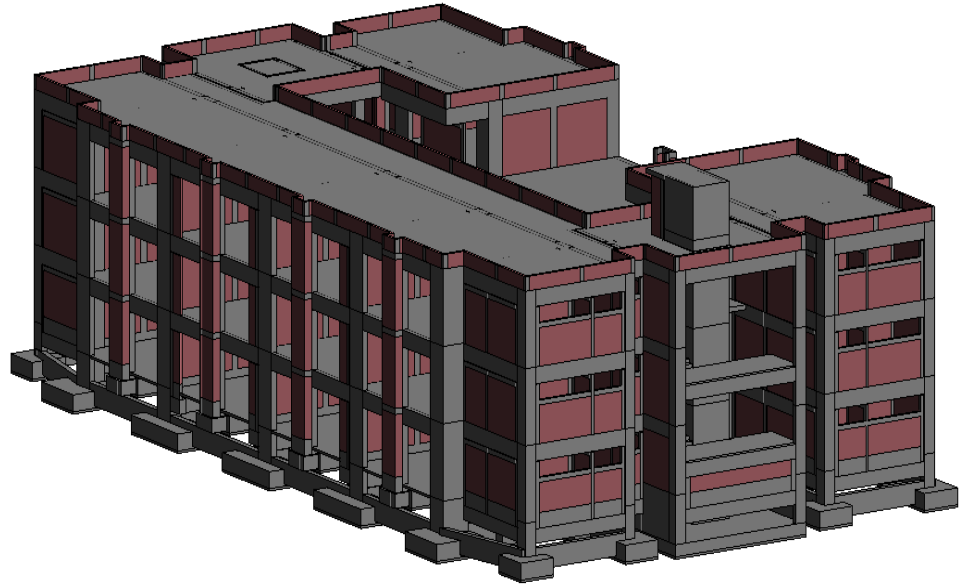
Fuente. Elaboración Propia

Figura 40. Filtro de vista por acero-elemento



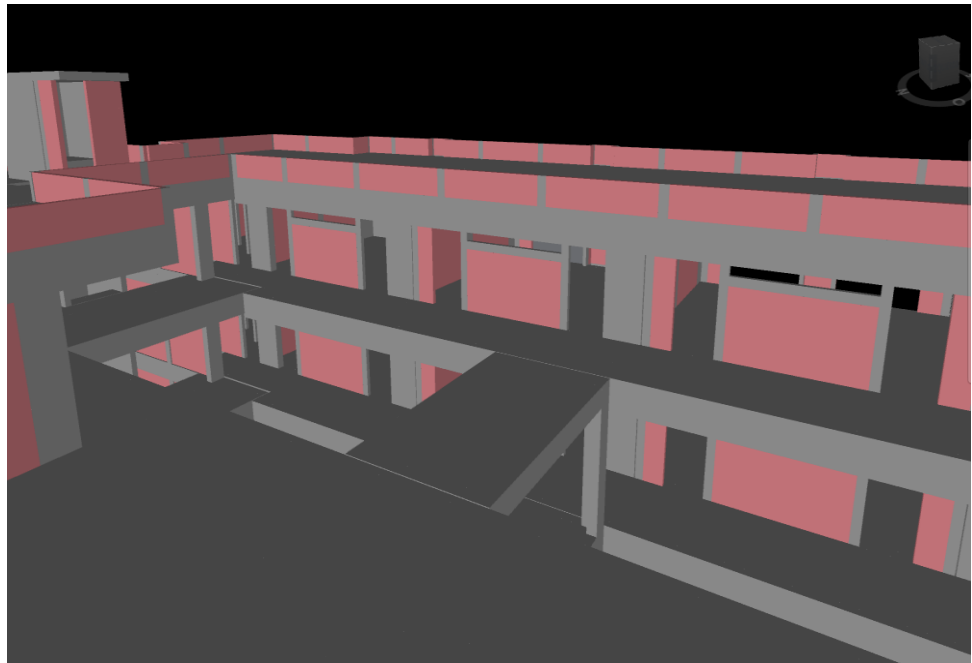
Fuente. Elaboración Propia

Figura 41. Modelado del pabellón de Aulas C



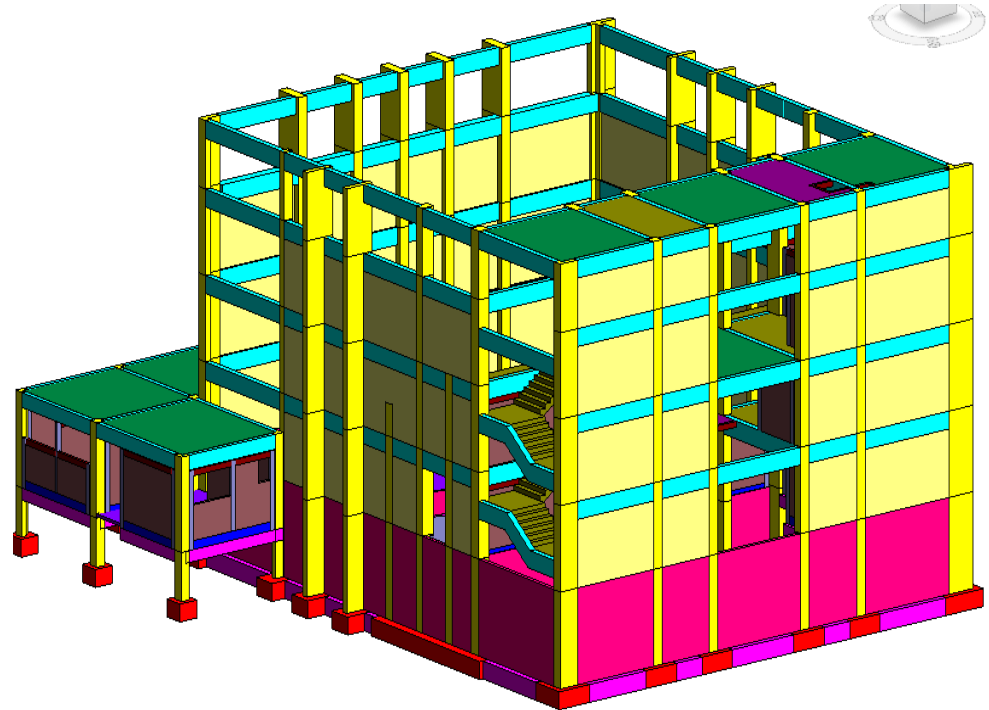
Fuente. Elaboración Propia

Figura 42. Vista en Navisworks del pabellón de Aulas C



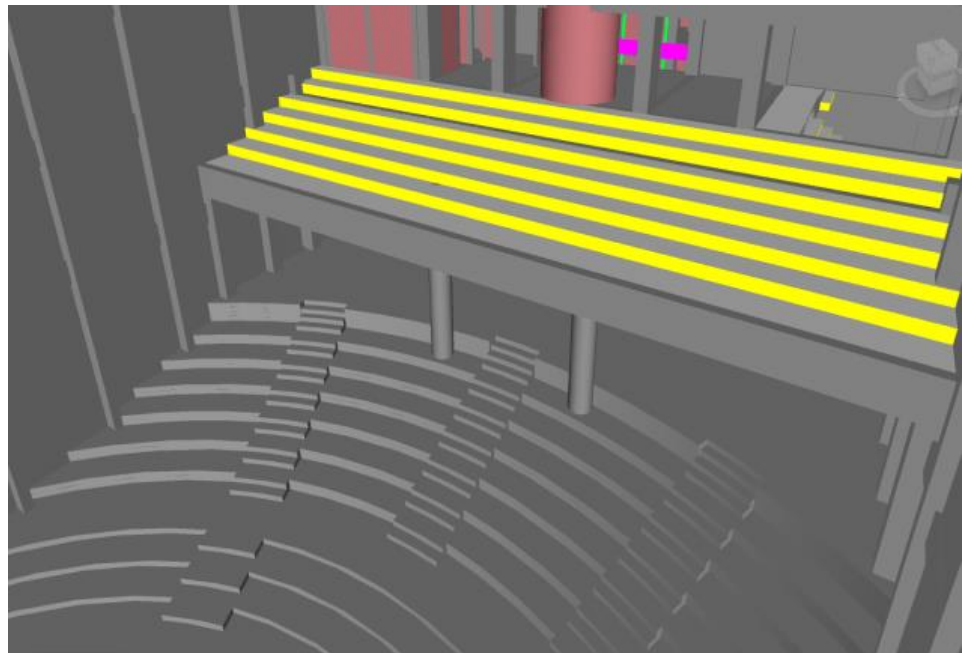
Fuente. Elaboración Propia

Figura 43. Modelado del auditorio



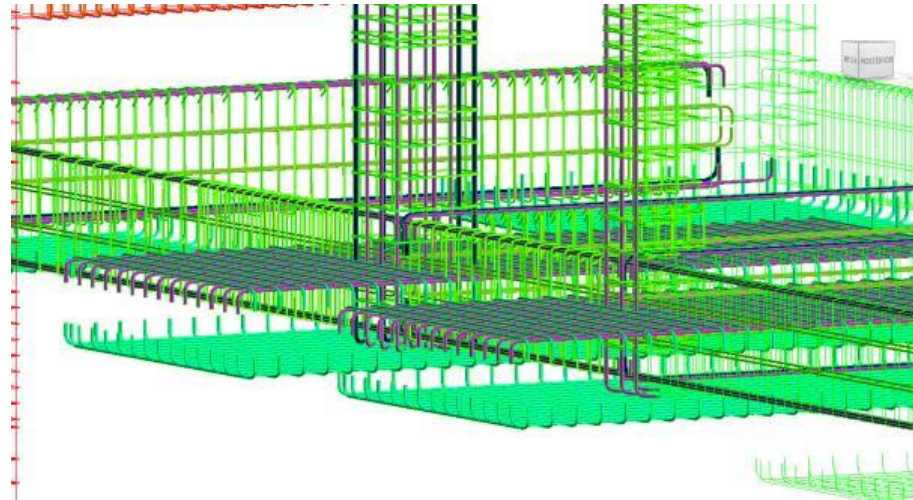
Fuente. Elaboración Propia

Figura 44. Vista en Navisworks del auditorio



Fuente. Elaboración Propia

Figura 45. Modelado del acero de refuerzo del pabellón de aulas C



Fuente. Elaboración Propia

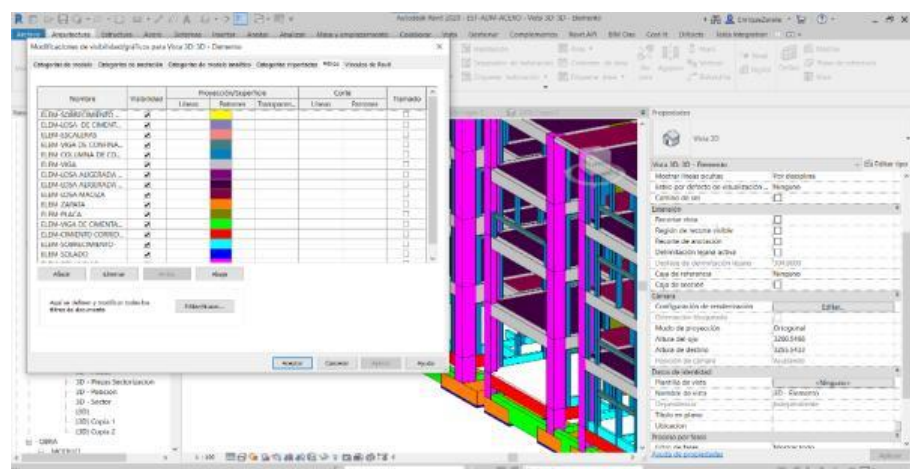
5.2.2. Aplicación de Filtros

Para una facilidad de visualización es necesario aplicar filtros al modelo en Revit, para diferenciar las diferentes descripciones de los parámetros para posteriormente gestionar la información.

5.2.2.1. Filtro por elemento

Se insertó el nombre del elemento en el parámetro MBR-GEN-ELEMENTO y después se aplicó el filtro.

Figura 46. Filtro por elemento

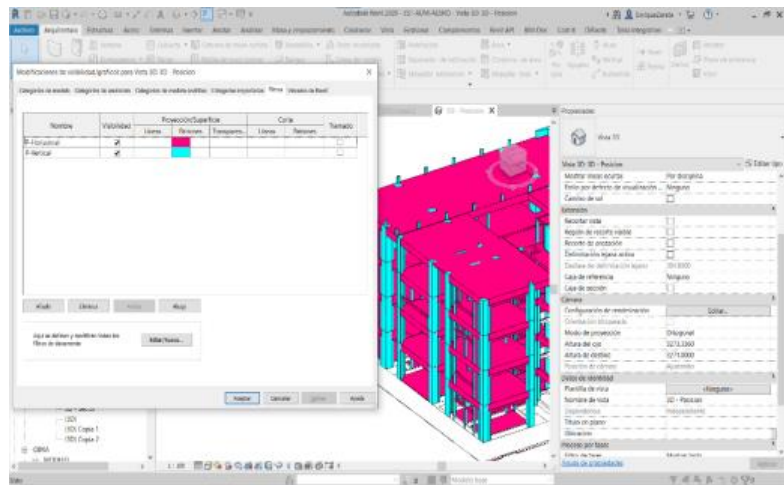


Fuente. Elaboración Propia

5.2.2.2. Filtro por posición

Para realizar la simulación constructiva y la planificación en obra es importante rellenar el parámetro MBR-PLA-POSICIÓN en la cual se rellenó si es un elemento vertical u horizontal .

Figura 47. Filtro por posición

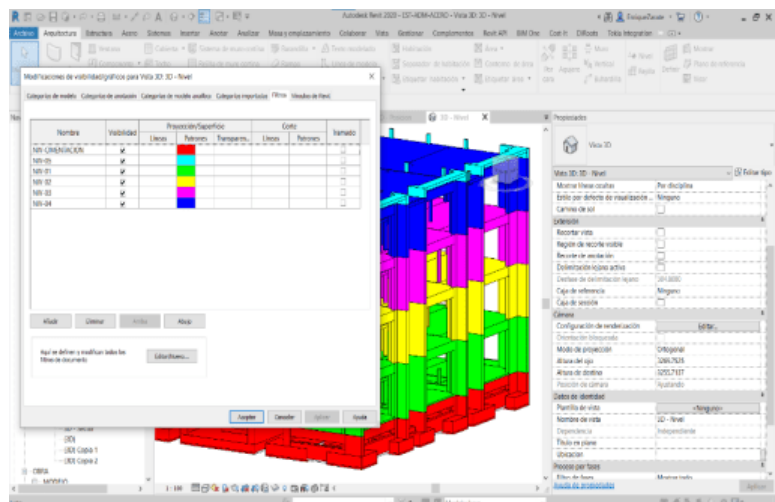


Fuente. Elaboración Propia

5.2.2.3. Filtro por nivel

Se rellenó el parámetro MBR-GEN-NIVEL, indicando si es CIMENTACIÓN, PISO 01, PISO 02, PISO 03 o PISO 04.

Figura 48. Filtro por nivel

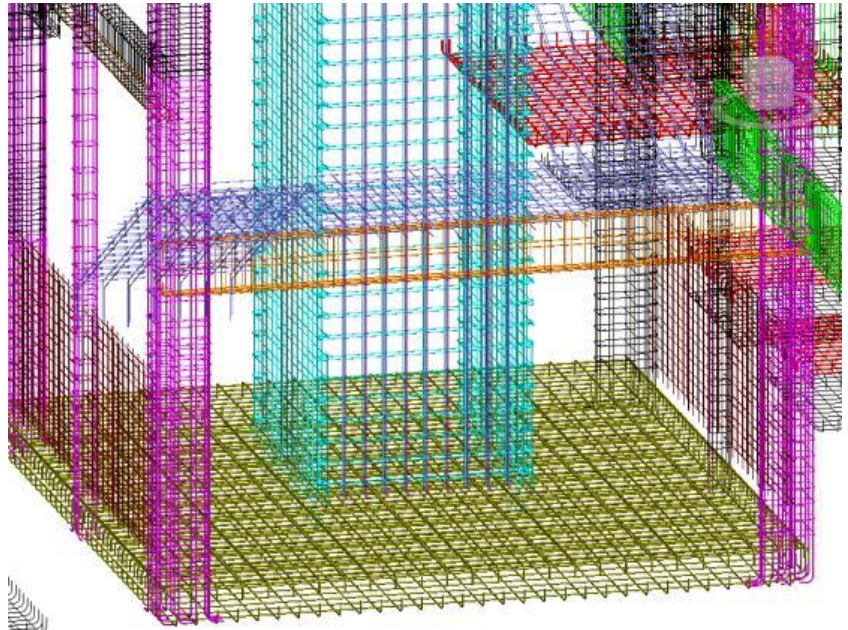


Fuente. Elaboración propia

5.2.2.4. Filtro por acero-elemento

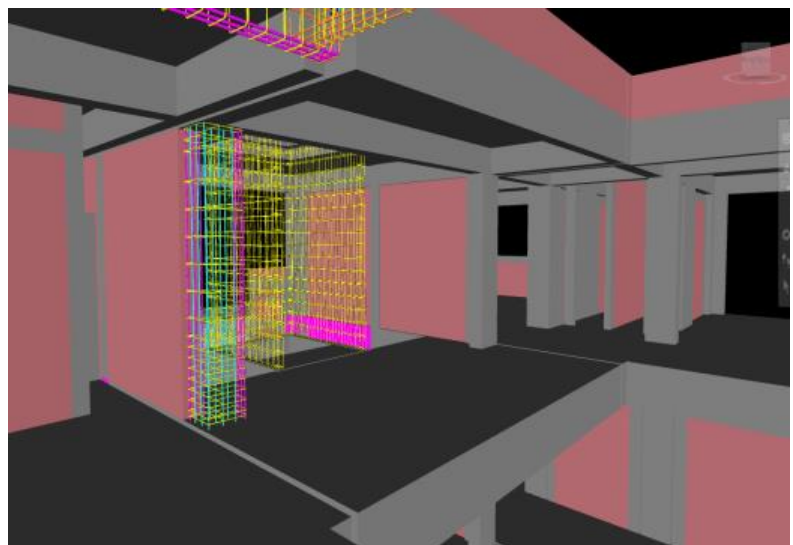
Se describió en el parámetro MBR-MET-TIT-PARTIDA el nombre del elemento al que pertenece el acero de refuerzo

Figura 49. Filtro por acero-elemento



Fuente. Elaboración Propia

Figura 50. Vista en Navisworks acero - elemento



Fuente. Elaboración Propia

5.2.3. Parametrización


Después de tener listos los tres componentes modelados en Revit, se generó parámetros compartidos y se aplicó independientemente a cada modelo, a partir de estos datos se pudo extraer los metrados, revisar el modelo paramétrico y generar la simulación constructiva.

