

**IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE AUTODESK-REVIT PARA COMPARAR
CANTIDADES DE OBRA DE LA NUEVA BIBLIOTECA EN LA UNIVERSIDAD DE
PAMPLONA APLICANDO EL ANÁLISIS DE USABILIDAD.**

LILIBETH ORTEGA SANDOVAL

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, QUIMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

PAMPLONA2022



**IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE AUTODESK-REVIT PARA COMPARAR
CANTIDADES DE OBRA DE LA NUEVA BIBLIOTECA EN LA UNIVERSIDAD DE
PAMPLONA APLICANDO EL ANÁLISIS DE USABILIDAD.**

Autor
LILIBETH ORTEGA SANDOVAL
Cod. 1.094.285.772

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar el título de:
Ingeniero Civil

Director
Msc(c) DIEGO IVÁN SÁNCHEZ TAPIERO
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, QUIMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PAMPLONA2022



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias primeramente a Dios por haberme dado la oportunidad y las capacidades de estudiar ésta gran profesión como lo es la ingeniería civil, a Él le debo todo lo que soy, lo que seré, lo que he logrado, y lo que lograré.

También le quiero dar las gracias a mi familia, mi padre Jhoon E. Ortega, mi madre Claudia P. Sandoval y mis hermanos Jean C. Ortega y Daniel E. Ortega por todo su apoyo y amor durante el proceso, han sido y serán mi mayor motivación. Gracias también a mis tíos y abuelos que me han acompañado y no han dejado de orar por mí.

Muchas gracias a los hermanos de la iglesia que han orado por mí, aquellos que me han recibido en sus hogares como alguien más de la familia, que me brindaron su cariño y compañía; iglesias como IPUC El Zulia, Santiago, Lourdes, Las Mercedes, Pamplona II y Pamplona Central junto con sus pastores. Les agradezco en gran manera a la Universidad de Pamplona junto con sus apreciados docentes, en especial al Ingeniero Diego Iván Sánchez Tapiero por su apoyo y acompañamiento durante mi último año de estudio, también a los ingenieros Carlos Bonilla, Ceudiel Mantilla y Eider Atilua; son unos de mis principales ejemplos a seguir.

Por último me doy gracias a mí misma, por no rendirme, por dar todo de mí, por demostrar a mí misma que puedo dar mucho más; me siento orgullosa de mí por éste gran logro.

Éste título es dedicado al Servicio de Dios en la construcción de templos para la iglesia Del Señor y casas pastorales, para seguir llevando el Evangelio por todo el mundo y a toda creatura.

RESUMEN

La metodología BIM por medio del software Autodesk-REVIT es un instrumento de avance y desarrollo, sin embargo, su aplicación no se ejerce en todos los proyectos constructivos de nuestro país por falta de presupuesto, ya que una modelación en 3D puede aumentar el costo del diseño. No obstante, sus utilidades son más amplias y trae consigo ciertas ventajas que mejoran la calidad del trabajo.

En la Universidad de Pamplona se lleva a cabo la construcción de la nueva Biblioteca, la cual ya está a punto de finalizar, a pesar de ello, ésta no cuenta con un modelo en REVIT según los planos de diseño. Por esto, en el presente proyecto de investigación se hizo un modelo en 3D aproximado de dicha estructura con base a los planos e información obtenida por parte del Ingeniero Iván Ceudiel el cual pertenecía a la oficina de Planeación de la Universidad. Con esto se realizó una comparación en el cálculo de cantidad de materiales de obra aplicando el análisis de usabilidad por medio del método “*Inspección de características*” en ciertas partes de la construcción como lo es el concreto para la cimentación y estructura, muros de mampostería de las plantas 1 y 2 y las instalaciones hidrosanitarias. Por la información preliminar se cuenta con el presupuesto inicial de la obra organizado en el software estadístico EXCEL, y por medio del programa Autodesk REVIT 2023 se obtuvo las cantidades exactas según las medidas e información suministrada a éste; determinando de manera objetiva los beneficios de usar estas nuevas tecnologías aplicadas a la construcción y las ventajas de poseer un modelo en REVIT en el ciclo de vida de proyecto.

Palabras clave

BIM, Autodesk REVIT, Modelación, Cantidades, Usabilidad.

ABSTRACT

The BIM methodology through Autodesk-REVIT software is a tool for progress and development; however, its application is not used in all construction projects in our country due to lack of budget, since 3D modeling can increase the cost of the design. Nevertheless, its utilities are wider and it brings with it certain advantages that improve the quality of the work.

At the University of Pamplona, the construction of the new Library is being carried out and it is about to be finished, but it does not have a REVIT model according to the design plans. For this reason, in this research project an approximate 3D model of the structure was made based on the plans and information obtained from the Engineer Ivan Ceudiel, who belonged to the Planning Office of the University. With this, a comparison was made in the calculation of the quantity of construction materials by applying the usability analysis through the "Inspection of Characteristics" method in certain parts of the construction, such as concrete for the foundation and structure, masonry walls of floors 1 and 2, and plumbing installations. For the preliminary information we have the initial budget of the work organized in the statistical software EXCEL, and by means of the program Autodesk REVIT 2023 we obtained the exact quantities according to the measures and information supplied to it; determining in an objective way the benefits of using these new technologies applied to the construction and the advantages of having a model in REVIT in the life cycle of the project.

Keywords

BIM, Autodesk REVIT, Modeling, Quantities, Usability.

CONTENIDO

Capítulo 1.	11
1.1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2.2. Justificación	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.	14
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
1.4.1. Alcances.....	15
1.4.2. Limitaciones.....	15
1.5. MARCO REFERENCIAL.....	16
1.5.1. Marco contextual.....	16
1.5.1.1. Localización.....	16
1.5.2. Estado del arte.....	17
1.5.3. Marco conceptual.....	19
1.5.3.1. ¿Qué es BIM?.....	19
Evolución de la metodología BIM.....	20
BIM en Colombia, BIM Forum.	22
1.5.3.2. ¿Qué es REVIT?	23
1.5.3.3. Cálculo de cantidades de materiales de una obra.....	24
1.5.3.4. Análisis de usabilidad.....	25
<i>Métodos de estudio de usabilidad:</i>	26
1.5.4. Marco legal	26
Capítulo 2.	30
METODOLOGIA.....	30
2.1. FASE I: Información preliminar existente.	30
2.2. FASE II: Modelación en Autodesk REVIT.....	33
2.3. FASE III: Cantidad de materiales de obra por Autodesk REVIT.....	37
2.4. FASE IV: Análisis de usabilidad	39

Capítulo 3.	41
RESULTADOS	41
3.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRELIMINAR	41
3.2. MODELO EN AUTODESK REVIT 2023.....	50
3.3. CANTIDADES DE OBRA MEDIANTE AUTODESK REVIT 2023	53
3.4. ANALISIS DE USABILIDAD	58
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidades de obra para mampostería.	46
Tabla 2. Tabla de detalle de muros de mampostería.....	46
Tabla 3. Ítems cantidades de las instalaciones hidrosanitarias.	48
Tabla 4. Materiales con sus respectivas variables	49
Tabla 5. Cantidades Generales de cimentación por Autodesk REVIT.	54
Tabla 6. Tubería a presión PVC.....	55
Tabla 7. Tubería Sanitaria PVC.	55
Tabla 8. Accesorios.....	55
Tabla 9. Cantidades de mampostería.	56
Tabla 10. Cantidades Vigas en concreto	57

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Ubicación de la zona.....	16
Ilustración 2. JasBIM.....	20
Ilustración 3. Historia de BIM.	21
Ilustración 4. Visión Nacional Pilares de estrategia.	27
Ilustración 5. Pilares de estrategia	28
Ilustración 6. Diagrama de flujo de la metodología.....	30
Ilustración 7. Planta de cimentación Nivel 0.	31
Ilustración 8. Despiece de Columnas.....	32
Ilustración 9. Plano Instalación Hidraulica.	32
Ilustración 10. Gestionar materiales.	33

Ilustración 11. Definición de unidades de la plantilla.....	34
Ilustración 12. Importar o vincular CAD.....	35
Ilustración 13. Interfaz de propiedades.....	35
Ilustración 14. Familia de PVC presión de PAVCO.....	37
Ilustración 15. Navegador de proyectos en Revit.	37
Ilustración 16. Tabla de cantidades que el software trae por defecto.	38
Ilustración 17. Asignación de variables o propiedades.....	39
Ilustración 18. Presentación de la encuesta.....	40
Ilustración 19. Evidencia de correo	41
Ilustración 20. Columna C-8 y muros de ascensor	42
Ilustración 21. a. Especificaciones técnicas de cabezales de los pilotes b. Detalles de cabezales.....	43
Ilustración 22. Detalles de micro pilotes.....	44
Ilustración 23. Detalles micro pilotes de la rampa.....	44
Ilustración 24. Detalles de Columnas Y.	45
Ilustración 25. Planos de muros de mamposteria.....	46
Ilustración 26. Muros reales en obra.	46
Ilustración 27.Plano Hidráulico.	47
Ilustración 28. Plano Instalación Sanitaria.....	47
Ilustración 29. Interfaz estructura de Revit.....	50
Ilustración 30. Planos estructurales.....	51
Ilustración 31. Interfaz Arquitectura de REVIT.	52
Ilustración 32. Planos arquitectónicos	52
Ilustración 33. Plano de fontanería	53

Ilustración 34. Software instalado.....	59
Ilustración 35. Software que usa para el cálculo de cantidades.....	59
Ilustración 36. Facilidad de manejo de M. Excel.....	60
Ilustración 37. Facilidad de manejo A. Revit.	61
Ilustración 38. Tiempo de aprendiza del programa Excel.	61
Ilustración 39. Tiempo de aprendizaje del software Revit.	62
Ilustración 40. Mejor diseño de interfaz.	62
Ilustración 41. Tiempo de cálculo en Excel.....	63
Ilustración 42. Tiempo de cálculo de Revit	63

Capítulo 1. GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCIÓN.

En épocas anteriores las representaciones en CAD 2D significaban un gran avance en la industria de la Arquitectura, la Ingeniería y la construcción; éstos modelos brindaban confort, estética, más precisión en cuanto a medidas y cálculos como las cantidades de obra, planos de detalles, especificaciones técnicas, etc. (Banfi, 2019). Sin embargo, esto no se quedó allí, no era suficiente con eso sino que además se pudo procesar información representada por medio de los edificios en 3D, creando automáticamente una base de datos digitales ordenados como lo hace la metodología BIM. (Banfi, 2019).

Muchos software de diseño fueron introduciéndose en este mundo al punto que no solo se dibujaba en 3D sino que se especificaba el material, tipo, textura, color, dimensiones, etc. Renderizado los modelos y haciendo réplicas exactas a escala de como finalizaría el proyecto. Programas como SketchUp, Cypecad, Sap2000, Midas, Autodesk REVIT, Autodesk Robot, Tekla Structures, en general, son el resultado de estos avances.

La metodología BIM en los proyectos de construcción ha facilitado el trabajo a la hora de procesar base de datos y obtener de manera ordenada la información pertinente en las obras. El software Autodesk REVIT es apenas una pequeña introducción a este amplio mundo; la punta de un gran iceberg se podría decir; a pesar de ello, ha favorecido el trabajo en actividades como el cálculo de cantidades de obra, lo que tardaba tal vez algunos días ahora puede realizarse en tan solo unas horas y de manera precisa; disminuyendo desperdicios y por ende el presupuesto de la obra.

Colombia presenta algunas divergencias en lo que se trata de la ejecución de un proyecto, es más desde el momento mismo de la concepción del proyecto o en las etapas del diseño ya se encuentran dificultades e incluso la corrupción ha afectado este trabajo. De hecho, la elaboración del modelo 3D y la

construcción de la nueva biblioteca de la Universidad trajo una serie de confusiones por la comunicación discontinua entre disciplinas comprendidas en la ejecución de cualquier proyecto. La falta de información detallada y poco confiable por detalles erróneos entre los planos de diseño de AutoCad, falta de integración en el flujo de trabajo, etc.

Estos problemas y muchos más impactan de forma negativa en fases más avanzadas de cualquier proyecto, como en la etapa de la construcción, principalmente en su ejecución generando interrupciones en los procesos de la realización de la misma, convirtiéndose en mayores costos para la obra, produciendo más adelante en problemas de calidad debido a que es en la construcción de las obras donde se tiene la oportunidad de solucionarlos. (Bonilla et al., s. f.).

De la misma manera, enfatiza la usabilidad donde su concepto más explícito es la “facilidad de uso” el cual proviene de los términos en inglés ease-of-use y user friendliness, puntualizando que es relevante para que los usuarios, diseñadores o calculistas de cantidades de obra en éste caso, alcancen sus objetivos de manera asertiva, fácilmente, eficientemente y a gusto; donde también se aprenda con la práctica y se mitiguen los errores durante su ejecución.

En el siguiente proyecto se llevó a cabo una modelación en 3D aproximada de la nueva biblioteca de la Universidad de Pamplona, mediante el software Autodesk REVIT 2023; dónde se extrajo información como las cantidades de obra de concreto, mampostería de los pisos 1 y 2 e instalaciones hidro-sanitarias; por medio de los comandos básicos del programa, y así se aplicó el análisis de usabilidad a estos procesos; en otras palabras, se comparó la eficiencia y veracidad y viabilidad de los pasos para realizar dichos cálculos por medio del software y de la forma tradicional.

1.2. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. *Planteamiento del problema.*

Muchos Ingenieros civiles, arquitectos, pero en especial estudiantes se preocupan por aprender o indagar sobre el uso de ciertas herramientas que parecen ser complicadas pero de gran utilidad. La metodología BIM mediante Autodesk REVIT es una de éstas.

Es así como nace la pregunta problema, ¿Qué beneficios trae consigo la implementación de las herramientas tecnológicas como la metodología BIM, el software REVIT, en el cálculo de cantidades de obra en comparación con el uso de las metodologías tradicionales? A la cual daremos respuesta mediante el análisis de usabilidad para el cálculo de algunos materiales de la obra.

1.2.2. *Justificación*

Si bien es cierto, el cálculo de las cantidades de obra es una de las actividades con mayor incertidumbre de un proyecto, y aunque se tenga una gran experiencia en el tema de los procesos constructivos y más, existe la posibilidad de cometer algún error en el cálculo de éste, además del tiempo que conlleva realizar esta actividad. Si el cálculo de una obra de mediana escala puede llevar a una inversión de tiempo de un día a día y medio, el uso del software REVIT nos proporciona esto con el uso correcto de sus comandos en tan solo un poco tiempo.

En muchas obras nacionales e internacionales ya se hace uso de estas herramientas, mejorando en muchos aspectos, y entre estos la calidad de programación de obra y avanzando de manera considerable en comparación a aquellos proyectos que aún no incursionan en esto; de hecho, es necesario que como ingenieros entendamos la importancia de aprender el uso de estas tecnologías y las ventajas que traen a los proyectistas

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. *Objetivo general*

Modelar en 3D mediante el software Autodesk REVIT 2023 la nueva biblioteca de la Universidad de Pamplona, con el fin de realizar un análisis de usabilidad en el cálculo de cantidades de obra obtenido por el software y de la forma tradicional.