Tabla 01. Descripción de los parámetros añadidos al modelo

Parámetro Compartido	Descripción
MBR-GEN-ELEMENTO	Se escribió el nombre del elemento (COLUMNA, PLACA, VIGA, etc).
MBR-GEN-NIVEL	Se escribió el nivel del elemento (CIMENTACIÓN, PISO 01, PISO 02, etc).
MBR-PLA-FASE	Se escribió la fase constructiva (CIMENTACIÓN o SUPERESTRUCTURA)
MBR-PLA-SECTOR	Se escribió el sector a la cual fue considerado el elemento (S1, S2, S3, S4, etc)
MBR-PLA-POSICION	Se escribió si el elemento pertenece a una secuencia constructiva VERTICAL u HORIZONTAL
MBR-PLA-FRENTE	Se escribió el frente al que pertenece (ADMINISTRACIÓN, AUDITORIO o AULAS)

Fuente. Elaboración Propia

Figura 51. Parámetros compartidos para la gestión

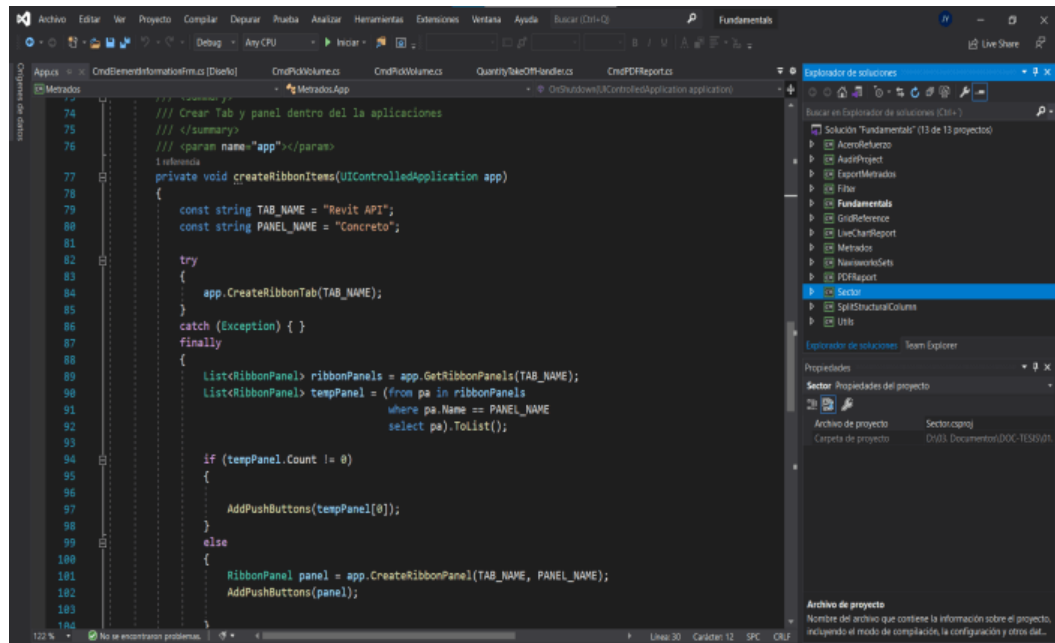
Propiedades	
	Columna L ADM-C4 (60 x 60 x 30)
Pilares estructurales (1) Editar tipo	
Delimitación de habitación	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcción	
MBR-MET-TIT-PARTIDA	COLUMNAS
MBR-MET-PARTIDA	
MBR-MET-COD_ITEMIZADO	
MBR-MET-CONSIDERAR	<input checked="" type="checkbox"/>
MBR-MET-UNIDADES	
MBR-PLA-COD_TREN	
MBR-GEN-NIVEL	CIMENTACION
MBR-GEN-ELEMENTO	COLUMNA
MBR-PLA-FASE	CIMENTACION
MBR-PLA-FRENTE	ADMINISTRACION
MBR-PLA-POSICION	VERTICAL
MBR-PLA-SECTOR	S2
MBR-PLA-FECHA CONSTRUIDO	
MBR-PLA-FECHA PROGRAMADA	
MBR-PLA-SECUENCIA	8
Materiales y acabados	
Material estructural	Concreto f'c=210 kg/cm2
Estructura	
Activar modelo analítico	<input type="checkbox"/>
Recubrimiento de armadura - Cara s...	40 mm <40 mm>
Recubrimiento de armadura - Cara i...	40 mm <40 mm>
Recubrimiento de armadura - Otras ...	40 mm <40 mm>
Volumen reforzado estimado	0.00 cm ³

Fuente. Elaboración Propia

5.3. Programación C-Sharp y su aplicación en la muestra

Si bien el programa de Revit te permite gestionar la información de una forma tradicional, en esta investigación se creó add-ins para optimizar el tiempo de gestionar la información parametrizada, por ello se usó el programa Visual Studio 2019 con un lenguaje de programación C-Sharp (C#) y posteriormente aplicarlas a los modelos tradicionales de Revit

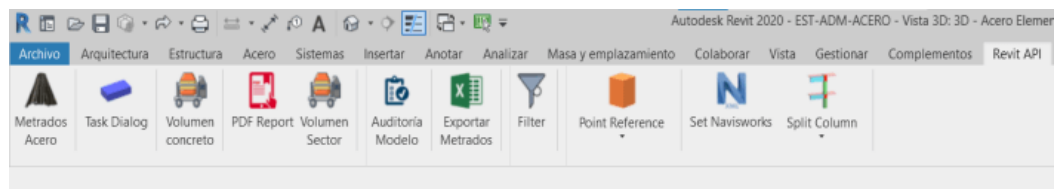
Figura 52. Creación del TABNAME Revit API en Visual Studio



Fuente. Elaboración Propia

Los add-ins fueron almacenados en un panel llamado Revit API, para separar de los otros comandos por defecto, estos fueron desarrollados según los parámetros descritos anteriormente.

Figura 53. Add-ins almacenados en el panel Revit API

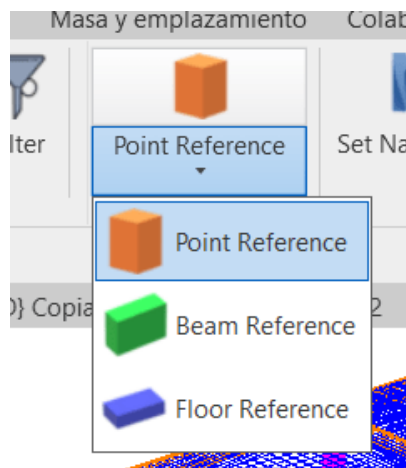


Fuente. Elaboración Propia

5.3.1. Add-in Beam, Point y Floor Reference

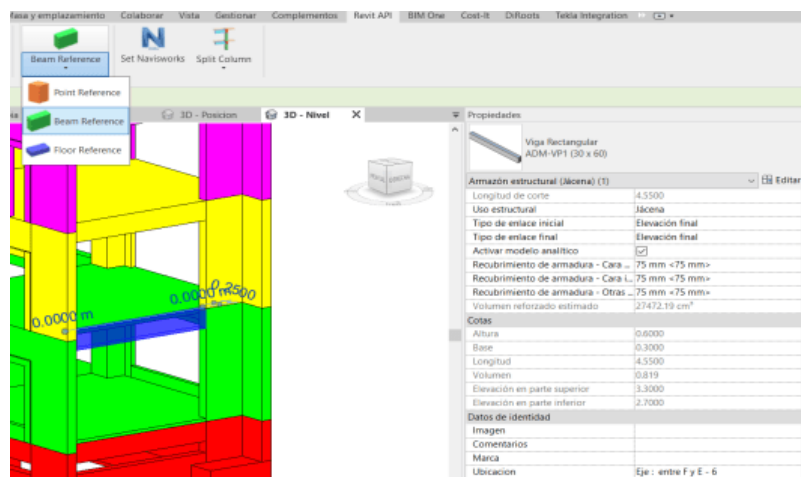
La herramienta de Revit por defecto solo ofrece la ubicación de los pilares estructurales, y para realizar los metrados es importante saber la ubicación de cada elemento del modelo, por ello este Add-in sirvió para automatizar la ubicación de los elementos, la cual se transcribe el parámetro Ubicación

Figura 54. Add-in Point Reference



Fuente. Elaboración Propia

Figura 55. Aplicación del Add-in

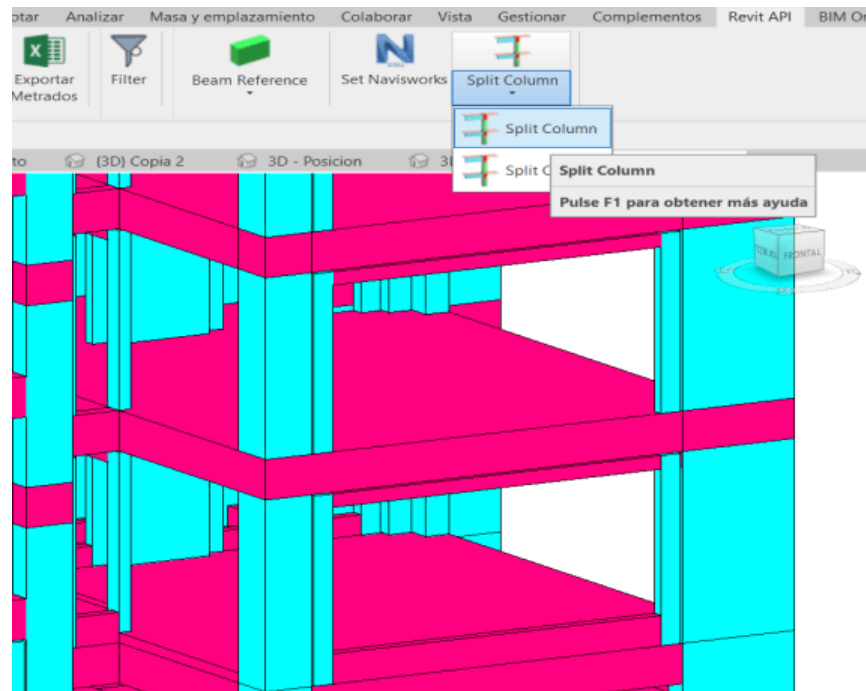


Fuente. Elaboración Propia

5.3.2. Add-in Split Column, Columns

Sirvió para cortar los elementos modelados de la categoría pilares estructurales, ya que una planificación por trenes de trabajo necesita saber si el elemento es horizontal o vertical, por ende, el nudo columna-viga es considerado como un elemento horizontal ya que es vaciado conjuntamente con losas y vigas, sin embargo, para metrados se toma ese nudo como columna.

Figura 56. Aplicación del Add-in Split Column



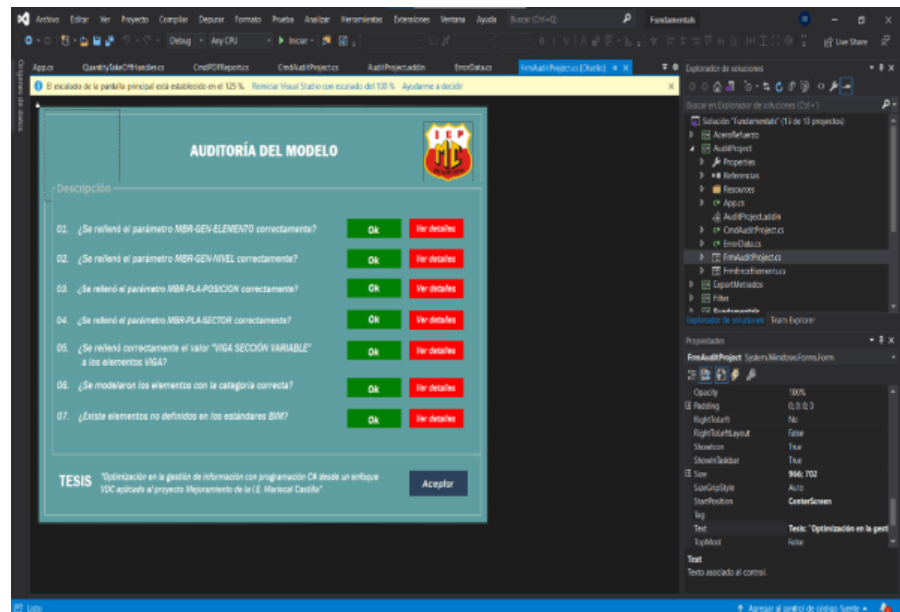
Fuente. Elaboración Propia

5.3.3. Add-in Auditoría del Modelo

Una vez culminado el modelo paramétrico, en donde se rellenó los diferentes parámetros con la descripción correspondiente se procede a gestionar la información del modelo, por ello se tiene que verificar que el proyecto se haya modelado con las categorías correctas, así mismo todos los parámetros se hayan rellenado correctamente, y no dejar vacíos, es así que se creó el Add-in AUDITORÍA DE MODELO, con el objetivo de no revisar de una manera tradicional con Revit por defecto ya que muchas veces tienden a errores y el tiempo que demanda es mucho.

Con este add-in se controló la calidad del modelo, para no tener errores en los metrados y en la planificación del ritmo de producción, aplicándose a los tres módulos de la muestra.

Figura 57. Desarrollo del Add-in Auditoría de modelo en Visual Studio



Fuente. Elaboración Propia

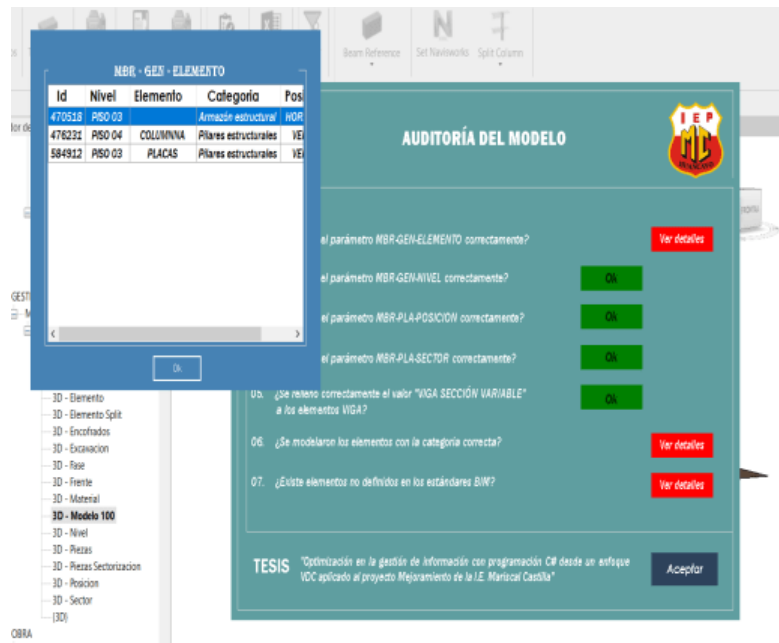
Al realizar la auditoría de modelo se encontró varios errores de modelado y errores ortográficos en la parametrización, por ende, si gestionamos la información sin haber realizado la auditoría de modelo, los resultados de metrados y de la planificación del ritmo de producción sería no reales ni confiables.

Figura 58. Interfaz del Add-in Auditoría de Modelo



Fuente. Elaboración Propia

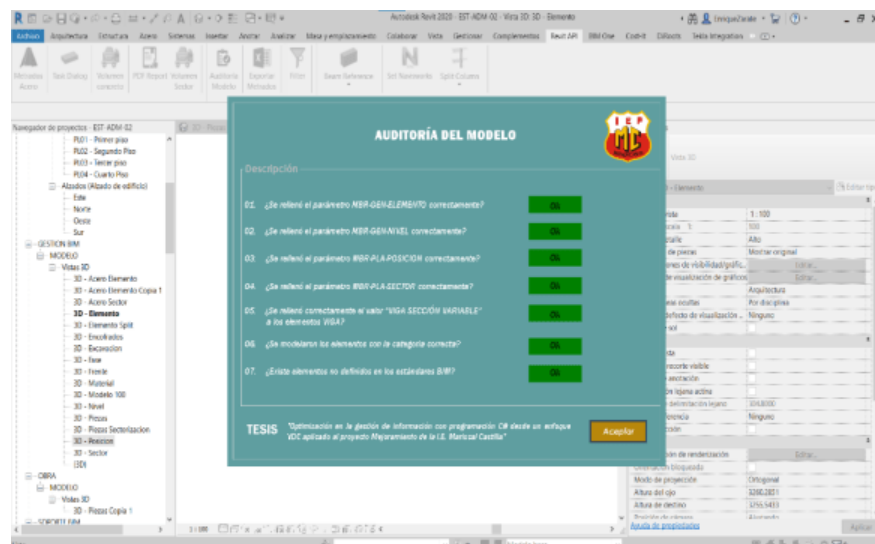
Figura 59. Interfaz de elementos a corregir del Add-in Auditoría de Modelo



Fuente. Elaboración Propia

Una vez determinado los errores, se aísla los elementos para corregir, y finalmente se ejecuta una vez más, observándose que el modelo está listo para la extracción de los metrados, las cuales son confiables y reales.

Figura 60. Resultados de la revisión del modelo auditado.

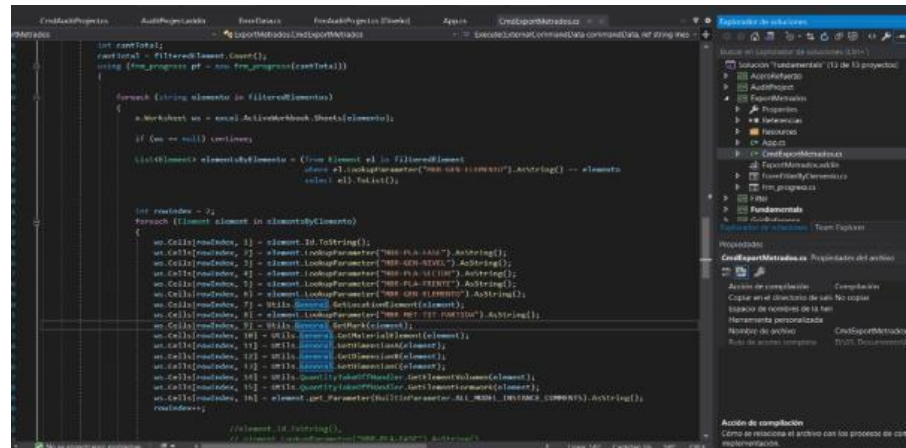


Fuente. Elaboración Propia

5.3.4. Add-in Exportación de metrados

A través de Visual Studio 2019 se creó este Add-in, el más importante, para exportar los metrados en hojas de Excel personalizado, ya que permitió exportar en cuestión de segundos, iniciándose con filtro de elementos

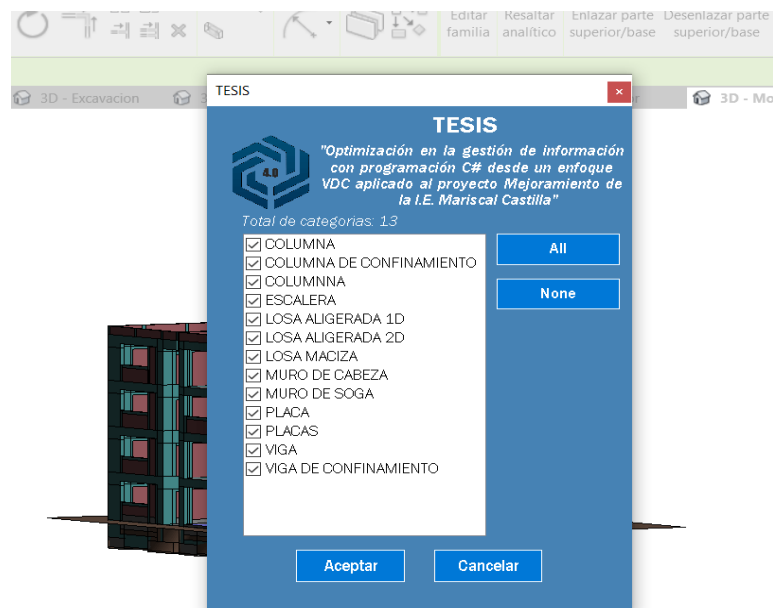
Figura 61. Programación con código C-Sharp en visual Studio



Fuente. Elaboración Propia

Para exportar los metrados se añadió un filtro por nombre del elemento, la cual te permite seleccionar que elementos deseas exportar a la plantilla de Excel

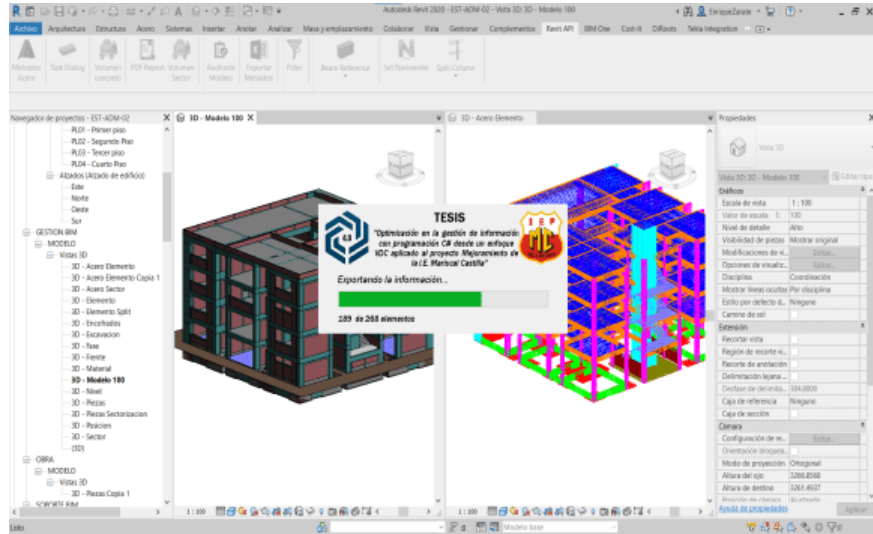
Figura 62. Filtro de selección por elemento



Fuente. Elaboración Propia

Posterior a ello se exporta a una plantilla vacía de Excel elegida por el usuario, mostrándose un interfaz de carga.