1.3.2. *Objetivos específicos.*

- ❖ Revisar la información existente de la estructura de la biblioteca de la universidad, como planos, diseños, especificaciones y presupuestos; con el fin de establecer los parámetros importantes de ésta.
- ❖ Elaborar por medio del Software Autodesk REVIT 2023 la estructura seleccionada en el proyecto, con el propósito de conocer las cantidades de obra.
- ❖ Calcular las cantidades de obra de la estructura mediante el uso de los comandos internos del software Autodesk REVIT 2023, con la finalidad de comparar las cantidades de obra establecidas inicialmente.
- ❖ Aplicar la metodología de análisis de usabilidad para el cálculo de cantidades de obra obtenidos de la forma tradicional y por el software Autodesk-REVIT 2023.

1.4.ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. *Alcances*

La elaboración del modelo en 3D de la nueva biblioteca de la Universidad de Pamplona por medio del software Autodesk REVIT, del cual, se exportaron las cantidades de obra con las que se comparará con las propuestas y calculadas de la forma tradicional.

Para hacer la comparación de estas cantidades dónde se aplicó la metodología del análisis de usabilidad en los pasos de éste proceso, obteniendo así resultados objetivos por medio de encuestas y la práctica.

1.4.2. *Limitaciones*

A causa del tiempo, la amplitud del proyecto y por las discontinuidades entre planos arquitectónicos y estructurales, incongruencias en los detalles de columnas, muros estructurales, planos de cimentación, etc. La elaboración del modelo en 3D se vio limitada y por ende no finalizada. Las cantidades de obra de la estructura en general se limitaron a los muros de mampostería, concreto el sistema estructural y las instalaciones hidrosanitarias.

1.5.MARCO REFERENCIAL

1.5.1. Marco contextual.

La obra en el que se lleva a cabo esta investigación es la nueva biblioteca de la Universidad de Pamplona; el proyecto en cuestión ya se encuentra en su fase de terminación y no cuenta con un modelo en 3D por medio del software Autodesk REVIT. Su distribución proyectada según lo indica la “Guía de presentación de proyectos tasa compensada actualizada 2019”, fue de 355.62m² de soterrado compuesto por las graderías de auditorio, zona de estudio, zona de mobiliario, entre otras; 1239.69 m² en la primera planta la cual se compone por los baños, rampa de acceso, cuarto eléctrico, oficinas para la edificación, recepción, sala general de lectura, etc. 593.88 m² de zona bajo cubierta dónde se encuentra un espejo de agua, escaleras exteriores, zona de circulación exterior; 1059.42 m² en la segunda planta compuesta por la cabina del ascensor, sala general de lectura, zona de consulta, entre otras. Y finalmente 1374.72 m² en la cubierta arquitectónica con zona de circulación exterior.

1.5.1.1. Localización.

La nueva Biblioteca que se está realizando en la sede principal la Universidad de Pamplona la cual se ubica en la zona oeste del municipio de Pamplona Norte de Santander,



Ilustración 1. Ubicación de la zona.
Fuente: Google Earth Pro.

1.5.2. Estado del arte.

Para el trabajo final de grado “Fundamento en Arquitectura” por parte de Luis Gonzaga López–Obregón Cobo, realizó una investigación en la Universidad de Sevilla España bajo el título “Cálculo y Diseño de Estructuras BIM en REVIT con CYPECAD. Estructuras de Hormigón de Vivienda Unifamiliar BIM con CYPECAD 2020d.” el cual se fundamentó en la realización de un documento como manual para el cálculo y diseño de estructuras en Hormigón armado por medio de la metodología BIM específicamente Autodesk REVIT y el cálculo de estructuras Cypecad 2020d. Este manual estableció los pasos a paso por así decirlo, de cómo elaborar un proyecto en REVIT y posteriormente su verificación. Aquí nos brindan un marco normativo propio de su país y algunos documentos de referencia, base para su proyecto. Nos brindan además unos antecedentes muy explícitos de algunas construcciones modeladas en REVIT. Al tomar una estructura de ejemplo, por medio de las normas, estableciendo el lugar de la obra y otros parámetros, seleccionan muy cuidadosamente los materiales a usar para poder ser usados en el software y con un paso a paso acompañado de imágenes explican cómo usar REVIT y el uso de Cypecad 2020d.

Vladimir Torres Rode en el 2019 realizó un trabajo de diplomado con el título de “Acercamiento a la metodología BIM. Software REVIT aplicado a proyectos de ingenierías. Empresa Idear Cienfuegos” publicado por la Universidad Central “Marta Abreu” en el país de Cuba, en el que se evidencia inicialmente un estudio bibliográfico de la metodología BIM, donde se muestran las ventajas y desventajas de este, los pasos de modelación de este programa y las limitaciones de hacer uso de la tecnología BIM. Partiendo de un cuidadoso análisis de la obra, como sus características, proyecciones, capacitación y presupuesto; se despliega también el contexto de la metodología BIM en empresas del territorio y su proyección. Con la realización del caso práctico “Panadería Dulcería” en REVIT, se consideran las ventajas que ofrece el programa al poseer un modelo en 3D sobre el cual laboraron para obtener el tiempo y costo (4D y 5D) de una forma más eficaz y expeditiva.

El Trabajo realizado en la Universidad Católica de Colombia bajo el título “Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto”. Por Ismael A.C. Y David L.R. en el año 2017, En el cual demuestran la importancia de la coordinación en las diferentes disciplinas de las obras civiles que intervienen en una obra, y las desventajas de la falta de comunicación entre las mismas. Mediante la metodología BIM, tomaron un modelo en 3D y compararon de manera técnica las bases de datos de la estructura, arquitectura, las diferentes instalaciones, etc. Pudieron darse cuenta que el tema está vinculado en gran forma con la especialización de Gerencia de obras civiles y con muchos de los fundamentos del PMI (Project Management Institute). Es por eso que estar al tanto en la aplicación de la metodología y el tener claros los parámetros para llevar a cabo cualquier proyecto es transcendental. El hecho de realizar verificaciones debe ir ligado al proceso de diseño junto con la coordinación de diseños tanto en diseño como en obra

También cabe resaltar el trabajo de grado hecho en 2019 por José H. Sánchez Bonilla, Andrés F. Rivas Varón y Juan P. Ott Serrano en la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Ibagué Tolima, bajo el título “Diseño y modelación de proyectos en dos y tres dimensiones con la metodología BIM (building information modeling) soportado en herramienta Autodesk REVIT.” Este proyecto se inicia desde cero, es decir, que la toma de sus datos inicia desde el levantamiento topográfico hasta su creación en REVIT; allí podemos encontrar un referente histórico de la tecnología BIM y algunos antecedentes nacionales e internacionales, los cuales implementaron esta herramienta en construcciones de grande y mediana escala. Tras su trabajado, pudieron concluir que BIM es una herramienta valiosa para la gestión total de la obra, sin embargo, por no disponer de los planos en CAD desde un principio, conlleva a un aumento de tiempo a la hora de elaborar de trabajo. También se pudieron identificar ciertos errores en la obra que pueden ser factores de costo de la misma.

El artículo publicado por la revista risti (Revista Ibérica de Sistema y Tecnologías de Información)

en el año 2018 por parte de Falco M. Núñez I, Tanzi F. Y Perea L. “Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex, una Herramienta Web para Investigación Operativa”. Aborda el tema del Análisis de Usabilidad en el área de la investigación, en este caso la resolución de problemas de programación lineal mediante la herramienta Tanziflex. Allí se puede encontrar un amplio concepto de la Usabilidad, sus tipos de estudios, sus ventajas y dan solución a la problemática tomando como muestra docentes y alumnos; por último, se encuentran unas pocas recomendaciones con el fin de facilitar el aprendizaje de éstos.

1.5.3. Marco conceptual

1.5.3.1. ¿Qué es BIM?

Building Information Model (modelo de información de la construcción) es una metodología de información, la cual requiere de un modelo de diseño para su desarrollo. Es una nueva forma de planificación en diferentes áreas, en especial la construcción. También podemos definirlo de la siguiente manera:

Building Information Modeling: metodología que implica desde las “decisiones de diseño, su ejecución y operación durante todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que involucra una reunión y gestión de información suministrada y usada por diferentes actores sobre el proyecto” (Corporación de Desarrollo Tecnológico & BIM Forum, 2017, p.9),

BIM se origina, en cierto modo desde el diseño en 2D o CAD (diseño asistido computacionalmente). “Pronto”, primer software CAM comercial, surgió en 1957 gracias al Dr. Patrick J. Hanratty, quien a continuación irrumpió en gráficos creados por computadora, llegando al DAC, o también conocido como el diseño automatizado por computadoras. Este fue el primer sistema CAD/CAM que manejó gráficos interactivos, pasando de dibujar planos “a mano” a plasmarlos en computadora, con todas y sus ventajas (Trejo, 2018).

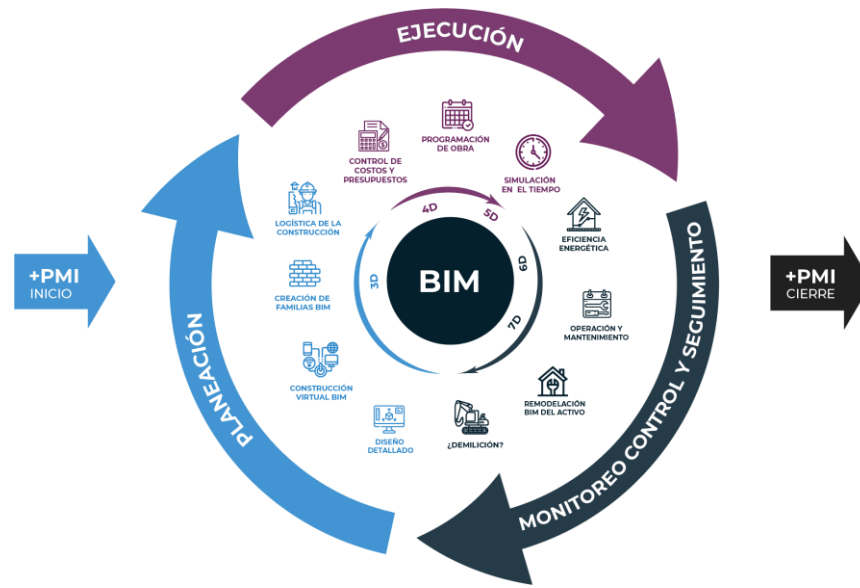


Ilustración 2. JasBIM.
Fuente: Adaptado de *MicroCad*.

Evolución de la metodología BIM.

El dibujo en dos dimensiones (CAD) fue uno de los primeros pasos que se dieron en el diseño de planos, sin embargo, son procesos totalmente diferentes aunque para llegar a la metodología BIM el dibujo en 2D fue clave. En sus inicios, la industria de la construcción en Europa principiaba el desarrollo de programas computacionales, los cuales permitían obtener cantidades de obras y organizar documentos técnicos para la ejecución de los proyectos constructivos, esto, gracias a los resultados de las investigaciones hechas por parte del arquitecto Bjorn Bindslev desde 1959, sobre el uso de computadoras para la comunicación en procesos de construcción y documentación de contratos (Alzate, 2017).

Acercándose el siglo XXI se dio inicio al desarrollo de proyectos pilotos que utilizaban BIM en cada una de sus fases de diseño y ejecución “Las primeras líneas de investigación se concentraron en el perfeccionamiento de la proyección previa y el diseño, localización de conflictos, la visualización, la cuantificación, cálculo de costos y gestión de datos”. A pesar de esto, fue hasta el 2007 que se logró vincular las cantidades de obra a la programación y de esta manera tener simulaciones reales de los

procesos constructivos de los proyectos (Alzate, 2017)

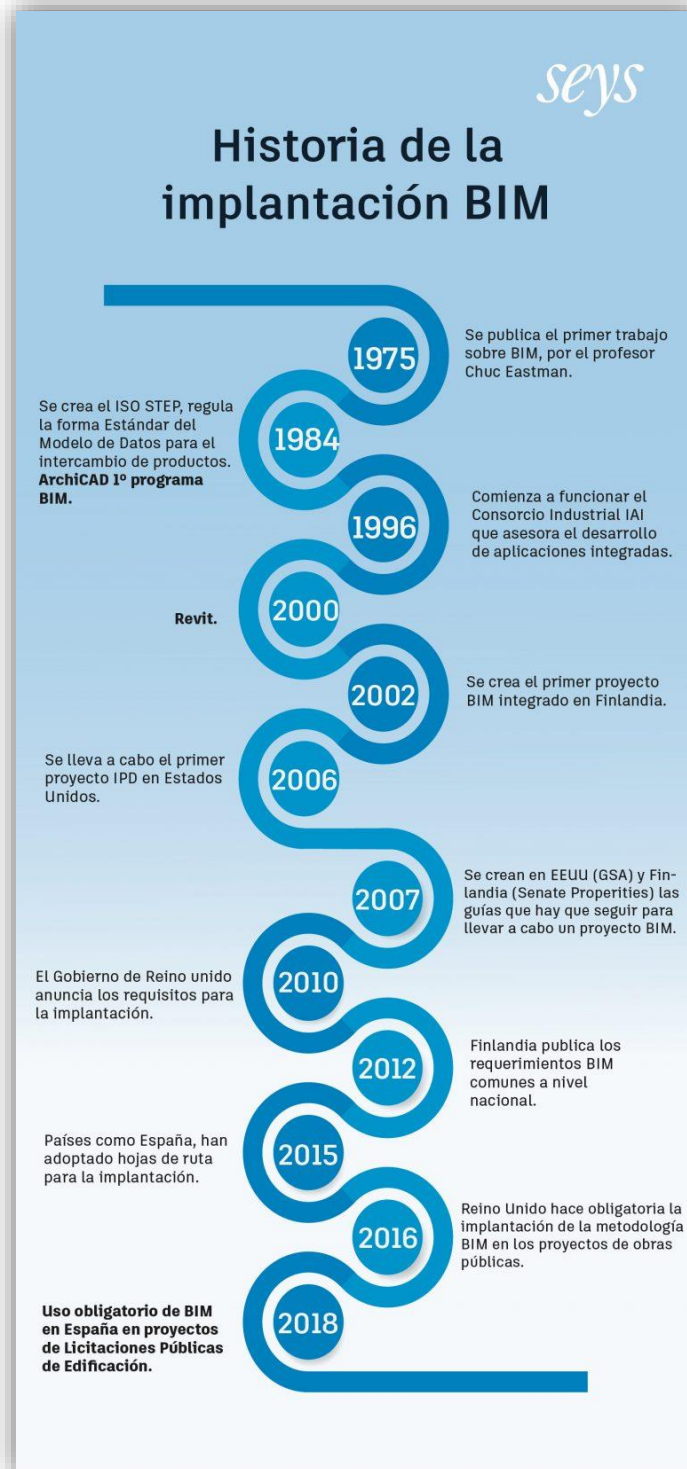


Ilustración 3. Historia de BIM.
Fuente: López-Obregón Cobo, Luis Gonzaga. (2020).

BIM en Colombia, BIM Forum.

Es tal vez el país con mayor conciencia en la metodología BIM en toda Latinoamérica. La implementación cuenta con la aprobación de asociaciones que protegen la integración de ésta en las empresas de diversos ámbitos. Sus principales valedores han sido las grandes constructoras nacionales y europeas que, a través de investigaciones y la búsqueda de procesos y la práctica, han ido dando el paso al BIM en todas las fases de sus proyectos (Vladimir T., 2019). A pesar de esto, las autoridades políticas no han mostrado el interés en comprender la metodología en proyectos públicos como en otros países vecinos (Peters, 2018).