Figura 63. Interfaz de exportación en proceso



Fuente. Elaboración Propia

La información exportada conforma una base de datos de todos los elementos del proyecto en cada hoja de Excel, así mismo cuenta con un consolidado que sirvió para los gráficos dinámicos en Power BI para comparar los metrados del expediente y lo obtenido mediante el add-in.

Figura 64. Información exportada a la plantilla de Excel

ID	Base	Compartido	Nivel	Techo	Fronto	Elemento	Ubicación	Descripción de partida	Metros	Material constructivo	Altura (m)	Anchura (m)	Longi (m)	Concreto (m3)	Acero (kg)	Alfara de	Alfara de
1	28671	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	F-1	DEPARTAS	217 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	1.75	2.25	10.50	0.00		
2	28680	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	A-1	DEPARTAS	214 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	2.25	3.68	0.00		
3	28714	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	D-1	DEPARTAS	214 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	2.25	3.68	0.00		
4	28715	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	A-2	DEPARTAS	217	Concreto lo-08 ligeros	0.75	1.80	1.80	4.95	0.00		
5	28716	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	B-1	DEPARTAS	215 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.10	1.50	2.25	0.00		
6	28850	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	B-2	DEPARTAS	215 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	4.85	7.02	0.00		
7	28856	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	C-2	DEPARTAS	215 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	4.85	7.02	0.00		
8	28848	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	C-1	DEPARTAS	215 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.10	1.50	2.25	0.00		
9	28849	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	D-2	DEPARTAS	217	Concreto lo-08 ligeros	0.75	1.80	1.80	4.95	0.00		
10	28870	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	E-1	DEPARTAS	215 A	Concreto lo-08 ligeros	0.75	3.20	1.50	3.60	0.00		
11	28827	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	E-2	DEPARTAS	213	Concreto lo-08 ligeros	0.75	3.80	3.80	10.57	0.00		
12	28871	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	A-5	DEPARTAS	217	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.00	1.80	4.50	0.00		
13	28853	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	B-5	DEPARTAS	215 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	4.80	7.50	0.00		
14	28852	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	C-5	DEPARTAS	215 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	4.80	7.50	0.00		
15	28862	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	C-4	DEPARTAS	215 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	2.15	3.57	0.00		
16	28824	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	B-4	DEPARTAS	215 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.25	2.15	3.57	0.00		
17	28827	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	D-5	DEPARTAS	214 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.20	3.55	4.87	0.00		
18	28827	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	D-5	DEPARTAS	217	Concreto lo-08 ligeros	0.75	3.80	1.80	4.50	0.00		
19	28848	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	S-7	DEPARTAS	215 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	3.20	2.45	5.40	0.00		
20	28185	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	E-5	DEPARTAS	213	Concreto lo-08 ligeros	0.75	3.80	3.80	10.57	0.00		
21	28195	OMBEFACION	OMBEFACION	S1	ADMINISTRACION	DEPARTA	F-5	DEPARTAS	2115	Concreto lo-08 ligeros	0.75	8.20	2.80	11.80	0.00		
22	28196	OMBEFACION	OMBEFACION	S2	ADMINISTRACION	DEPARTA	A-4	DEPARTAS	214 B	Concreto lo-08 ligeros	0.75	2.20	3.55	4.87	0.00		

Fuente. Elaboración Propia

Figura 65. Base de datos para los gráficos dinámicos

ID	Form Constructiva	Material	Sección	Poste	Ancho	Ubicación	Elemento	Malla	Material estructural	# Anchos	longitud (m)	Factor (Kg/m)	Peso (Kg)	Volumen (m³)	Comentarios
1	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
2	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
3	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
4	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
5	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
6	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
7	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
8	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
9	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
10	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
11	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
12	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
13	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
14	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
15	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
16	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
17	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
18	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
19	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
20	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
21	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
22	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
23	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
24	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
25	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
26	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
27	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
28	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
29	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
30	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
31	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
32	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
33	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
34	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
35	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
36	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
37	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
38	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
39	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
40	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
41	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
42	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
43	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
44	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	
45	OBRERA	OBRERA	30	ADMINISTRACION	ACERO	ZAPATA	50	Armadura ASTM A601 Grado 60-50F	14	2,471	1,6	39,541	14,800	Interior	

Fuente. Elaboración Propia

Finalmente se obtiene un presentable de los metrados obtenidos del casquete estructural (Concreto, Encofrado, y Acero de refuerzo) , así mismo de las excavaciones simples, todo esto aplicándose de manera independiente a cada módulo de la muestra. Este presentable contiene una lista de elementos por cada partida, la cual se agregó el Id del elemento para la verificación correspondiente.

Figura 66. Presentable de metrados del casquete estructural

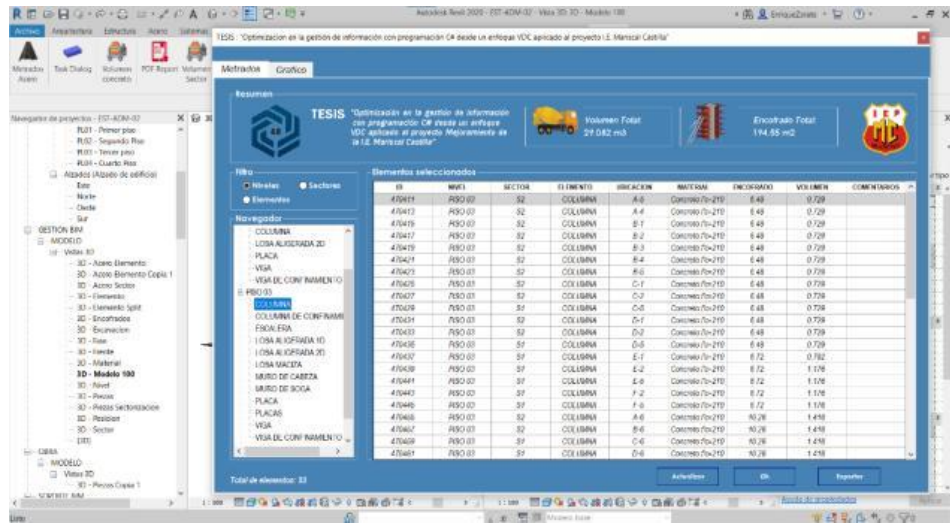
ID	Descripción	Cantidad	Unidad	Comentarios
294	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM²	5,78	M³	
345	ACERO P-4200 KG/CM² PARA ZAPATAS	0,06	M²	
396	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:3:6	473,05	M²	
422	RELLENO DE POLIESTIRENO DE 4"	60,35	M²	
449	BARBA DE CONCRETO ARMADO			
451	ZAPATAS	325,73	M³	
476	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM² - ZAPATAS	0,9624	M³	
479	PLATA DE CIMENTACIÓN			
486	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM² - PLATA DE CIMENTACIÓN	25,48	M³	
483	ACERO P-4200 KG/CM² PARA PLATA DE CIMENTACIÓN	3,842	M²	
486	VIGAS DE CIMENTACIÓN			
487	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=245 KG/CM² - VIGAS DE CIMENTACIÓN	21,39	M³	
525	ENCOFRADO Y DISEÑOCFRADO NORMAL EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	0,06	M²	
564	ACERO P-4200 KG/CM² PARA PLATA DE CIMENTACIÓN	4,243	M²	
567	COLUMNAS			
568	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=230 KG/CM² - COLUMNAS	340,21	M³	
631	ENCOFRADO Y DISEÑOCFRADO NORMAL EN COLUMNAS	964,84	M²	
661	ACERO P-4200 KG/CM² PARA COLUMNAS	25,548	M²	
664	PLACAS			
685	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=230 KG/CM² - PLACAS	54,62	M³	
1027	ENCOFRADO Y DISEÑOCFRADO NORMAL EN PLACAS	374,35	M²	
1060	ACERO P-4200 KG/CM² PARA PLACAS	4,929	M²	
1063	VIGAS			
1064	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=230 KG/CM² - VIGAS	380,70	M³	
1065	ENCOFRADO Y DISEÑOCFRADO NORMAL EN VIGAS	272,97	M²	
1015	ACERO P-4200 KG/CM² PARA VIGAS	25,748	M²	
1016	COLUMNETAS DE CONTINIAMIENTO			
1017	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=175 KG/CM² - COLUMNETAS DE CONTINIAMIENTO	25,54	M³	
1913	ENCOFRADO Y DISEÑOCFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE CONTINIAMIENTO	0,06	M²	
2002	ACERO P-4200 KG/CM² PARA COLUMNETAS DE CONTINIAMIENTO	4,816	M²	
2006	ACERO LISO PARA ANCLAR	265,00	kg	

Fuente. Elaboración Propia

5.3.5. Add-in Metrados Obra

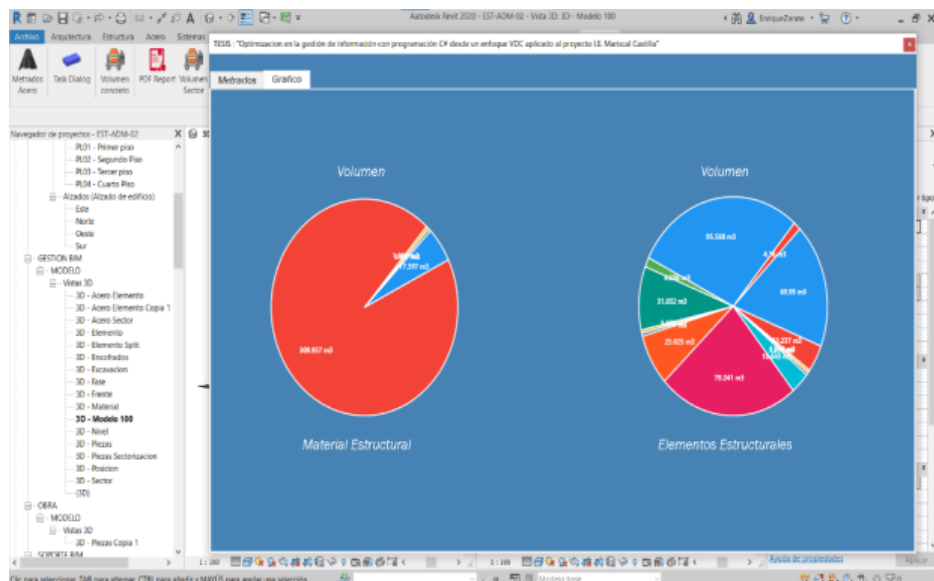
Este add-in se desarrolló con el fin de obtener el volumen de concreto y encofrado por cada elemento, iniciándose con una selección de elementos según criterio del responsable de la planificación de obra, en una etapa de ejecución, así mismo cuenta con filtro por nivel y elementos.

Figura 67. Interfaz del Add-in Metrados Obra



Fuente. Elaboración Propia

Figura 68. Gráficos circulares de volumen de concreto por elemento

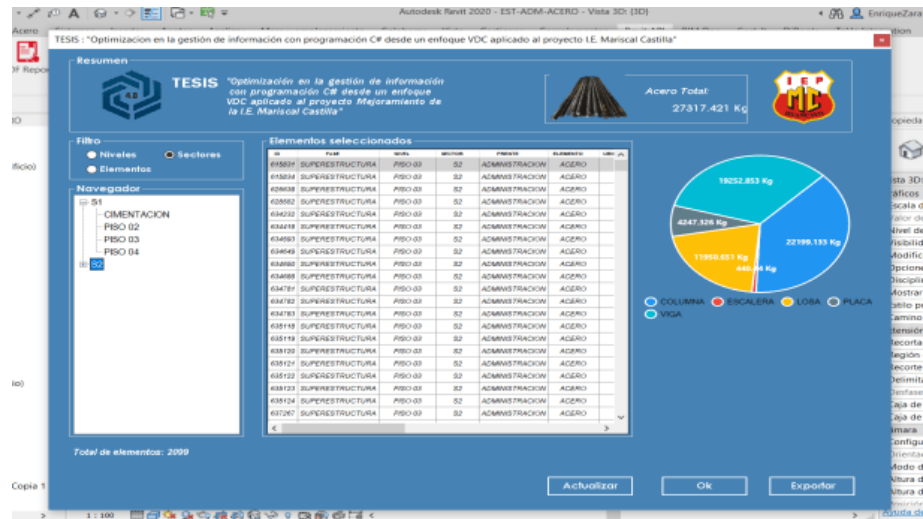


Fuente. Elaboración Propia

5.3.6. Add-in Acero Obra

Este add-in se desarrolló con el fin de obtener el kilaje de acero por niveles o por sector, de igual manera iniciándose con una selección de elementos según criterio del responsable de la planificación de obra.

Figura 69. Interfaz de metrados de Acero



Fuente. Elaboración Propia

5.3.7. Add-in Set Navisworks

Actualmente se hace un proceso manual en el programa Navisworks, para las búsquedas de selección, por ello fue necesario automatizar este proceso para la simulación constructiva, ya que se requiere enlazar sets.

Figura 70. Desarrollo del Add-in Set Navisworks en VS

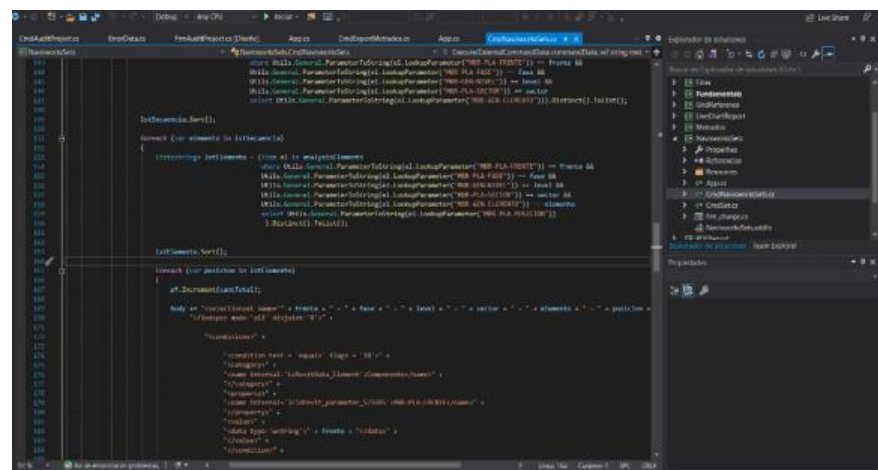
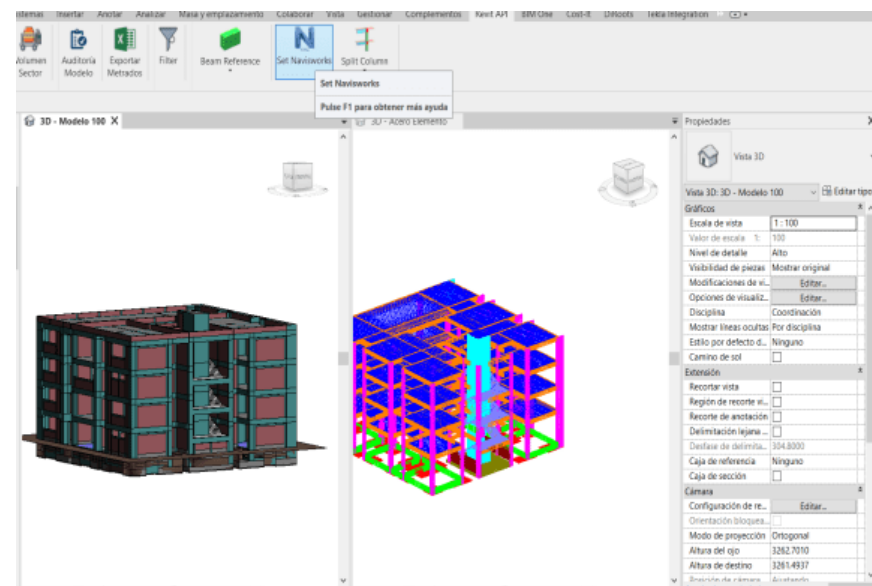


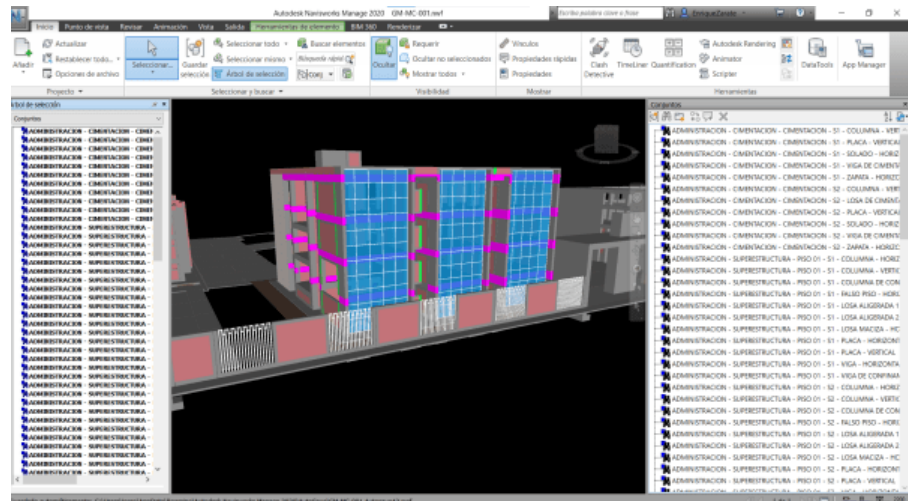
Figura 71. Icono del add-in Set Navisworks