Según la página de CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) BIM FORUM Colombia es la plataforma de articulación y apoyo de diferentes actores y la gestión del conocimiento, en torno a la digitalización del sector de la construcción, para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora en Colombia. Aquí se busca definir un mismo lenguaje para la implementación de BIM para el sector de la construcción, por medio de documentos técnicos y demás. Entre sus herramientas podemos encontrar:

BIM Kit: Es una compilación de documentos que complementan el paso a paso que deben seguir las empresas para tener una implementación de BIM satisfactoriamente, vinculando a todos los que intervienen en BIM usando un mismo lenguaje, nivelando el conocimiento a través de documentos técnicos (Corporación de Desarrollo Tecnológico & BIM Forum., 2017).

Ruta BIM: Es una herramienta de conocimiento para definir el desarrollo de la metodología BIM deliberada para que todas las empresas correspondientes al área de la construcción contengan un proceso de implementación BIM o que proyecten hacer uso de la metodología al interior de su organización (Corporación de Desarrollo Tecnológico & BIM Forum., 2017).

Catálogo digital: Directorio de empresas y profesionales que prestan servicios en cuanto a la metodología BIM y que pertenecen a BIM Forum Colombia (Corporación de Desarrollo Tecnológico & BIM Forum., 2017).

1.5.3.2. ¿Qué es REVIT?

REVIT fue concebido de manera exclusiva para el trabajo en modelado BIM. Éste es un programa con un sistema de cambios paramétricos basado en una serie de datos relacional que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado del diseño en diferentes áreas de la ingeniería, construcción y arquitectura, sin dejar atrás cada una de las especialidades o disciplinas que intervienen. Este programa permite crear diseños fundados en objetos inteligentes y tridimensionales, los que están coligados para coordinarse automáticamente ante cualquier cambio introducido (Gruppe, 2015). Algunas de las características más importantes de acuerdo con Gruppe son:

- ❖ Componentes de diseño y construcción: El programa cuenta con herramientas para diseñar el edificio desde su conceptualización hasta la planimetría de la construcción. Esto abarca detalles en muros, pisos, cielos y cubiertas, incluyendo los muros cortina. Además, permite realizar un estudio volumétrico mediante masas, calcular áreas por pisos y experimentar con texturas, materiales y colores, entre otras aplicaciones.
- ❖ Sombras Vectoriales: Al realizar cualquier cambio en la estructura, orientación y otros detalles que modifiquen la disposición de elementos frente a la luz, las sombras se ajustan inmediatamente, permitiendo visualizar el efecto de los cambios en la iluminación.
- ❖ Perspectivas seccionales: Permite analizar todos los ángulos del edificio desde distintas perspectivas y en distintas secciones, incluyendo vistas con líneas ocultas, sombras y siluetas.
- ❖ Modelo de proyecto integrado: Posee un conjunto de herramientas para coordinar las distintas áreas del proyecto, sus documentos e información relacionada. Produce referencias

automáticas de dibujo, estima costos, permite modificar la geometría solo al ingresar números, coordina las versiones para que todos los datos, gráficos, detalles y dibujos estén actualizados en todas partes, entre varias otras funciones orientadas a optimizar los tiempos y mejorar la calidad de las entregas.

- ❖ **Modelado de terreno y exteriores:** Permite diseñar el edificio tomando en cuenta el contexto exterior, entregando diseños de pisos y patrones. También ofrece una biblioteca con vegetación y otros elementos, como la maquinaria de construcción, para planificar los procesos de construcción de forma adecuada.

- ❖ **Ambiente de trabajo multidisciplinario:** Los distintos equipos pueden trabajar de forma simultánea en un edificio y el programa coordinará todos los cambios ingresados.

- ❖ **Presentación y visualización:** Cuenta con renderización integrada que incluye puertas, ventanas y tragaluces en sus cálculos para simular las condiciones de luz natural, entre varias otras funciones. También realiza análisis de área para producir esquemas, tiene un pantone integrado y permite exportar a pdf para imprimir o enviar vía email

1.5.3.3. Cálculo de cantidades de materiales de una obra.

Normalmente las cantidades de obra se cuantifican utilizando los diseños suministrados por el propietario del proyecto. Utilizando las herramientas AutoCAD y EXCEL. Al realizar un análisis presupuesto de cualquier proyecto, el Ingeniero debe dar respuesta a las siguientes 2 preguntas: ¿Qué costo requiere la obra? Y ¿Cuánto tiempo le tomará la ejecución? Para dar respuesta, el ingeniero debe el presupuesto de tiempo y de costos,

Del cálculo de costos se concluyen características como la rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra.; es importante que coincida junto con el presupuesto de costo y con el costo real de ejecución. Esto se logra haciendo un cuidadoso análisis de los datos obtenidos por los planos, tratando

de no omitir ni el más mínimo detalle. Es entonces donde se demuestra la importancia que tiene el TAKE-OFF, el cual consiste en la determinación volúmenes, áreas, longitudes y demás para así obtener las cantidades de materiales pertenecientes a cada una de los elementos de la estructura. (Anónimo, S.F.)

El ser una parte importante de toda obra, requiere de mucho cuidado y precauciones, los cuales pueden requerir de un largo tiempo de dedicación; en los inicios de las obras la creación de las tablas e software estadísticos facilitaron el hecho de organizar la información, sin embargo, el cálculo si debía ser hecho por el ingeniero o planeador de la obra. Como se ha venido nombrando con anterioridad, la metodología BIM y en este caso Autodesk REVIT incluyen entre sus comandos la obtención de las cantidades de obra exactas por medida, según los datos suministrados al software; pero su manejo puede ser una complicación a quien no lo maneje; pero lo importante está en ser organizados, es decir, definir los materiales, dimensiones y procesos constructivos.

1.5.3.4. Análisis de usabilidad

La norma ISO 9241-11:2018 contextualiza que la usabilidad es el objetivo de diseñar y evaluar sistemas, productos y servicios de manera que los usuarios puedan alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso... Luego, la ISO 25010 especifica que la calidad de un sistema es el grado o medida en el que éste satisface las necesidades establecidas por cada una de las partes que intervienen, y por lo tanto proporciona valor. (LIDTUA/CONICET, et al, 2018)

Lo que define la usabilidad es:

- ❖ Reconocimiento de la adecuación (Appropriateness recognizability).
- ❖ Capacidad de aprendizaje. (Learnability).
- ❖ Operabilidad (Operability)

- ❖ Protección contra errores de usuario (User error protection).
- ❖ Estética de la interfaz de usuario (User interface aesthetics).
- ❖ Accesibilidad (Accessibility)

Métodos de estudio de usabilidad:

Estos pueden ser divididos en métodos de inspección y métodos de prueba, los cuales son:

- ❖ Evaluación Heurística.
- ❖ Recorridos cognitivos.
- ❖ Inspecciones formales de usabilidad.
- ❖ Recorridos pluralistas.
- ❖ Inspección de Características.
- ❖ Inspección de consistencia.
- ❖ Inspección de normas.

1.5.4. Marco legal

En el año 2020 con el apoyo de FDN, Embajada británica Colombia, Mott McDonald, CAMACOL y BIM Forum Colombia; crearon la “Estrategia Nacional BIM 2020-2026 En el cual encontramos conceptos básicos de la metodología BIM, algunas posiciones de Colombia en la economía basada en la construcción, y una estrategia organizada de cómo implementar BIM en todo proyecto sea un mandato para el 2026. Ellos establecen unos pilares de estrategia:

A continuación por medio de un esquema en línea de tiempo podrán ver como se espera avanzar y así cumplir sus objetivos.