Fuente. Elaboración Propia

Este add-in se inició seleccionando todo el modelo, la cual recolecta la información como: Frente, fase, sector, elemento y posición y de acuerdo estos datos exportan a un archivo .XML la cual se importa en Navisworks

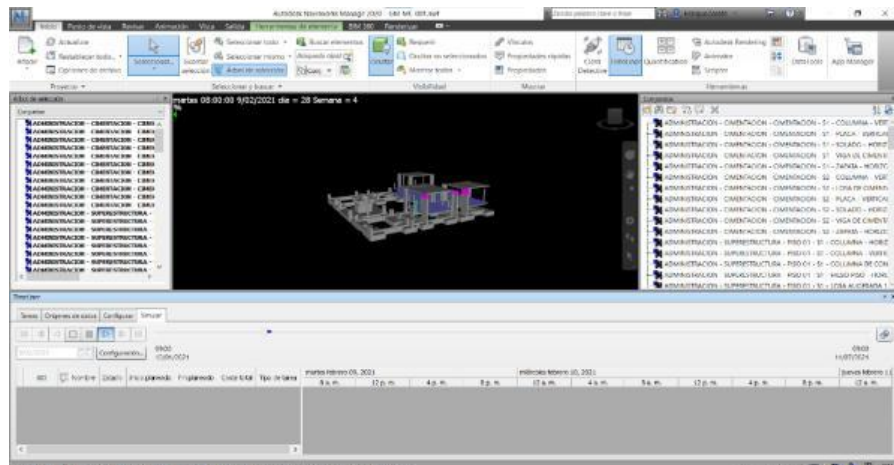
Figura 72. Importación del set de búsqueda mediante el archivo XML



Fuente. Elaboración Propia

Finalmente se obtuvo la simulación constructiva enlazando automáticamente a los sets a partir de este archivo .XML importado

Figura 73. Simulación Constructiva enlazado a cada set de búsqueda



Fuente. Elaboración Propia

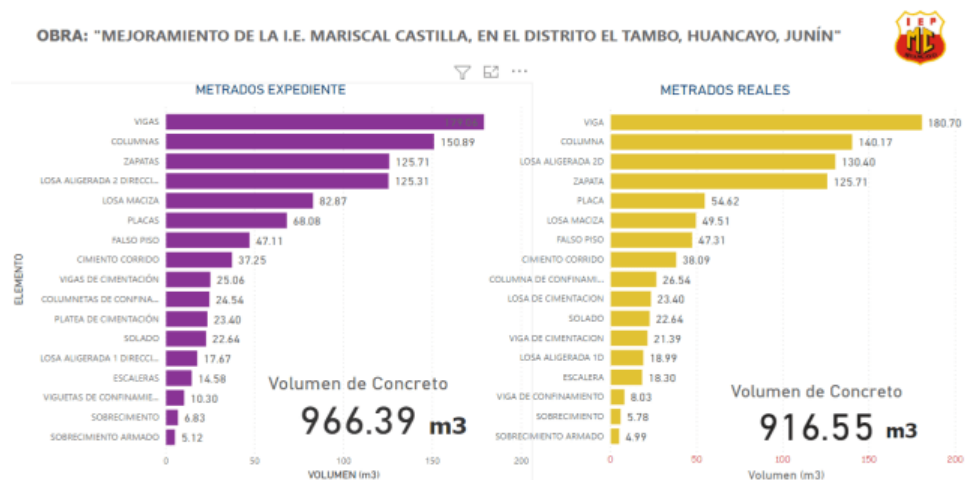
5.4. Resultados del tratamiento y análisis de la información

5.4.1. Metrados del casquete estructural

5.4.1.1. Consolidación de metrados

Después de haber aplicado los add-ins a la muestra se obtuvo la consolidación de metrados tanto para concreto, encofrado y acero. Por ello se comparó los resultados y se detalla en los siguientes gráficos dinámicos que fueron enlazados a la hoja de Excel donde se almacena la información exportada de Revit.

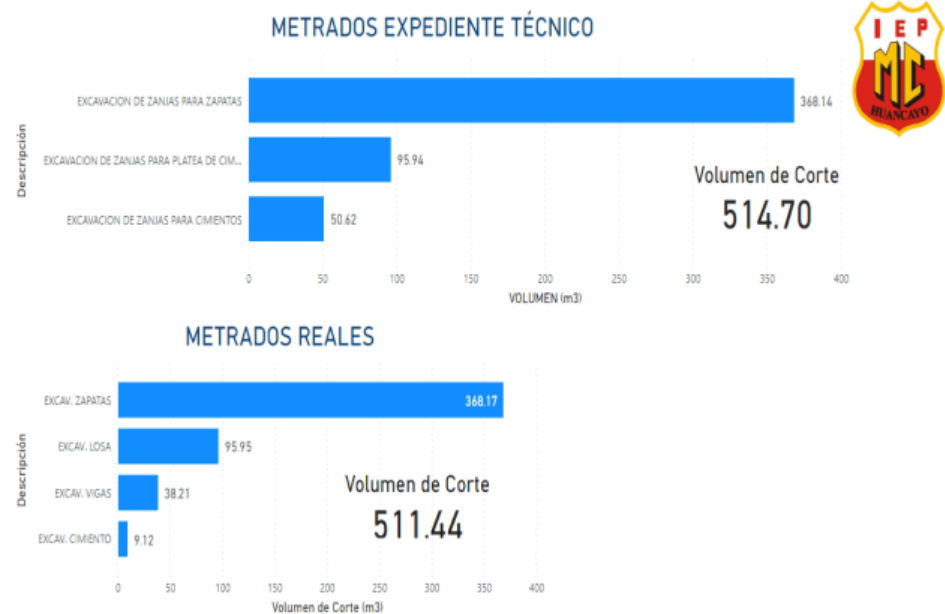
Figura 74. Volumen de concreto usando el add-in para el módulo Administrativo



Fuente. Elaboración Propia

Figura 75. Volumen de excavación usando el Add-in para el módulo Administrativo

OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"

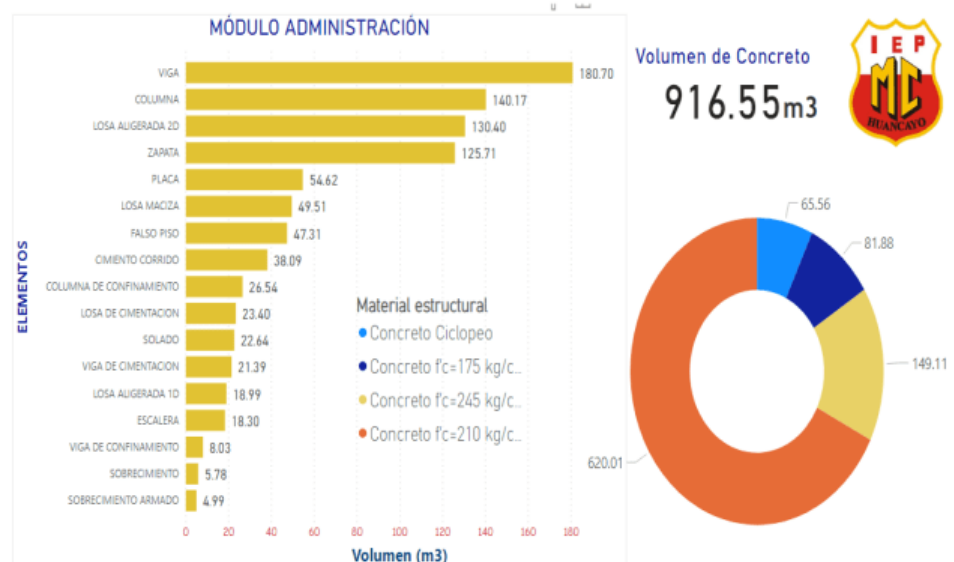


Fuente. Elaboración Propia

En la Figura 76 se aprecia el volumen de concreto por el f'c de concreto, por cada elemento usando el add-in.

Figura 76. Volumen de concreto por material estructural M.A.

OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



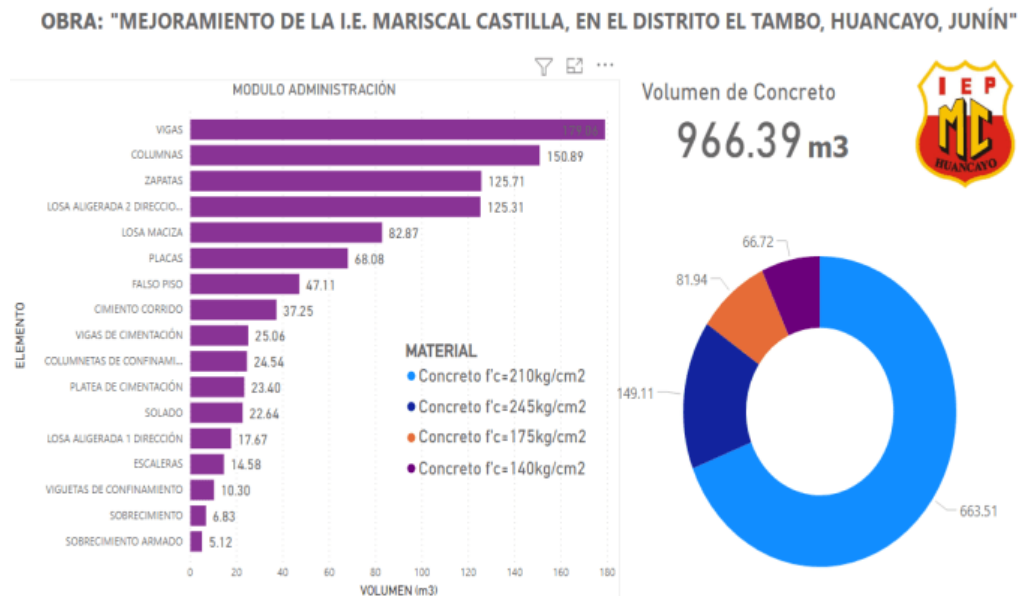
Fuente. Elaboración Propia

Figura 77. Kilaje de Acero de refuerzo usando el Add-in en el módulo Administrativo



Fuente. Elaboración Propia

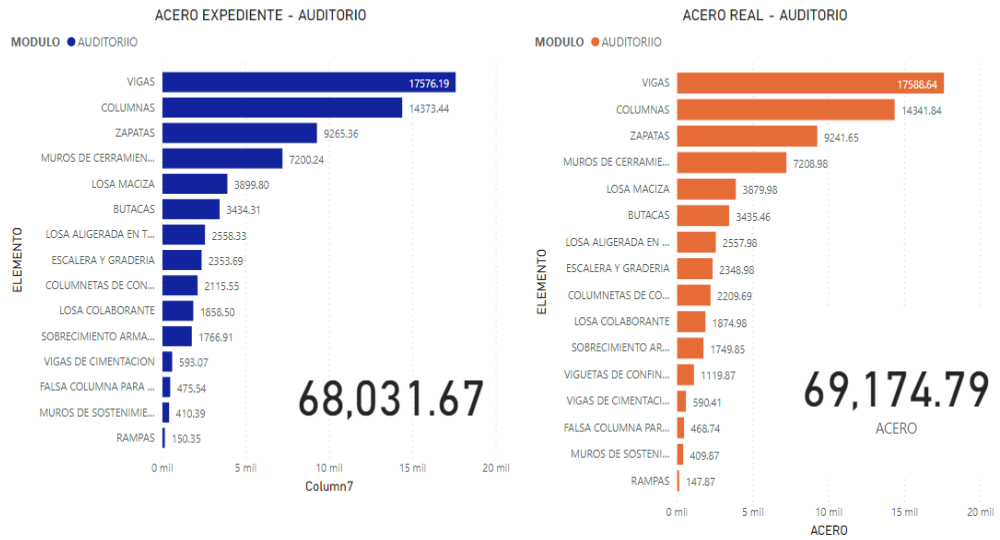
Figura 78. Volumen de concreto según expediente del módulo administrativo



Fuente. Elaboración Propia

Figura 79. Kilaje de acero usando Add-in en el módulo Auditorio

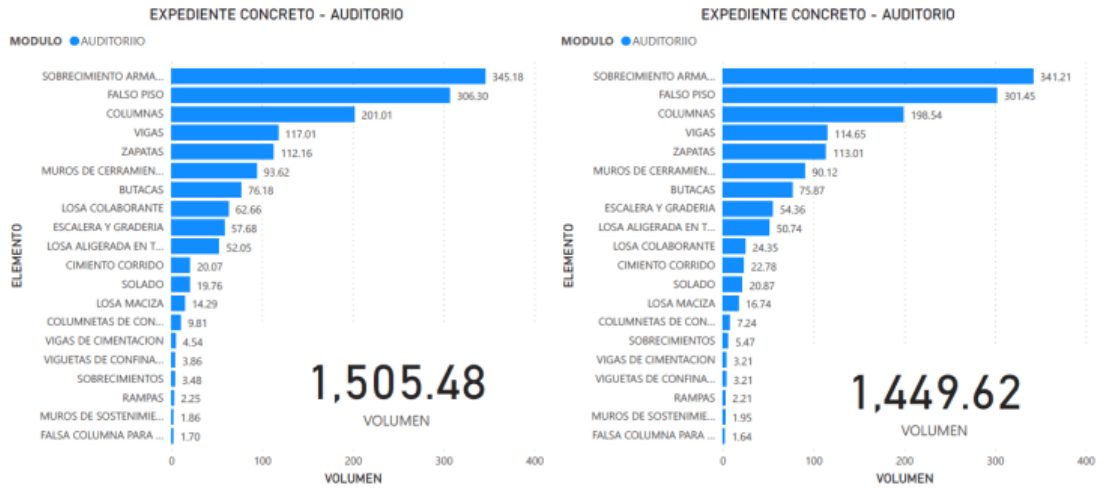
OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

Figura 80. Volumen de concreto usando Add-in en el módulo Auditorio

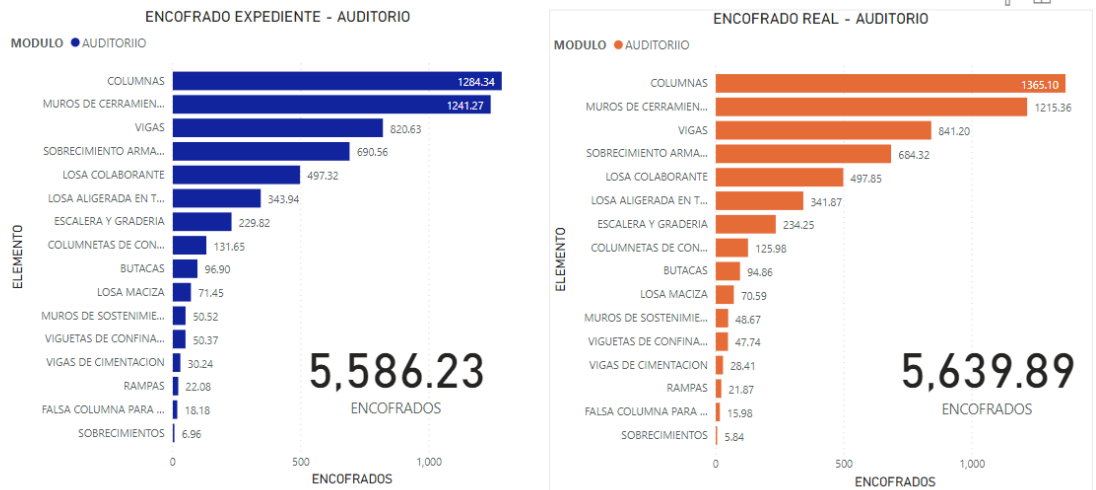
OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

Figura 82. Área de encofrado usando el Add-in en el módulo Auditorio

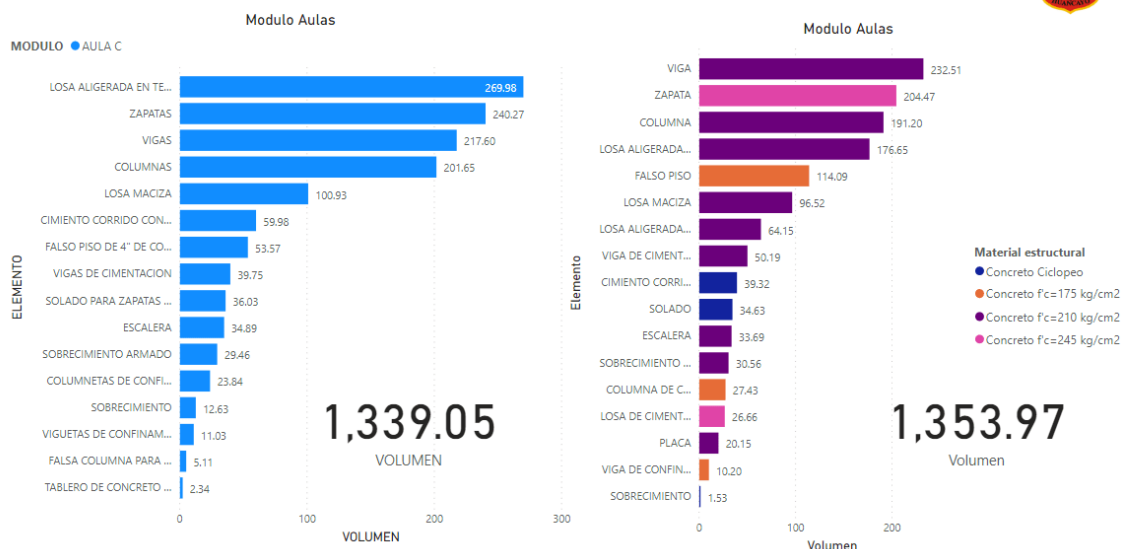
OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

Figura 83. Volumen de concreto usando el Add-in en el módulo Aulas

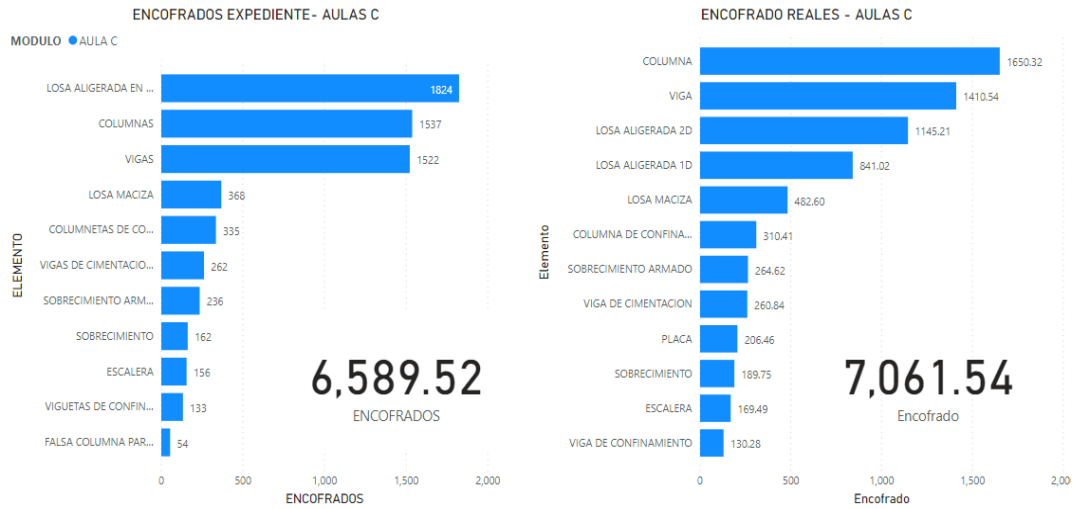
OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

Figura 84. Área de encofrado usando el Add-in en el módulo Aulas

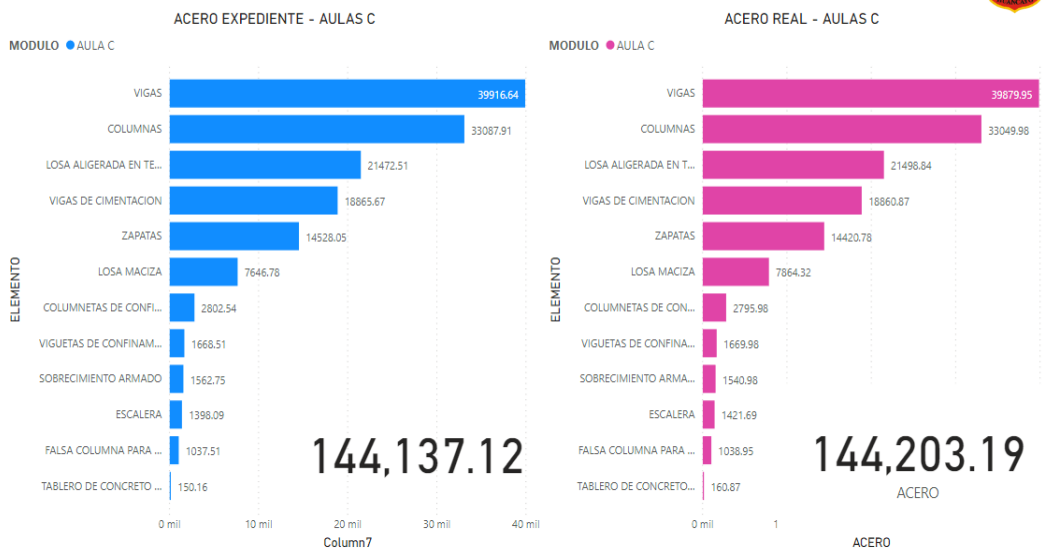
OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

Figura 85. Kilaje de acero usando el Add-in en el módulo Aulas

OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA I.E. MARISCAL CASTILLA, EN EL DISTRITO EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN"



Fuente. Elaboración Propia

5.4.1.2. Rendimiento en la obtención de metrados de concreto, encofrado y acero

En la tabla siguiente se muestra los resultados del rendimiento que tomó obtener los metrados del volumen de concreto, área de encofrado y kilaje de acero de los módulos, aplicando el add-in mencionado anteriormente. Estos rendimientos fueron validados por los profesionales de algunas empresas participantes de la licitación a quienes se entrevistó y que necesitaron obtener sus metrados reales para tener en cuenta en la presentación de ofertas.

Las tablas siguientes muestran el rendimiento (Pre Test) que tendrían sobre la muestra estudiada en cada empresa según su experiencia, por ende, se asignó una letra a cada empresa entrevistada.

A= Consultora Constructora Montalvan M&K S.A.C

B = Consultores y Contratistas RAVI S.A.C.

C= Aquarium Engineering S.A.C.

Tabla 01. Rendimiento (Pre-Test) módulo Administrativo

Módulo Adminstrat.	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	584.40 m2								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.80 horas	0.50 horas	0.60 horas	2.00 horas	2.25 horas	2.00 horas	3.00 horas	2.80 horas	3.50 horas
Rendimiento	1683.6 m2/hh	2693.76 m2/hh	2244.80 m2/hh	292.20 m2/hh	259.73 m2/hh	292.20 m2/hh	194.80 m2/hh	208.71 m2/hh	166.97 m2/hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 02. Rendimiento (Pre-Test) módulo Auditorio

Módulo Auditorio	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	821.562 m ²								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.80 horas	0.50 horas	0.60 horas	1.80 horas	1.75 horas	1.90 horas	2.50 horas	2.25 horas	3.00 horas
Rendimiento	1683.6 m ² /hh	2693.76 m ² /hh	2244.80 m ² /hh	456.42 m ² /hh	469.464 m ² /hh	432.40 m ² /hh	328.62 m ² /hh	365.14 m ² /hh	273.85 m ² /hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 03. Rendimiento (Pre-Test) módulo Aulas

Módulo Aulas	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	1346.88 m ²								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.80 horas	0.50 horas	0.60 horas	1.20 horas	1.35 horas	1.35 horas	1.80 horas	2.00 horas	2.50 horas
Rendimiento	1683.6 m ² /hh	2693.76 m ² /hh	2244.80 m ² /hh	1122.40 m ² /hh	997.69 m ² /hh	997.69 m ² /hh	748.27 m ² /hh	673.44 m ² /hh	538.75 m ² /hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 04. Rendimiento (Post-Test) módulo Administrativo

Módulo Administ.	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	584.40 m2								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.10 horas	0.10 horas	0.10 horas	0.10 horas	0.10 horas	0.10 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas
Rendimiento	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	3437.65 m2/hh	3437.65 m2/hh	3437.65 m2/hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 05. Rendimiento (Post-Test) módulo Auditorio

Módulo Auditorio	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	821.562 m2								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.50 horas	0.50 horas	0.50 horas
Rendimiento	3286.25 m2/hh	3286.25 m2/hh	3286.25 m2/hh	3286.25 m2/hh	3286.25 m2/hh	3286.25 m2/hh	1643.12 m2/hh	1643.12 m2/hh	1643.12 m2/hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 06. Rendimiento (Post-Test) módulo Aulas

Módulo Aulas	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	1346.88 m ²								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas
Rendimiento	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	5387.52 m ² /hh	5387.52 m ² /hh	5387.52 m ² /hh

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 07. Rendimiento (Post-Test) módulo Aulas

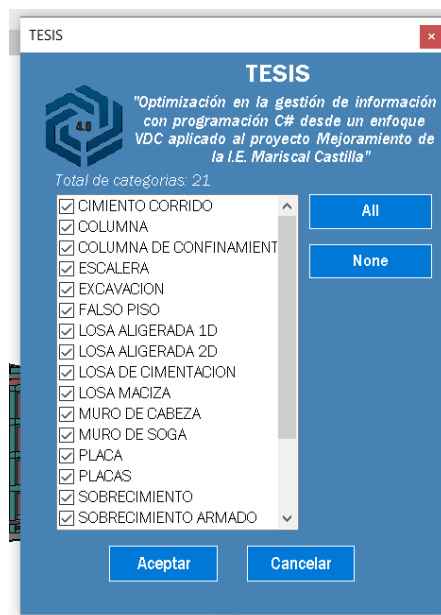
Módulo Aulas	Concreto			Encofrado			Acero		
Área del módulo	1346.88 m ²								
Fecha	22/01/2021								
Cant. Modeladores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tiempo que demandaría según la experiencia	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.17 horas	0.25 horas	0.25 horas	0.25 horas
Rendimiento	3437.65 m ² /hh	3437.65 m ² /hh	3437.65 m ² /hh	3437.65 m ² /hh	3437.65 m ² /hh	3437.65 m ² /hh	2337.60 m ² /hh	2337.60 m ² /hh	2337.60 m ² /hh

Fuente. Elaboración Propia

5.4.1.3. Evaluación de la amigabilidad del interfaz

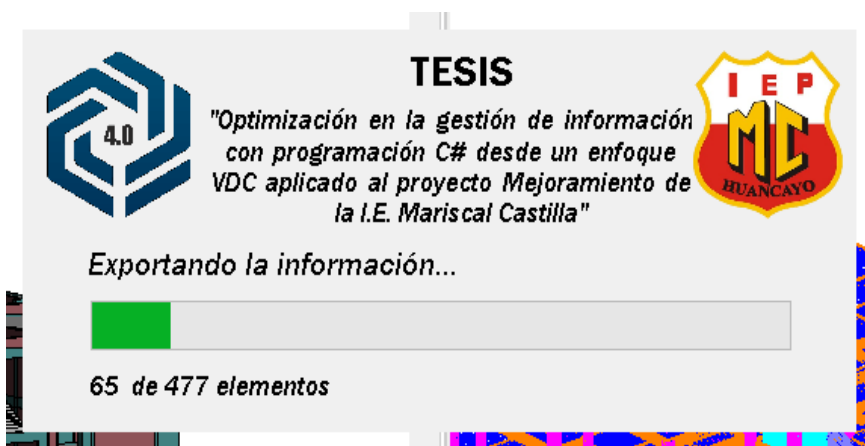
Para que el usuario pueda extraer fácilmente, se desarrolló un interfaz la cual permitió gestionar con facilidad, para esto nos basamos en las entrevistas en donde evaluaron el add-in y su amigabilidad del interfaz.

Figura 86. Interfaz de filtro del add-in Exportar metrados



Fuente. Elaboración Propia

Figura 87. Interfaz de carga del Addin Exportar Metrados



Fuente. Elaboración Propia

Tabla 08. Escala valorada al interfaz

Empresa	Escala (1 -10)
A	9
B	8
C	9

Fuente. Elaboración Propia

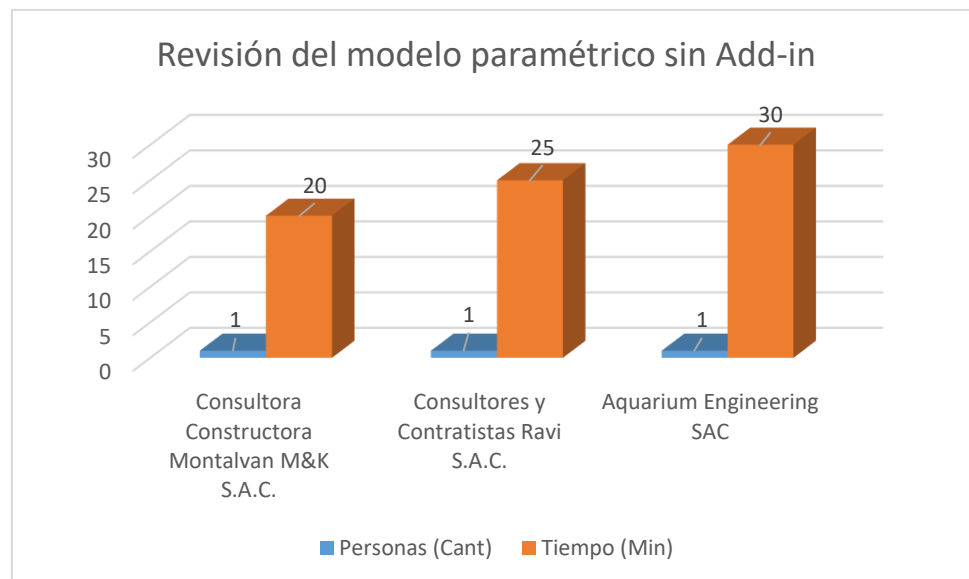
5.4.2. Auditoría del modelo

5.4.2.1. Revisión del modelo parametrizado

Para garantizar que el proyecto se ha modelado y parametrizado correctamente según los estándares BIM de cada empresa, y obtener metrados confiables, se necesita saber cuánto tiempo demanda realizar una revisión del modelo paramétrico de la muestra, por ello se obtuvo los siguientes resultados

El tiempo que demanda revisar el modelo paramétrico de una forma tradicional en Revit sin usar add-in, se obtuvieron de las entrevistas a los profesionales de las empresas de la licitación.

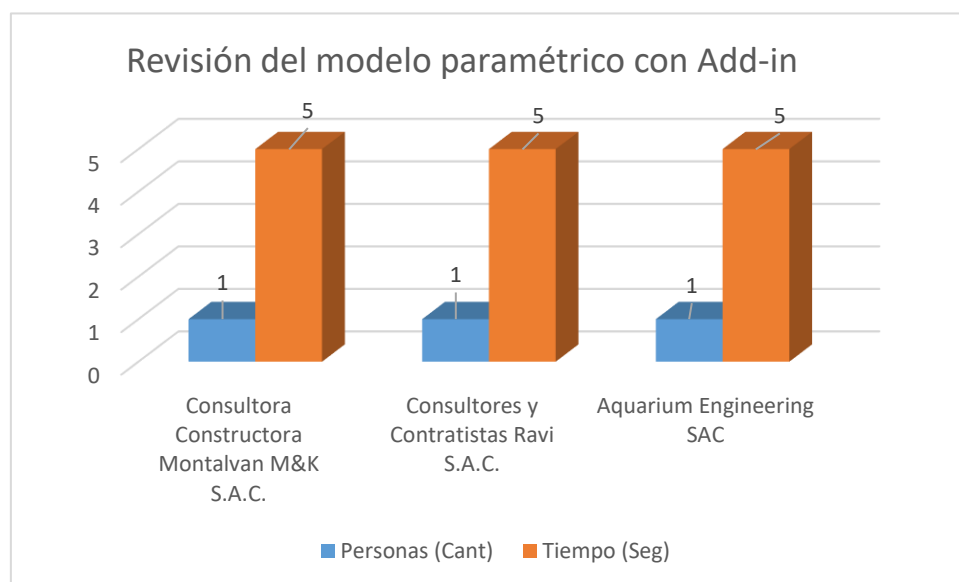
Figura 88. Tiempo de revisión (Pre-Test) del modelo paramétrico de la muestra



Fuente. Elaboración Propia

El tiempo que demandó usando el Add-in fue validado por las empresas, la cual se demostró en forma presencial en sus oficinas.

Figura 89. Tiempo de revisión (Post-Test) del modelo paramétrico de la muestra



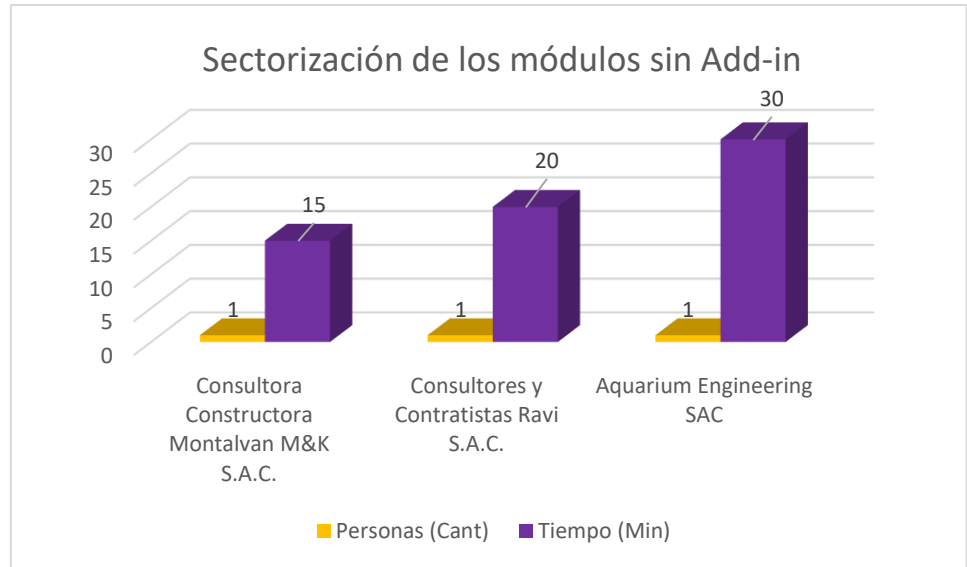
Fuente. Elaboración Propia

5.4.3. Planeamiento del ritmo de producción de obra

5.4.3.1. Tiempo demandado para la sectorización

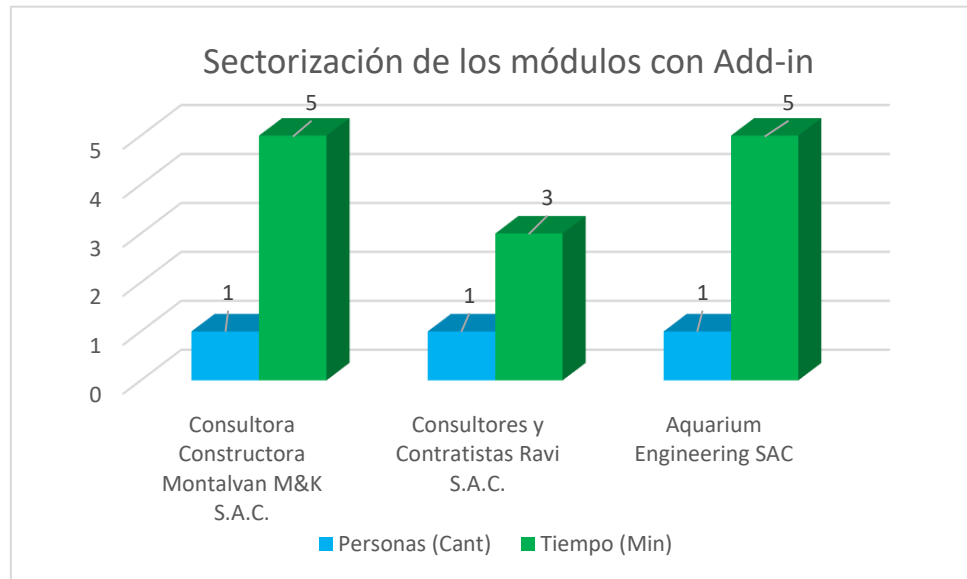
Para la planificación de obra es necesario sectorizar el proyecto, la cual permite un ritmo de producción constante, por ello se evaluó mediante las encuestas el tiempo y recursos que demanda sectorizar hacerlo de una forma tradicional la muestra analizada y después usando el Add-in.