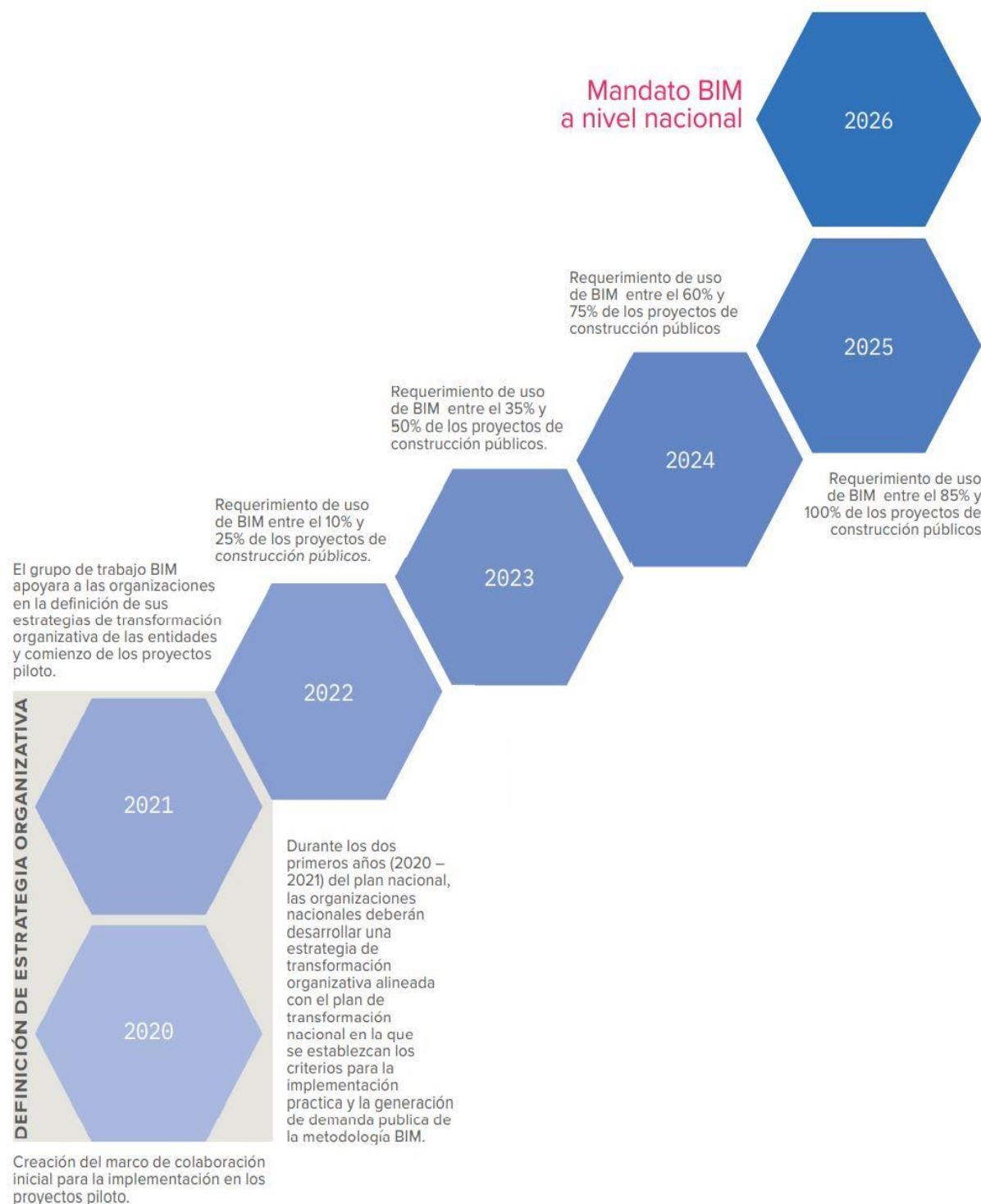


Ilustración 4. Visión Nacional Pilares de estrategia.
Fuente: Gobierno de Colombia “Estrategema Nacional BIM 2020-2026”



Ilustración 5. Pilares de estrategia

Fuente: Gobierno de Colombia “Estrategema Nacional BIM 2020-2026”

Entre las normas del análisis de usabilidad cabe resaltar en la norma ISO (GlobalSuite Solution); y como guías o ayudas para este trabajo que debemos tener en cuenta a la hora del Take-Off :

- ❖ Normas de rendimiento de equipos, cada país cuenta con sus respectivas normas y dependen del uso exclusivo de cada una de estas.
- ❖ Normas y costos de construcción (plazola) costo y tiempo en edificación de donde podemos extraer porcentajes de desperdicios y más.
- ❖ Reglamento nacional de la construcción: donde podemos obtener dimensiones de materiales y los existentes, procesos constructivos, etc.
- ❖ ASTM: nos brinda los estándares de calidad y aceptación de los materiales o productos en todo el mundo.
- ❖ Catálogo de normas del ministerio del trabajo
- ❖ Manual del ingeniero civil del ing. Frederick s. Merrit

- ❖ Convenio salarial negociado entre C.N.C. y los organismos, Sindicales Fitcm-n, SNSCAAS, SICAAS Y F.G.P.O.
- ❖ Costo y tiempo en edificación del ing. Carlos Suarez Salazar
- ❖ Técnicas Básicas de construcción de Carrazana - Rubio
- ❖ Manual de fórmulas de ingeniería de Manuel Garcia Díaz.

Capítulo 2. METODOLOGIA

Para el desarrollo del proyecto se han dividido las actividades en 4 fases importantes con el fin de dar cumplimiento a los objetivos establecidos.

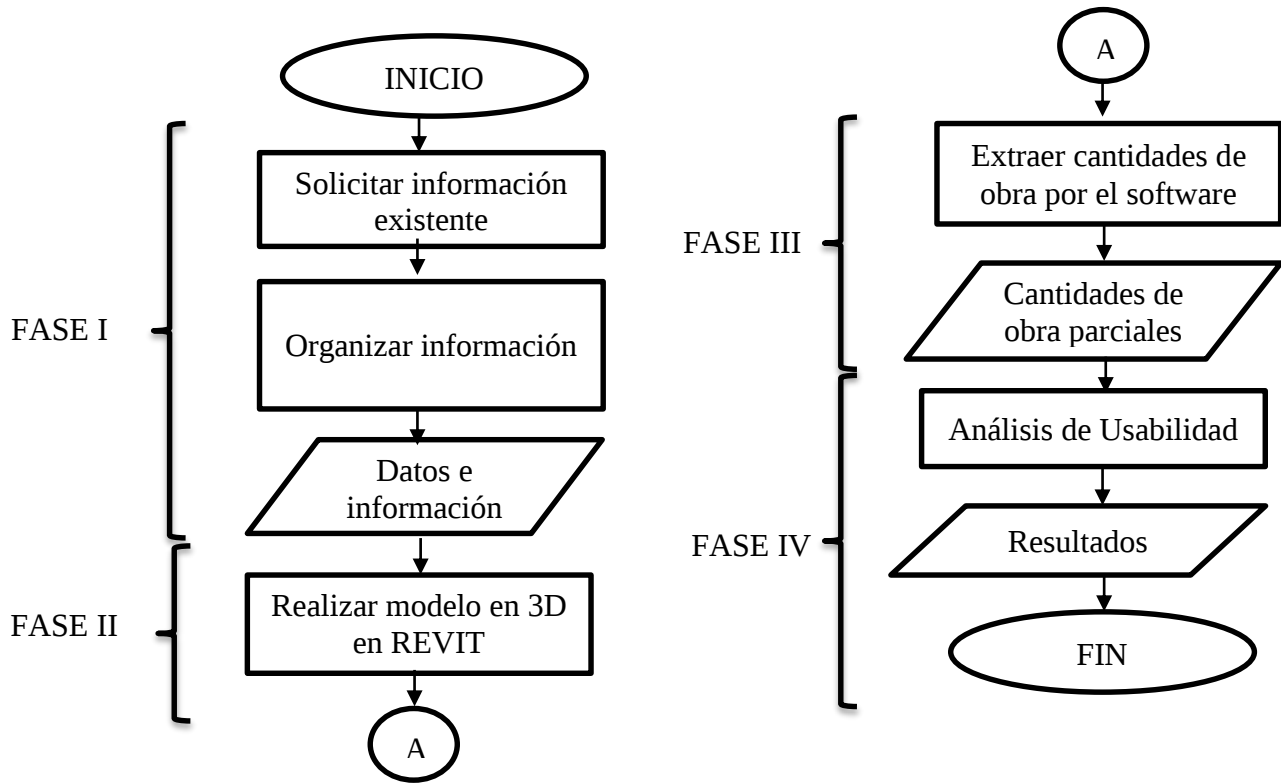


Ilustración 6. Diagrama de flujo de la metodología.

2.1. FASE I: Información preliminar existente.

Por medio del correo electrónico se solicitó a la oficina de planeación de la Universidad de Pamplona toda la información necesaria del proyecto, pero sin obtener respuesta, el ingeniero Ceudiel Iván Mantilla nos brindó la información preliminar de la obra en la que se encontraban los planos en Autodesk AutoCad, tablas de cantidades de obra en Microsoft Excel y algunos en documentos pdf, el documento de especificaciones técnicas y algunos documentos externos a la investigación.

En primer lugar se procedió a detallar los planos arquitectónicos, estructurales y sus despieces,

planos de instalaciones, etc. Por consiguiente se continúa con el análisis de sus cantidades y especificaciones técnicas; esto con el propósito de identificar los elementos estructurales, arquitectónicos, sus dimensiones, tipos de materiales, etc.

Una vez terminado el estudio de los documentos y los Cad, se registró en un documento de Word cada una de las inconsistencias encontradas en el proceso y se puntualizan los detalles que limitaron el avance del proyecto en su totalidad. A continuación en la ilustración 7 se muestra el plano de cimentación del nivel cero, específica el detalle de los micros pilotes y de la placa de entrepiso con sus aceros, distancias entre riostras, etc. De la misma manera en la ilustración 8 encontramos los detalles de algunas las columnas y en la ilustración 9 se localiza el plano de la red hidráulica

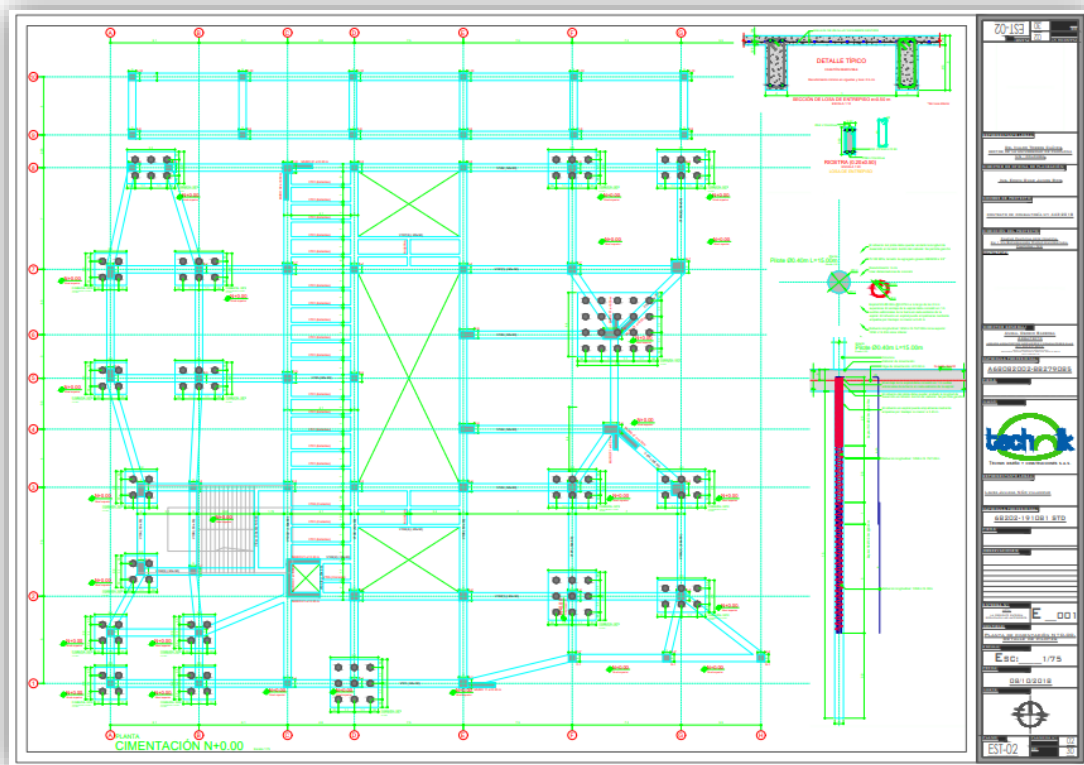


Ilustración 7. Planta de cimentación Nivel 0.

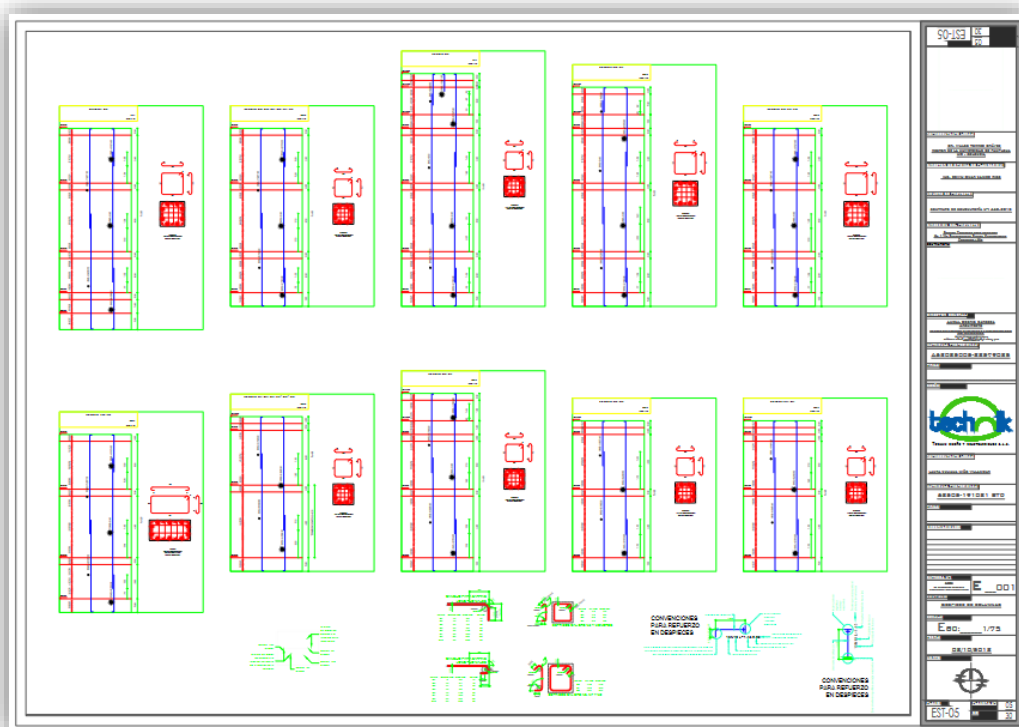


Ilustración 8. Despiece de Columnas.