Figura 90. Tiempo demandado (Pre-test) para sectorizar



Fuente. Elaboración Propia

Figura 91. Tiempo demandado (Post-Test) para sectorizar

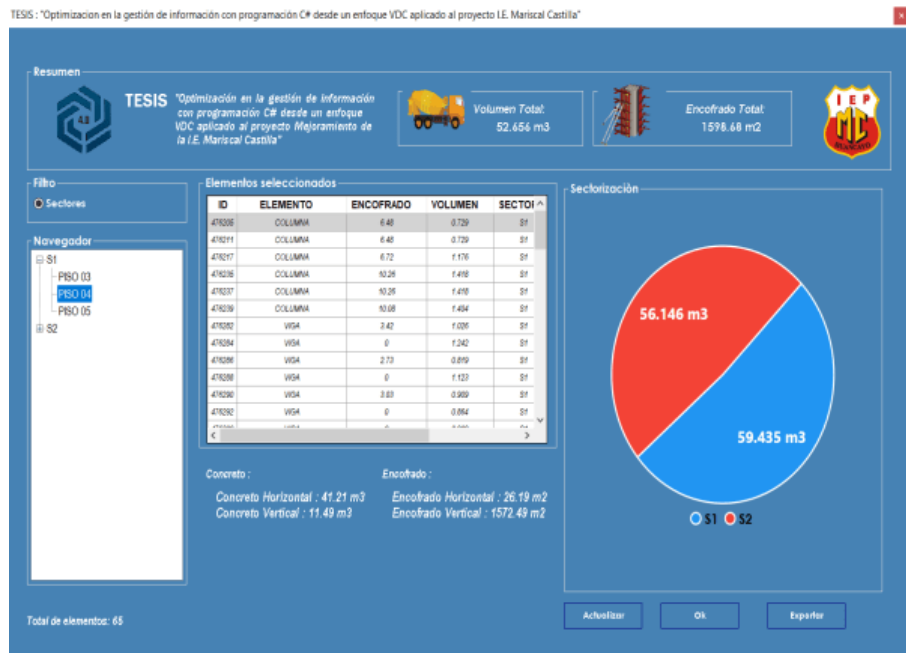


Fuente. Elaboración Propia

5.4.3.2. Evaluación de la amigabilidad del interfaz de usuario

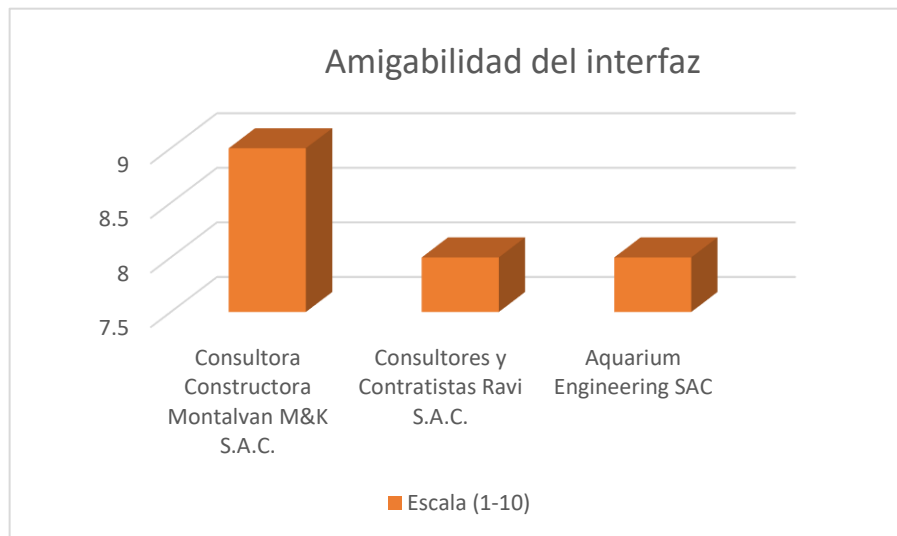
Fue necesario evaluar el interfaz, ya que debe tener una facilidad en su manejo para todos los usuarios

Figura 92. Interfaz del Add-in Sectorización



Fuente. Elaboración Propia

Figura 93. Calificación del Interfaz del Add-in Sectorización



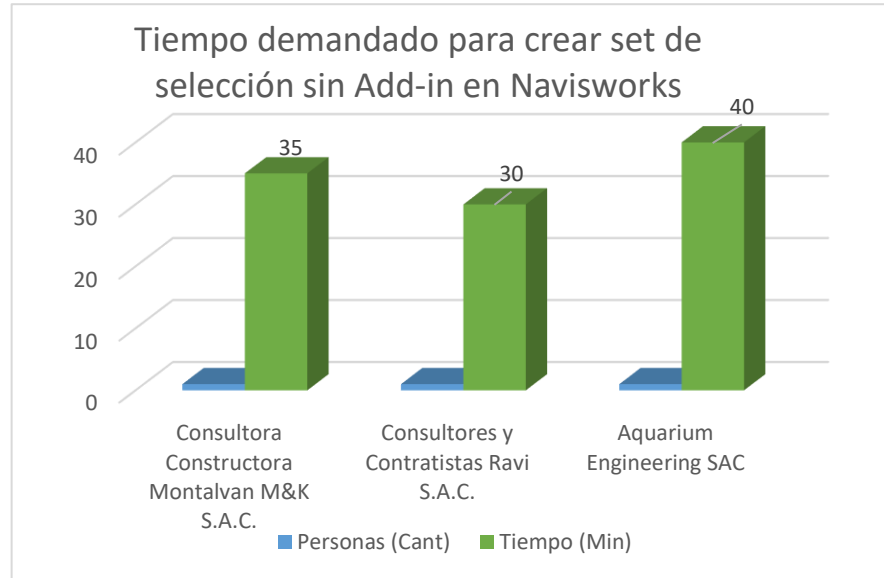
Fuente. Elaboración Propia

5.4.3.3. Tiempo que demandó en realizar el set de selección para la simulación constructiva 4D

Se evaluó usando el programa de Navisworks, en la cual se hizo la simulación constructiva 4D, y se aplicó el add-ins descrito

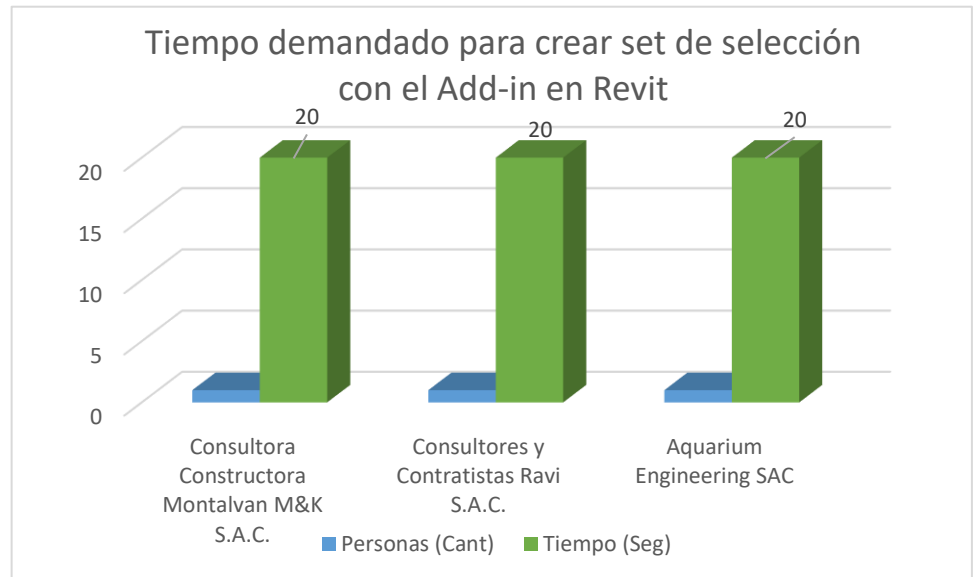
anteriormente, obteniendo como resultados sin add-in (pre-test) y usando el add-in (post-test)

Figura 94. Tiempo demandado (Pre-Test) para genera el set de selección



Fuente. Elaboración Propia

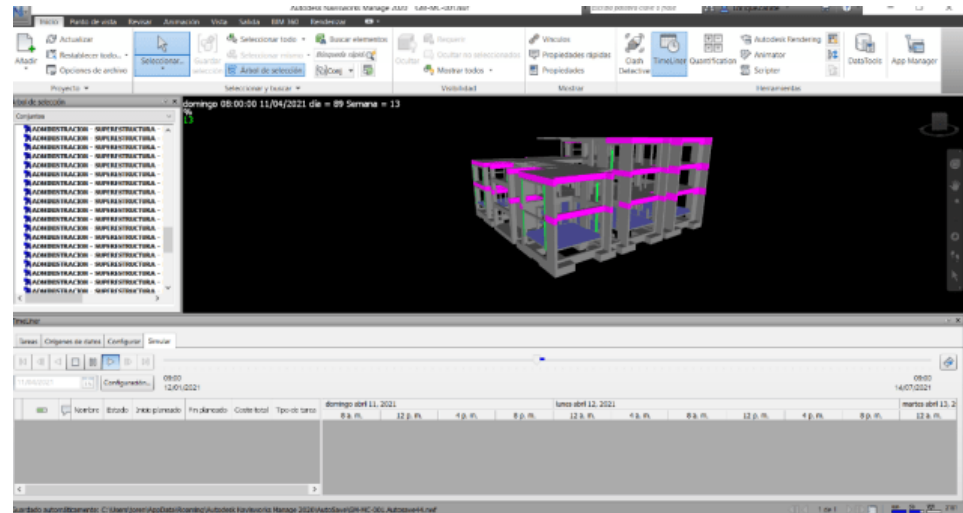
Figura 95. Tiempo demandado (Post-Test) para genera el set de selección



Fuente. Elaboración Propia

A partir de este set de selección exportada automáticamente desde Revit mediante el Add-in, se pudo realizar la simulación constructiva 4D.

Figura 96. Simulación Constructiva en Navisworks



Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Rendimiento optimizado en la extracción de metrados del casquete estructural

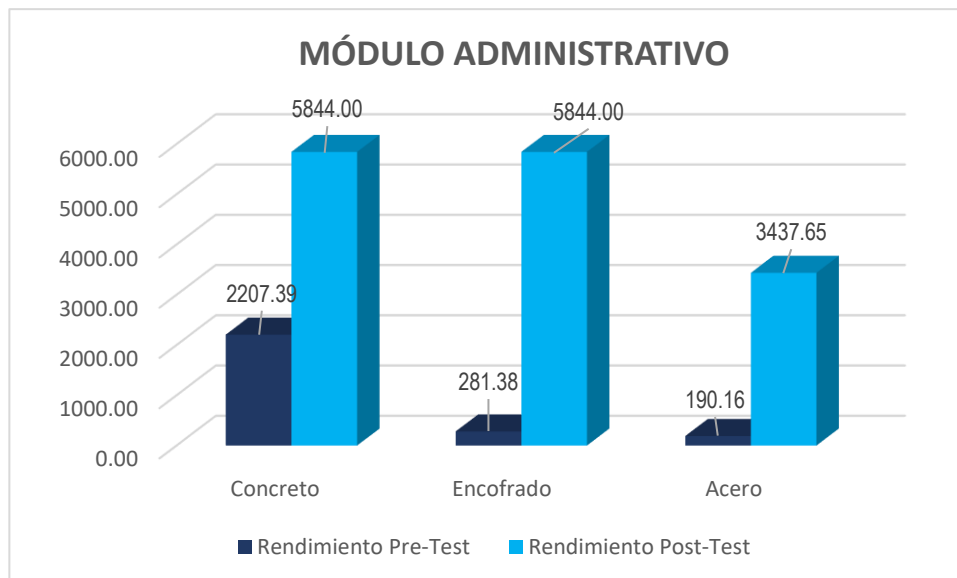
Los gráficos siguientes muestran el rendimiento optimizado al extraer los metrados de concreto, encofrado y acero de la muestra aplicando los add-ins, que fueron desarrollados con programación C-Sharp.

Tabla 09. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Admins.

Módulo Administrativo	Concreto	Encofrado	Acero
Rendimiento (Pre - Test)	2207.39 m2/hh	281.38 m2/hh	190.16 m2/hh
Rendimiento (Post - Test)	5844.00 m2/hh	5844.00 m2/hh	3437.65 m2/hh

Fuente. Elaboración propia

Figura 97. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Administrativo



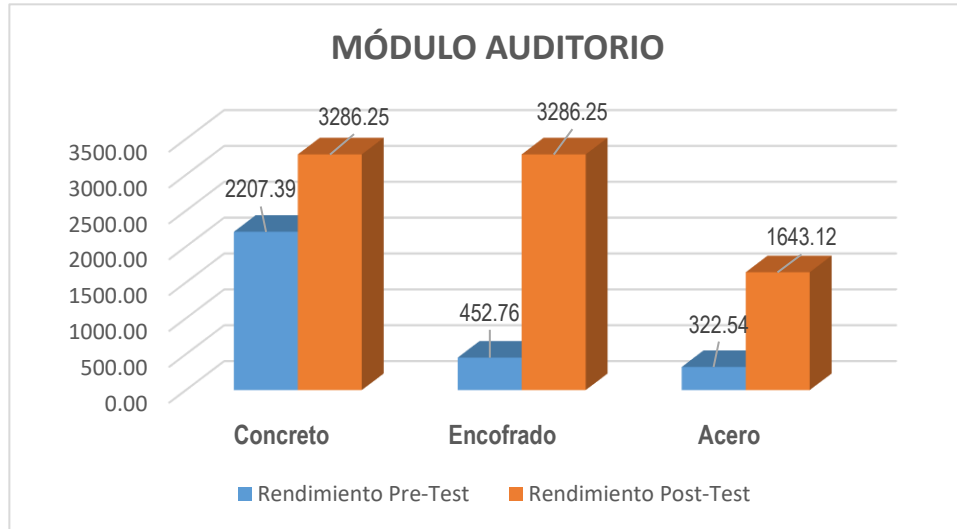
Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Auditorio

Módulo Auditorio	Concreto	Encofrado	Acero
Rendimiento Pre-Test	2207.39 m ² /hh	452.76 m ² /hh	322.54 m ² /hh
Rendimiento Post-Test	3286.25 m ² /hh	3286.25 m ² /hh	1643.12 m ² /hh

Fuente. Elaboración propia

Figura 98. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Auditorio

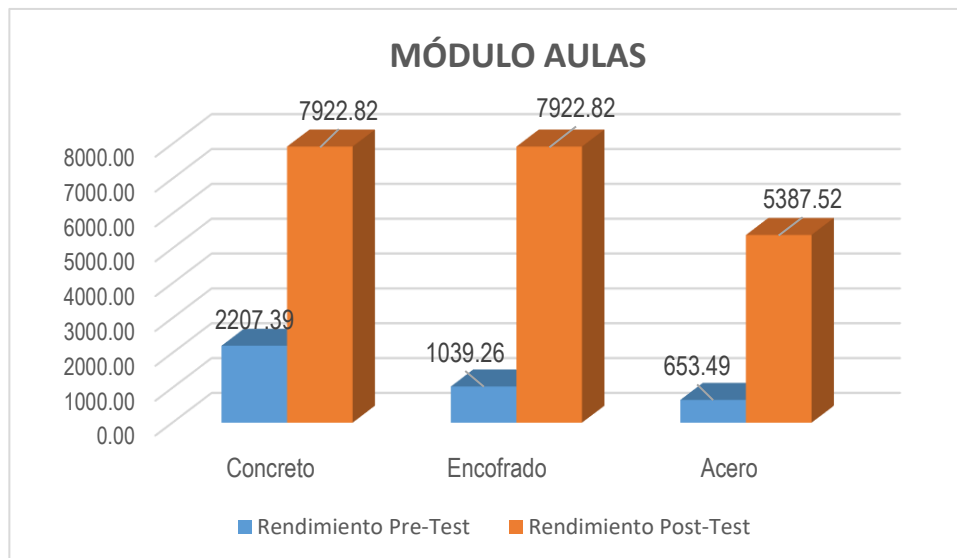


Fuente. Elaboración propia

Tabla 11. Rendimientos en la extracción de metrados – Modulo Aulas

Módulo Aulas C	Concreto	Encofrado	Acero
Rendimiento Pre-Test	2207.39 m ² /hh	1039.26 m ² /hh	653.49 m ² /hh
Rendimiento Post-Test	7922.82 m ² /hh	7922.82 m ² /hh	5387.52 m ² /hh

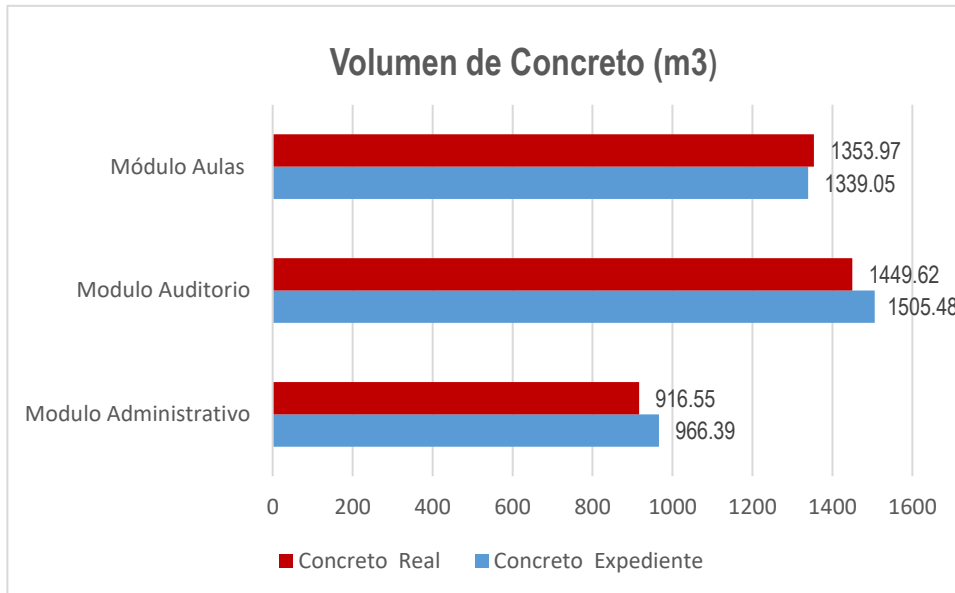
Figura 99. Gráfico comparativo de rendimiento – Módulo Aulas



6.2. Consolidación de metrados

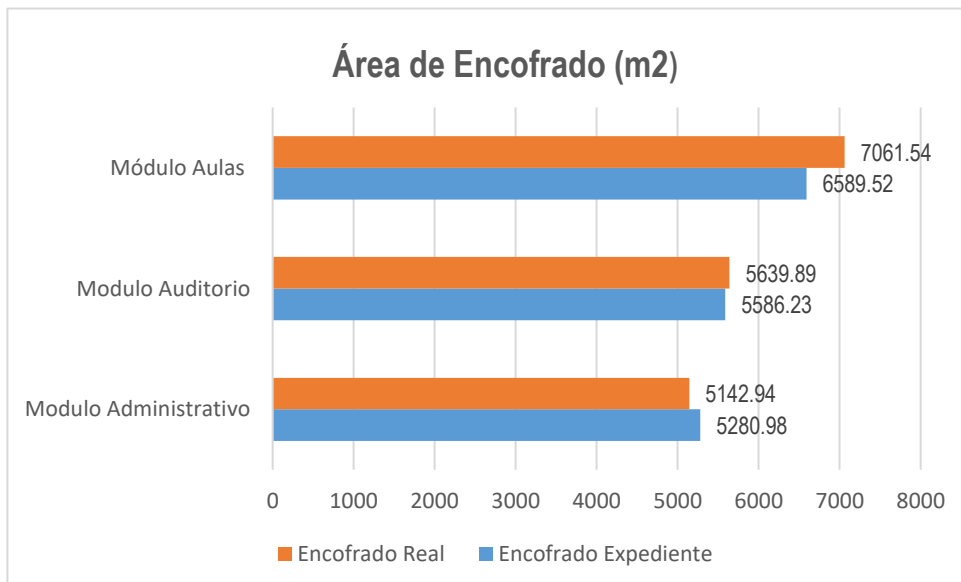
En los siguientes gráficos se compara los metrados del expediente técnico con los metrados obtenidos con el add-in Exportar Metrados

Figura 100. Volumen de concreto comparativo



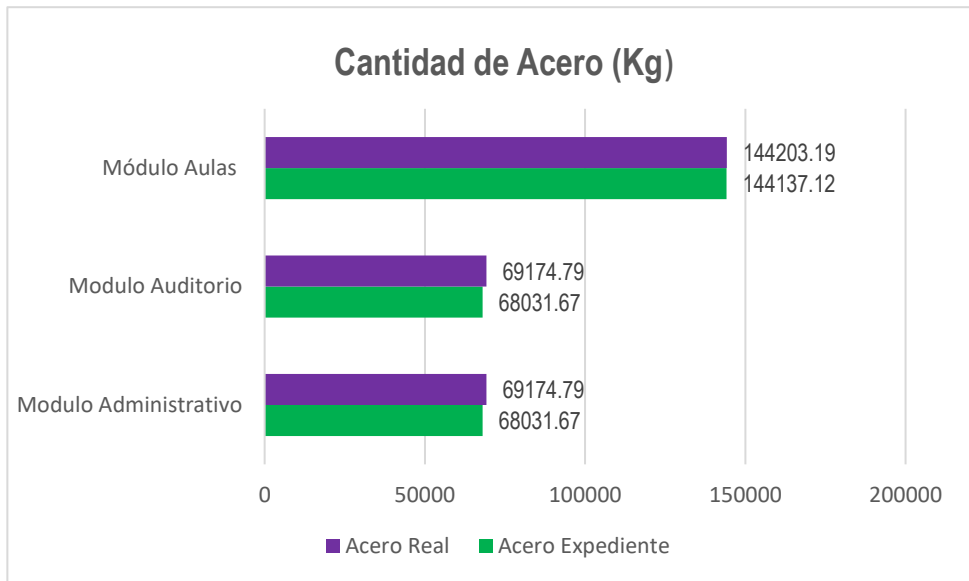
Fuente. Elaboración Propia

Figura 101. Área de Encofrado comparativo



Fuente. Elaboración Propia

Figura 102. Comparación de la cantidad de acero por módulo



CONCLUSIONES

1. La aplicación de los add-ins generados mediante la programación C-Sharp aumentó el rendimiento en la extracción de los metrados de un modelo BIM en las empresas que usan la metodología VDC de una forma convencional, asegurando que el tiempo es un factor importante en la gestión, así mismo si no se cuenta con plantillas de tablas de planificación en el programa de Revit, tomaría mucho tiempo, la cual se tendría un bajo rendimiento, por otra parte, los resultados obtenidos fueron tomados en cuenta para su presentación de ofertas.
2. La aplicación de los add-ins mediante la programación C-Sharp redujeron el tiempo de revisión del modelo paramétrico de los modelo BIM entre 19 a 20 minutos, logrando como tiempo demandado para realizar una auditoria en 5 segundos.
3. El add-in de sectorización fue el segundo más aceptado por las empresas constructoras, ya que permitió balancear volúmenes de concreto y encofrados para el tren de actividades, así mismo el add-in de set de selección para la simulación constructiva tomó 20 segundos sin la necesidad de realizar un proceso convencional en el programa de Navisworks.

RECOMENDACIONES

1. Para el desarrollo de complementos o add-ins ejecutados en Autodesk Revit se recomienda tener conocimientos básicos en el lenguaje de programación C-Sharp (C#) usando Visual Studio 2019, caso contrario se recomienda usar Dynamo para automatizar procesos debido a su gran facilidad, usando programación visual.
2. Se recomienda explorar más la API de Revit para automatizar actividades complejas y repetitivas en un modelo 3D de otras especialidades (instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas) que permitan optimizar el tiempo de procesos manuales o convencionales que Revit presenta por defecto. Por ello se sugiere revisar más la página Revit API Docs., GitHub.
3. Para los presentables de metrados del casquete estructural en la elaboración de expedientes técnicos con metodología BIM se sugiere usar el add-in propuesto para obtener de manera rápida, confiables y reales, por ello se necesitará personalizar el add-in para cada empresa o entidad según sus estándares BIM
4. Para el modelado del acero de refuerzo se recomienda usar Revit si son proyectos pequeños, caso contrario se recomienda usar Tekla ya que es un programa de alto rendimiento para el modelado de acero de refuerzo de proyectos complejos, y posterior a ello incorporar add-ins mediante su API que permitan automatizar procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonacid Flores, K. L., Navarro Luna, J. K., & Rodas Benites, I. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología Bim en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta"* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/617477>
- Braul Moreno, A. E., & Rios Rugel, R. G. (2018). *Automatización en la elaboración del presupuesto y calendario valorizado a nivel de casco estructural en la etapa de licitación de un proyecto de edificación* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12106>
- Castro León, E. Z. (2016). *Teoría y práctica de la investigación científica* (2016).
- Ccora Huaman, N. (2018). *Costo de las interferencias constructivas de edificaciones con la aplicación de la metodología BIM* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1949/Jorge Meza - Segura Alania.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1949/Jorge%20Meza%20-%20Segura%20Alania.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cosapi. (2019). *Universidad Stanford usa ampliación de la Videna para dar cátedra global*. <http://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=2290>
- CosapiOficial. (2019). *Ampliación de la Videna: metodologías y tecnologías de primer nivel*. https://www.youtube.com/watch?v=f9o_KxMa1iU&t=2s&ab_channel=CosapiOficial
- Díaz Valdivia, J. C. (2018). *Implementación De Tecnología Bim-Vdc Para La Gestión Del Diseño Y Construcción De Instalaciones Mecánicas Eléctricas, Caso Retail Restaurantes Ekeko, Arequipa 2017-2018*. [Universidad Católica de Santa María]. <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6136/71.0585.IS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Franco de Souza Ferreyra, P. E., Galán Tirapo, D. J., & García Linares, J. J. (2017). *Aplicación de la metodología VDC a la construcción de edificios multifamiliares de baja densidad . Caso de estudio : Edificio San Fernando 263 en Miraflores , Lima - Perú* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623976>
- García Gonzales, A. (2016). *Entornos virtuales de construcción volumétrica en acero* [Universidad Politécnica de Cataluña]. <http://hdl.handle.net/10803/97244>
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic).
- Huamani Fernández, H. (2019). *Propuesta De Modelado En Objetos Bim Para Automatización De Metrados De Acuerdo a La Norma Técnica Aplicada a Una Edificación En Huamanga-Ayacucho-2019* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3644>
- Kensek, K. M. (2014). Integration of Environmental Sensors with BIM: Case studies using Arduino, Dynamo, and the Revit API. *Informes de La Construcción*, 66(536). <https://doi.org/10.3989/ic.13.151>
- Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM : modelado paramétrico, modelado algorítmico [Universidad Politécnica de Cataluña]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/457875>
- Martínez Ayala, S. J. (2019). *Propuesta de una metodología para implementar las tecnología VDC-BIM en la etapa de diseño de los proyectos de edificación.*
- Microsoft. (2013). Guía de programación C#- Microsoft. *Guía de C#, 01(01)*, 2044. <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>
- Moraleda, P. (2018). *Descripción del BIM como herramienta para la gestión de información.* <https://hospitecnia.com/documentacion/bim-gestion-informacion/>

- PMBOK. (2013). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE LOS PROYECTOS. In *Quinta Edicion* (Vol. 38).
- Ramirez Rodriguez., D. G. (2018). *Aplicación de BIM (Building Information Modeling) en la Formulación de Proyectos Inmmobiliarios*. [Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15597/tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- Ramos Mamani, J. F. (2019). *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* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10636>
- Robledano, A. (2019). *Qué es Python: Características, evolución y futuro*. 23 Setiembre. <https://openwebinars.net/blog/que-es-python/>
- Rojas Sacatuma, J. (2017). *Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados, especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK*. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1775>

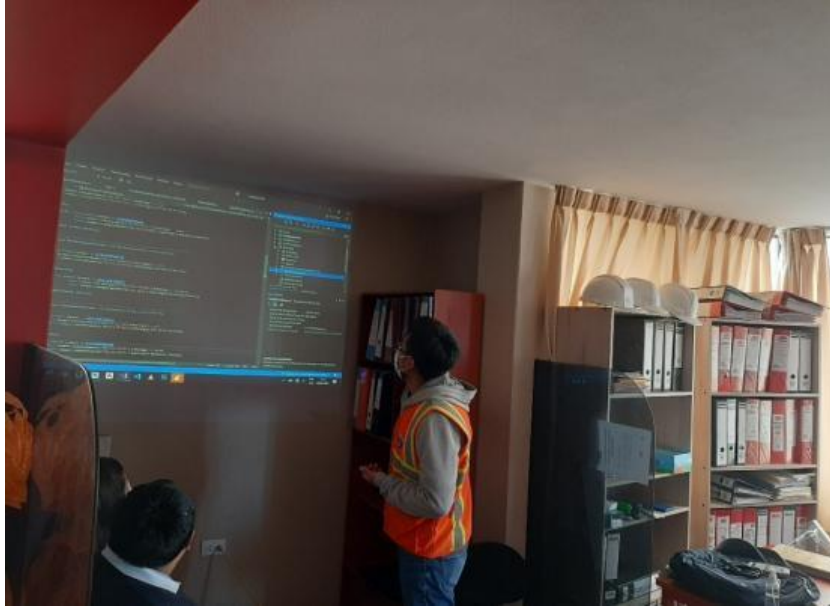
ANEXO 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General ¿Cuáles son los resultados de la gestión de información con programación C-Sharp aplicado al proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>a. ¿Cuál es el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?</p> <p>b. ¿Cuánto es el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?</p> <p>c. ¿En qué medida favorece la programación C-Sharp en el planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla?</p>	<p>Objetivo General Determinar los resultados de la gestión de información con programación C-Sharp aplicado al proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p> <p>b. Determinar el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico con programación C-Sharp del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p> <p>c. Explicar en qué medida favorece la programación C-Sharp en el planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p>	<p>Antecedentes Internacionales</p> <p>a. "Aplicación del BIM (Building Information Modeling) en la formulación de proyectos inmobiliarios" (Ramírez, 2018).</p> <p>b. "Automatización de modelamiento BIM con el programador algorítmico visual Dynamo en la elaboración de planos" (Taco, 2019).</p> <p>c. "Entornos virtuales de construcción volumétrica en acero" (García, 2016).</p> <p>d. "Generación y control de formas libres en entornos BIM" (Larrondo, 2017).</p> <p>Antecedentes Nacionales</p> <p>a. "Aplicación de la metodología VDC a la construcción de edificios multifamiliares de baja densidad. Caso de estudio: Edificio San Fernando 263 en Miraflores, Lima – Perú" (Galán & García, 2017).</p> <p>b. "Implementación de tecnología BIM-VDC para la gestión del diseño y construcción de instalaciones mecánicas eléctricas, caso retail restaurantes ekeko, Arequipa 2017-2018" (Díaz, 2018).</p> <p>c. "Uso del Dynamo para Revit en la mejora de la gestión de información y modelado en un hotel" (Monjaras, 2019)</p> <p>d. "Costo de las interferencias constructivas de edificaciones con la aplicación de la Metodología BIM" (Ccora, 2018).</p> <p>e. "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" (Ramos, 2019)</p>	<p>Hipótesis General La programación C-Sharp genera resultados favorables en la gestión de información del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla.</p> <p>Hipótesis Específicos</p> <p>a. La programación C-Sharp aumenta significativamente el rendimiento en la obtención de metrados del casquete estructural del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p> <p>b. La programación C-Sharp reduce significativamente el tiempo demandado en la auditoría del modelo paramétrico del proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p> <p>c. La programación C-Sharp mejora significativamente el proceso de planeamiento de producción para el proyecto Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla</p>	<p>Variable Dependiente (Y) Gestión de información</p> <p>Dimensiones: - Metrados del casquete estructural</p> <p>- Auditoría del modelo parametrizado</p> <p>- Planeamiento del ritmo de producción</p> <p>Variable Independiente Programación C-Sharp desde un enfoque VDC</p> <p>Dimensiones: - Desarrollo de Add-ins para Revit</p> <p>- Lenguaje orientada a objetos.</p>	<p>Tipo de Investigación Tecnológica</p> <p>Nivel de Investigación Explicativo</p> <p>Diseño de Investigación Pre-Experimental</p> <p>Población Proyectos de infraestructuras educativas desde enfoque VDC en la etapa de licitación</p> <p>Tipo de Muestreo No probabilístico Criterio: Estudio de caso</p> <p>Muestra Proyecto "Mejoramiento de la I.E. Mariscal Castilla"</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos Observación Cuestionarios</p> <p>Técnica de procesamiento de datos</p>

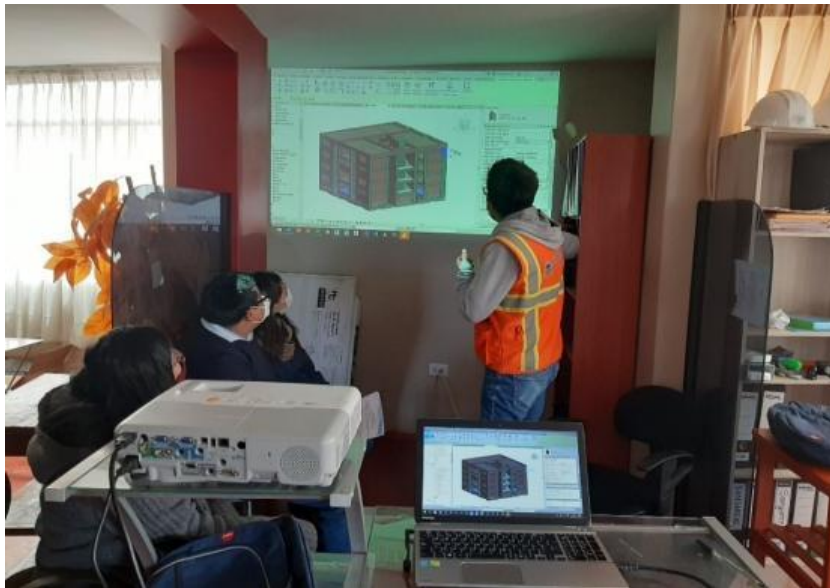
ANEXO 02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente (X) Programación C-Sharp desde un enfoque VDC	Virtual Design Construction (VDC) es una metodología que trabaja con información centralizada en un modelo 3D , que comprende la automatización de procesos complejos y repetitivos, que son ejecutados mediante add-ins, estos son desarrollados con las API's de las herramientas BIM con un lenguaje de programación C-Sharp para el caso de Revit, ya que es un lenguaje orientada a objetos. (Kensek, 2018).	Usado como un lenguaje de programación para la creación de Add-in para el programa Autodesk Revit, permitiendo automatizar procesos según la necesidad del proyecto modelado, ayudándose con la API de Revit que facilita un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos del software.	Desarrollo de Add-ins para Revit	- Tiempo demandado de programación
			Revit API	- Cantidad de Add-ins
				- Cantidad de Clases
				- Cantidad de Métodos
Variable dependiente (Y) Gestión de Información	La gestión de información en proyectos BIM, es el tratamiento que se le da a la información modelada para diferentes usos, como es la obtención de metrados, presupuestos, planeamiento de producción y otros en las diferentes etapas de un proyecto de construcción. (Rojas, 2017)	Usado para el tratamiento de información de proyectos modelados (BIM), partiendo del modelo paramétrico para diferentes usos BIM, así mismo comprende la revisión de modelos para obtener información confiable y real en los metrados de las múltiples disciplinas.	Metrados del casquete estructural	- Rendimientos en la obtención de metrado de encofrados
			Auditoría del Modelo Parametrizado	- Rendimientos en la obtención de metrado de concreto
				- Rendimientos en la obtención de metrado de acero
				- Tiempo demandado en la revisión del modelo paramétrico
Planeamiento del ritmo de Producción	- Tiempo demandado en el proceso de la sectorización			
	- Tiempo demandado para la simulación constructiva			

ANEXO 03: Fotografías de las encuestas



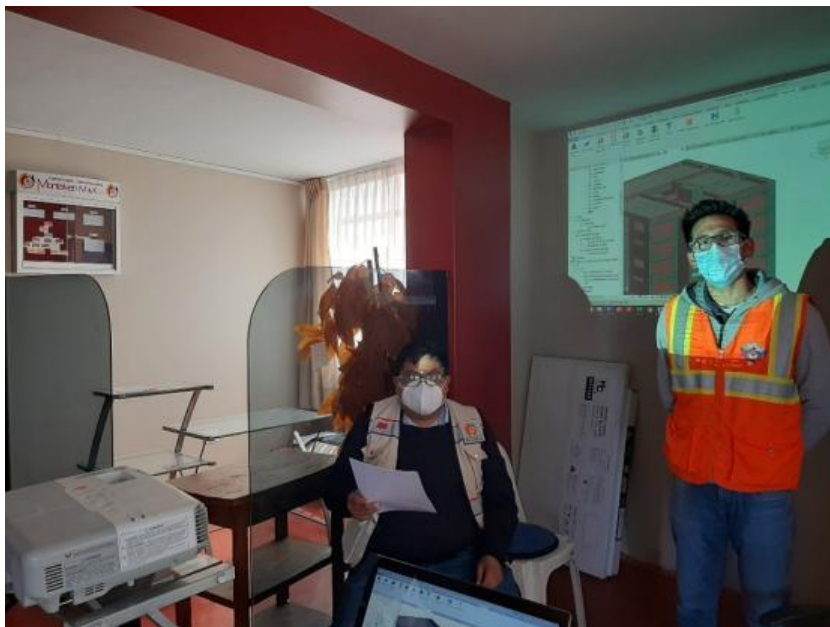
Fotografía 01. Mostrando el desarrollo de los Add-in con programación C-Sharp a la empresa constructora Montalvan



Fotografía 02. Demostración de la gestión de información de la muestra con la aplicación de los Add-ins, empresa Constructora Consultora Montalván M&K S.A.C



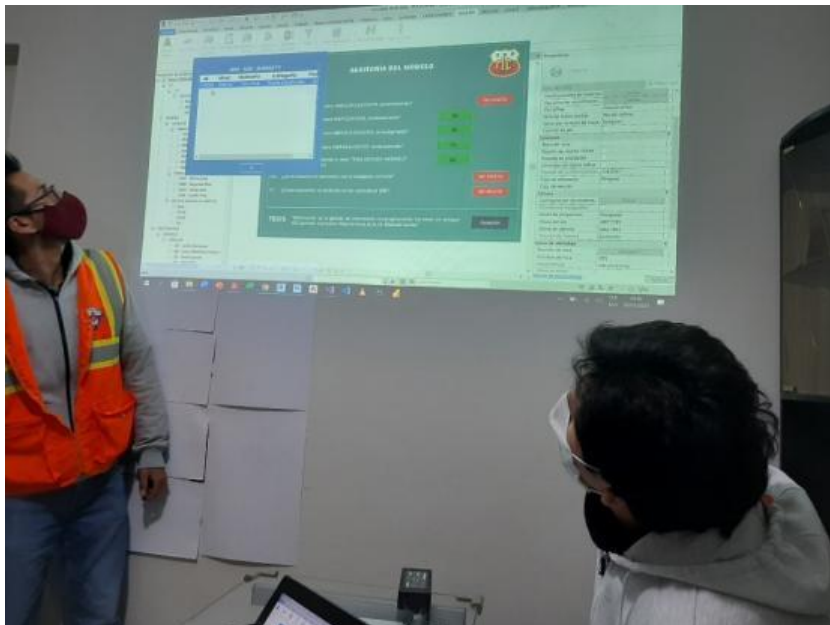
Fotografía 03. Exposición de metrados reales de los módulos administrativo, auditorio, aulas.



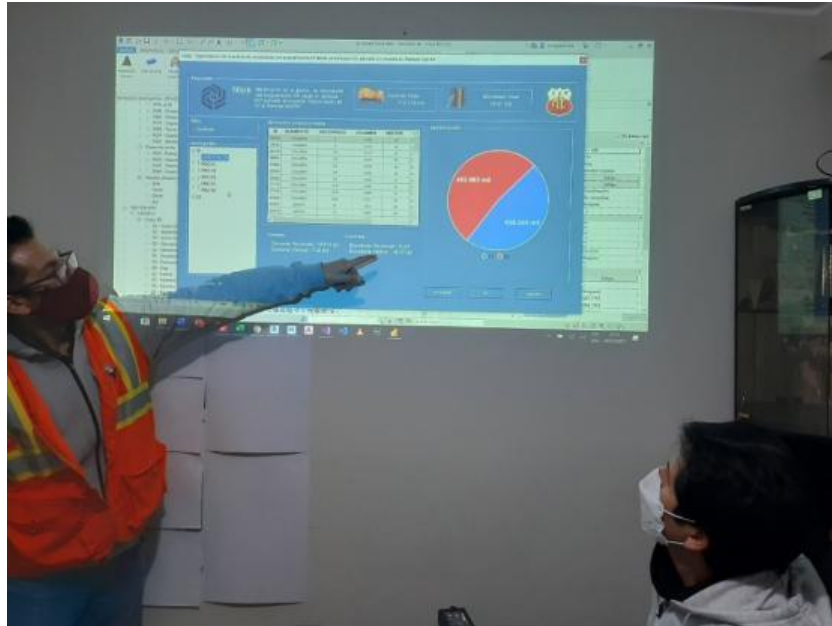
Fotografía 04. Profesional Entrevistado para la recolección de datos.



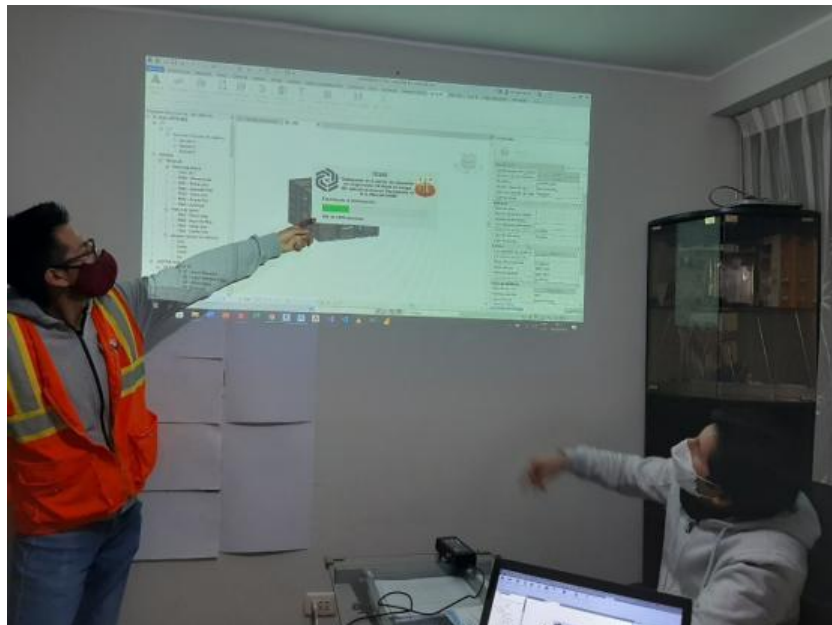
Fotografía 05. Entrevista realizada al gerente de la empresa Consultores y Contratistas RAVI S.A.C.



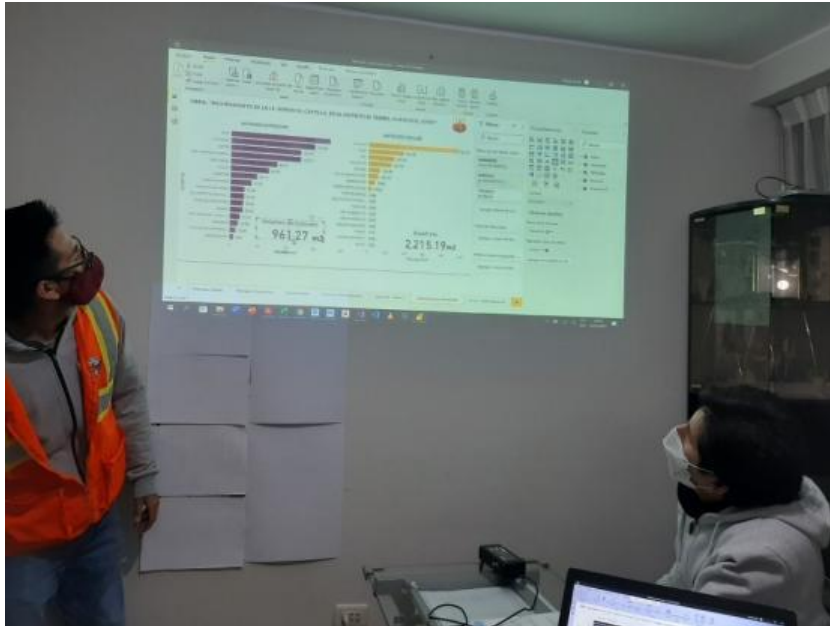
Fotografía 06. Aplicación del add-in Auditoria de modelo a los modelos de la muestra



Fotografía 07. Demostración de la aplicación del add-in Sectorización a los modelos en Revit



Fotografía 08. Exportación de la información a la planilla de Excel



Fotografía 09. Exposición de los resultados de metrados reales



Fotografía 10. Entrevista realizada al gerente de la empresa Aquarium Engineering S.A.C



Fotografía 11. Aplicación del Add-in Exportación de metrados



Fotografía 12. Entrevista realizada al Arq. Luis Osos - GRJ

ANEXO 04: Encuestas realizadas

ENCUESTA DE TESIS

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

INVESTIGADOR: Bach. Jorge Enrique Zarate Yauri

TESIS: "Optimización en la gestión de información con programación C-Sharp desde un enfoque VDC aplicado al proyecto I.E. Mariscal Castilla"

I. INTRODUCCIÓN:

Esta encuesta es realizada a las empresas participantes de la licitación de la obra I.E. Mariscal Castilla, con fines de recolectar datos para dicha Tesis, para ello el investigador le explicará los detalles de la investigación para su conocimiento y después se procederá a entrevistarlo.

II. DATOS DE CLASIFICACIÓN:

RNP COMO:

CONSULTORÍA: EJECUTOR DE OBRAS: AMBOS:

¿ACTUALMENTE USA LA METODOLOGÍA BIM/VDC EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN:

SI NO

¿ACTUALMENTE USA REVIT COMO HERRAMIENTA BIM ?

SI NO

III. CUESTIONARIO:

1. ¿Qué tiempo en horas le demanda extraer los metrados del casquete estructural de la forma tradicional sin usar Revit y/o usando Revit? ¿Con cuantas personas?

ACTUALMENTE USAMOS REVIT 2019 PARA EXTRAER METRADOS, LA CUAL SE TIENE UNA PLANTILLA PARA LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS Y SE TRABAJA DE UNA MANERA CONVENCIONAL (REVIT POR DEFECTO) TARDANDO 1 O 2 HORAS POR MODULO (CASO CASTILLA), SOLO 1 PERSONA LO REALIZA

2. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría los tiempos de metrar el casquete estructural en la etapa de licitación? ¿Cuánto tiempo se ahorró?

POR SUPUESTO QUE SÍ, POR LO EXPUUESTO EN MI OFICINA, DEMOSTRO QUE USANDO EL ADD-IN SE DEMORÓ 2 MINUTOS EN EXTRAER LOS METRADOS A UNA HOJA EXCEL PERSONALIZADA, LA CUAL PERMITIÓ COMPARAR LO REAL CON LO DEL EXPEDIENTE.

3. ¿Considera usted confiable los datos obtenidos a partir de los add-ins?

SI, YA QUE SE COMPROBÓ MANUALMENTE ALGUNOS ELEMENTOS RESULTANDO QUE SON IGUALES LOS DATOS USANDO ESTE ADD-IN.

4. ¿Recomendaría a las demás empresas usar este add-in para obtener metrados rápidos y confiables?

SI, TANTO PARA LA ETAPA DE LICITACION, EN LA CUAL BUSCAMOS SABER LOS METRADOS REALES PARA TENER EN CUENTA EN LA PRESENTACION DE OFERTAS, ASI MISMO PARA LA ELABORACIÓN DE METRADOS DE UN EXPEDIENTE TÉCNICO

5. ¿Cuánto tiempo en horas le demanda revisar el modelo paramétrico en Revit de la forma tradicional?

NOS DEMANDA APROXIMADAMENTE $1\frac{1}{2}$ HORA EN VERIFICAR SI LOS PARAMETROS HAN SIDO BIEN RELLENADOS O NO, YA QUE DEPENDE DE ESTO PARA GESTIONAR LA INFORMACIÓN

6. ¿Considera que el Add-in le ayuda a optimizar tiempos para revisar el modelo paramétrico y reducir errores de parametrizado?

POR LO EXPUESTO, SE DEMORÓ APROX. 15 SEGUNDOS EN REVISAR LOS PARAMETROS, Y SE VIÓ QUE TE INDICA LOS ELEMENTOS A CORREGIR, LO CUAL HACE MÁS FÁCIL EL PROCESO DE REVISIÓN, A COMPARACION DE 20 MINUTOS CUENOS TOMA REVISAR CADA MÓDULO.

7. ¿Aplica trenes de trabajo para el planeamiento del ritmo de producción en sus obras?

SI, YA QUE PERMITE UN TRABAJO MÁS DETALLADO.

8. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría el tiempo para generar una simulación constructiva real?

ACTUALMENTE LO REALIZAMOS DE UNA MANERA TRADICIONAL EN NAVISWORK, LA CUAL ES MUY TEDIOSO SI NO TENEMOS UNOS CONJUNTOS DE SELECCIÓN AUTOMÁTICO, POR ELLO ESTE AYUDÓ A GENERAR RÁPIDO EL SET DE SELECCIÓN QUE SE USA PARA LA SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA. NORMALMENTE DEMORAMOS 35 MINUTOS SIN ESE ADD-IN, PERO AHORA APLICANDO ETE ADD-IN, VIMOS QUE SALIÓ EN 20 SEGUNDOS

9. ¿Considera que el add-in le permitió sectorizar más rápido de lo tradicional?

SI, YA QUE TE PERMITE BALANCEAR A TRAVES DE SU ADD-IN, Y REALIZAR MODIFICACIONES EN SU INTERFAZ, SE VIÓ QUE LO HIZO RÁPIDO APROXIMADAMENTE EN 5 SEGUNDOS, ADEMÁS SU INTERFAZ CONSIDERO UNA ESCALA DE 9 (DEL 1 AL 10), DEBIDO A SU GRAN FACILIDAD DE MANEJO. ASIMISMO SI COMPARAMOS ESOS 15 MINUTOS QUE DEMORAMOS CONVENCIONALMENTE, RESULTA MUY ÚTIL

10. ¿Cree que la herramienta Revit por defecto satisface las necesidades de gestionar la información de un modelo 3D?

SI, PARA PROYECTOS PEQUEÑOS, EN CAMBIO PARA PROYECTOS COMPLEJOS NECESITAMOS AUTOMATIZAR PROCESOS REPETITIVOS.

IV. DATOS DE CONTROL:

Nombre del representante encuestado: MANUEL NIETO MONTALVAN

Fecha: 22/01/2021 Hora: 10:00 am

Lugar: OFICINA PRINCIPAL DE LA EMPRESA - CHILCA

CONSULTORA CONSTRUCTORA
MONTALVAN S.A.C.


Ing. Manuel Nieto Montalvan
GERENTE GENERAL

ENCUESTA DE TESIS

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

INVESTIGADOR: Bach. Jorge Enrique Zarate Yauri

TESIS: "Optimización en la gestión de información con programación C-Sharp desde un enfoque VDC aplicado al proyecto I.E. Mariscal Castilla"

I. INTRODUCCIÓN:

Esta encuesta es realizada a las empresas participantes de la licitación de la obra I.E. Mariscal Castilla, con fines de recolectar datos para dicha Tesis, para ello el investigador le explicará los detalles de la investigación para su conocimiento y después se procederá a entrevistarlo.

II. DATOS DE CLASIFICACIÓN:

RNP COMO:

CONSULTORÍA: EJECUTOR DE OBRAS: AMBOS:

¿ACTUALMENTE USA LA METODOLOGÍA BIM/VDC EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN:

SI NO

¿ACTUALMENTE USA REVIT COMO HERRAMIENTA BIM ?

SI NO

III. CUESTIONARIO:

1. ¿Qué tiempo en horas le demanda extraer los metrados del casquete estructural de la forma tradicional sin usar Revit y/o usando Revit? ¿Con cuántas personas?

Para este proyecto del Castilla, se calcula que para los tres módulos se demoraría 6 a 8 horas usando Revit con una sola persona

2. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría los tiempos de metrar el casquete estructural en la etapa de licitación? ¿Cuánto tiempo se ahorró?

Sí, ya que permitió ahorrarnos bastante tiempo (7 horas) usando el Add-in que lo hizo en 1 minuto cada módulo resultando muy rápido a comparación de lo tradicional

CONSORCIO SAC
ING. JOSÉ LUIS RAMOS VILLA
DIRECTOR GENERAL

3. ¿Considera usted confiable los datos obtenidos a partir de los add-ins?

Sí, yo pedí que metre algunos elementos tradicionalmente y resultó que son iguales a los datos exportados a la hoja de excel.

4. ¿Recomendaría a las demás empresas usar este add-in para obtener metrados rápidos y confiables?

Claro que sí, lo que buscamos las empresas es automatizar procesos que permitan reducir tiempo y recursos humanos.

5. ¿Cuánto tiempo en horas le demanda revisar el modelo paramétrico en Revit de la forma tradicional?

Normalmente al personal de oficina le toma es 25 minutos aproximadamente de la forma tradicional.

6. ¿Considera que el Add-in le ayuda a optimizar tiempos para revisar el modelo paramétrico y reducir errores de parametrizado?

Para lo aplicado sí, se vio que en 5 segundos se arrojó los errores de modelado y parametrización.

7. ¿Aplica trenes de trabajo para el planeamiento del ritmo de producción en sus obras?

Actualmente no aplica, ya que se necesita de un buen detallamiento en el proceso constructivo.

8. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría el tiempo para generar una simulación constructiva real?

Se vió que el addin exportó los valores de los parámetros a un XML la cual redujo el tiempo que se toma realizar normalmente en Naviswork, aplicando el addin se demoró 20 segundos aproximadamente en realizar la simulación constructiva

9. ¿Considera que el add-in le permitió sectorizar más rápido de lo tradicional?

Así es, normalmente demoramos 20 minutos usando Revit por defecto en balances concretos y encofrados, con el addin se demoró 3 minutos, la cual el interfaz es muy amigable y fácil de usar

10. ¿Cree que la herramienta Revit por defecto satisface las necesidades de gestionar la información de un modelo 3D?

Por ahora sí, pero de todas maneras se necesita reducir tiempo en realizar procesos repetitivos, como es el caso de extraer metrados a cada módulo del proyecto Castilla por ello es importante los ADD-INS aplicados.

IV. DATOS DE CONTROL:

Nombre del representante encuestado:

Fecha:

Hora:

Lugar:

CONCORAVI SAC


ING. JOSÉ LUIS RAMOS VILA
GERENTE GENERAL

ENCUESTA DE TESIS

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

INVESTIGADOR: Bach. Jorge Enrique Zarate Yauri

TESIS: "Optimización en la gestión de información con programación C-Sharp desde un enfoque VDC aplicado al proyecto I.E. Mariscal Castilla"

I. INTRODUCCIÓN:

Esta encuesta es realizada a las empresas participantes de la licitación de la obra I.E. Mariscal Castilla, con fines de recolectar datos para dicha Tesis, para ello el investigador le explicará los detalles de la investigación para su conocimiento y después se procederá a entrevistarlo.

II. DATOS DE CLASIFICACIÓN:

RNP COMO:

CONSULTORÍA: EJECUTOR DE OBRAS: AMBOS:

¿ACTUALMENTE USA LA METODOLOGÍA BIM/VDC EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN:

SI NO

¿ACTUALMENTE USA REVIT COMO HERRAMIENTA BIM ?

SI NO

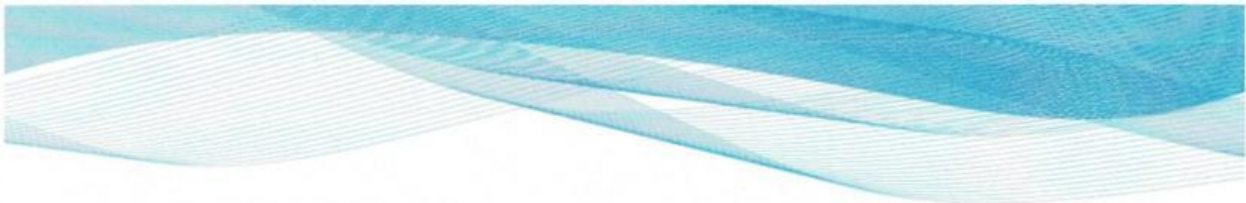
III. CUESTIONARIO:

1. ¿Qué tiempo en horas le demanda extraer los metrados del casquete estructural de la forma tradicional sin usar Revit y/o usando Revit? ¿Con cuántas personas?

Para este proyecto, se considera hora y media por cada módulo (auditorio, aulas, administración) ya teniendo una plantilla para la especialidad de estructuras, normalmente lo realiza una persona, obviamente usando Revit

2. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría los tiempos de metrar el casquete estructural en la etapa de licitación? ¿Cuánto tiempo se ahorró?

Efectivamente el tiempo que demostró el investigador fue de 1 minuto por modulo, la cual a la empresa le sirve mucho que los datos son reales y hayan sido rapidos al extraer sin dificultades con el objetivo de tener en cuenta en la presentacion de ofertas.

- 
3. ¿Considera usted confiable los datos obtenidos a partir de los add-ins?

Efectivamente, se demostró que salen igual realizando de la forma tradicional en revit (tablas de planificación).

4. ¿Recomendaría a las demás empresas usar este add-in para obtener metrados rápidos y confiables?

Por supuesto, ya que el joven demostró que se reduce ese tiempo de obtener los metrados, así mismo son confiables, la cual serviría mucho para la elaboración de expedientes.

5. ¿Cuánto tiempo en horas le demanda revisar el modelo paramétrico en Revit de la forma tradicional?

Según nuestras experiencias en proyectos anteriores se demora 30 minutos con un personal experto, y sin experiencia de 1 hora a 2 horas.

6. ¿Considera que el Add-in le ayuda a optimizar tiempos para revisar el modelo paramétrico y reducir errores de parametrizado?

Efectivamente, no solo tiempo, sino los recursos humanos ya que una empresa busca maximizar las utilidades, según lo demostrado por el joven se vio que reviso el modelo en 5 segundos.

7. ¿Aplica trenes de trabajo para el planeamiento del ritmo de producción en sus obras?

Sí, con la metodología Lean Construction.

8. ¿Con el Add-in propuesto por el investigador optimizaría el tiempo para generar una simulación constructiva real?

SP, lo que el joven demostró es obtener un set de selección automático en 20 segundos y después la simulación constructiva en nuestra empresa demoramos casi 40 min armando el set de selección para realizar la simulación.

9. ¿Considera que el add-in le permitió sectorizar más rápido de lo tradicional?

Así es, su interfaz es bastante amigable, considero que su add-in permitió reducir ese tiempo de sectorizar, pero ya sirve para la etapa de ejecución, normalmente nos demoramos 30 min de la forma tradicional y aplicado este add-in demostró que se puede sectorizar en 5 minutos. Por otro lado en una escala del 1 al 10, considero 8 de escala para la amigabilidad del interfaz.

10. ¿Cree que la herramienta Revit por defecto satisface las necesidades de gestionar la información de un modelo 3D?

No cumple al 100%, pero si es una herramienta muy útil para la empresa, ya que reduce errores en el diseño, aun así considero que es necesario automatizar procesos para hacer un trabajo mas fácil en actividades repetitivas.

IV. DATOS DE CONTROL:

Nombre del representante encuestado:

Fecha:

Hora:

Lugar:



LUIS A. OSORIO
ARQUITECTO
CAP 1107