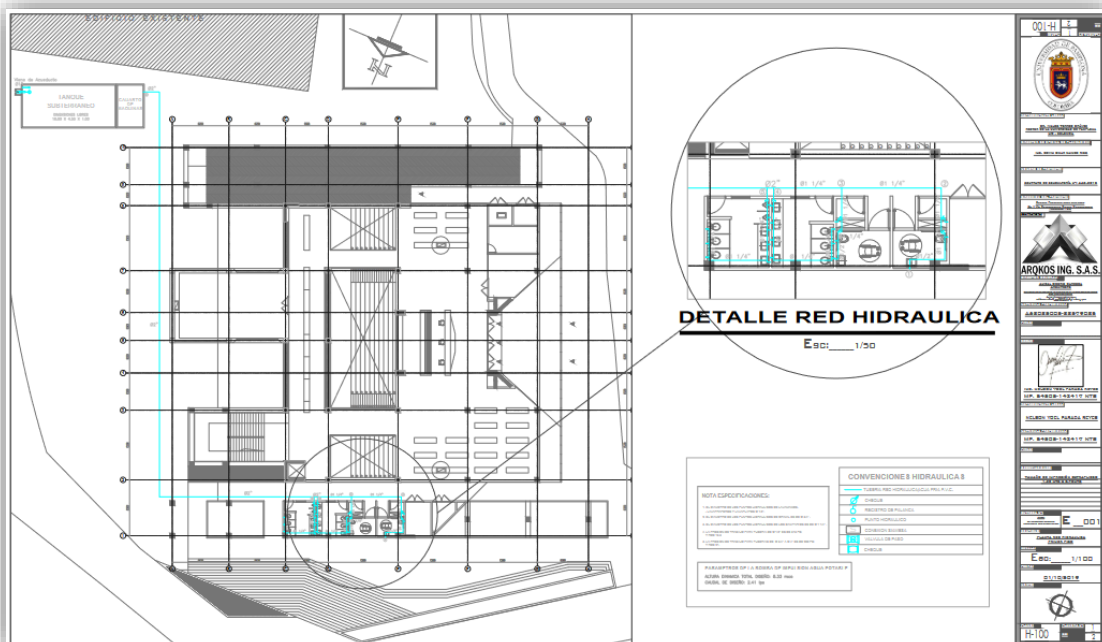


Ilustración 9. Plano Instalación Hidraulica.

2.2. FASE II: Modelación en Autodesk REVIT.

Una vez identificados los materiales y detalles de los planos en sus respectivas disciplinas, se procedió a realizar el modelo en 3D por medio del software Autodesk REVIT con licencia estudiantil por un año. En primer lugar se hizo un curso masivo en uso del software, se vieron videos acerca del manejo del programa y se solicitó asesoría por parte de profesionales en el uso de éste.

En lo que al modelo se refiere, por medio de la herramienta gestionar se asignaron los materiales encontrados en el estudio de la fase I como concreto, bloque, mortero, pisos, etc. Observar la ilustración 10.

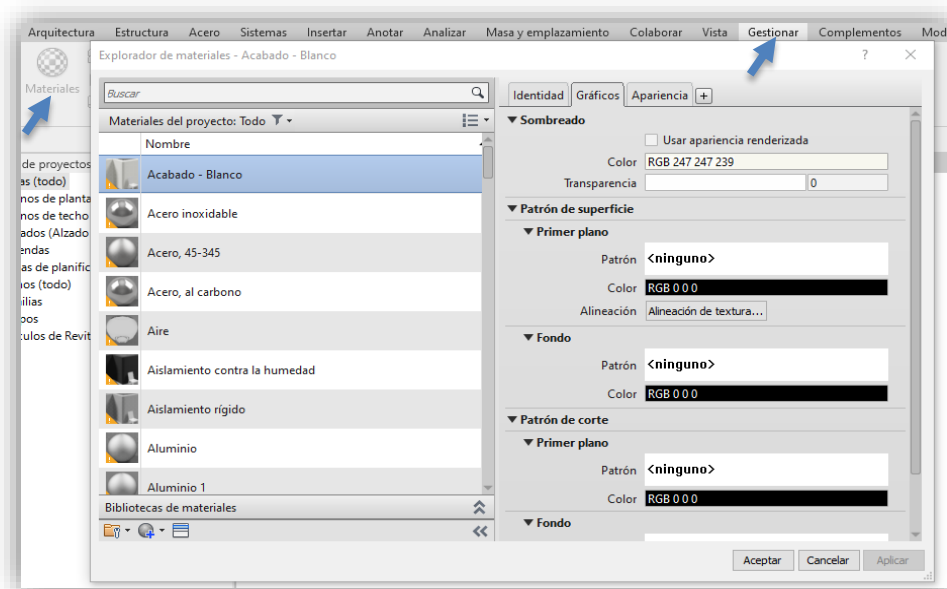


Ilustración 10. Gestionar materiales.

Es trascendental prestar atención a las unidades de trabajo en las que encuentra la plantilla por medio del comando UN desde el teclado. A la hora de verificar la unidades se pueden establecer parámetros como cuántos decimales después de la coma, si queremos o no que aparezca el símbolo de la unidad. Si se puede observar en la parte superior dice disciplina, allí podemos definir las unidades y no se puede

olvidar de revisar de modo que éstas se encuentren en el sistema de unidades que se acostumbra según el país, en éste caso Colombia.

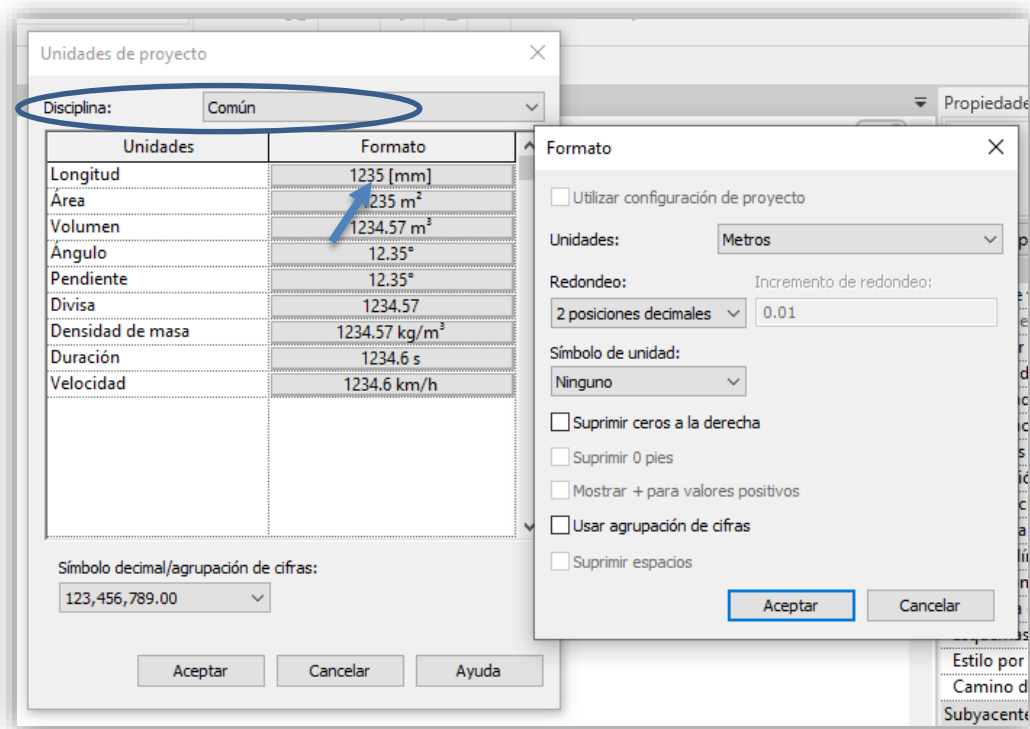


Ilustración 11. Definición de unidades de la plantilla.

Se crearon las grillas y los niveles, desde el nivel -3 hasta el nivel 13 con sus cotas respectivamente, allí se importaron los planos en 2D divididos por disciplinas empezando con los de cimentación a cada nivel que correspondían, para dibujar sobre éstos. En la herramienta de insertar se pueden ver las opciones vincular CAD e importar CAD; la vinculación del CAD hace referencia a que éste estará expuesto a que si se realizan cambios en el plano original entonces aquí también ocurrirán, opción que no se recomienda a menos que sea necesario, puesto que hace más pesado el archivo. Otra importante recomendación es que los planos no tengan más que líneas como referencias para evitar confusiones y excesos que dificultan el trabajo.

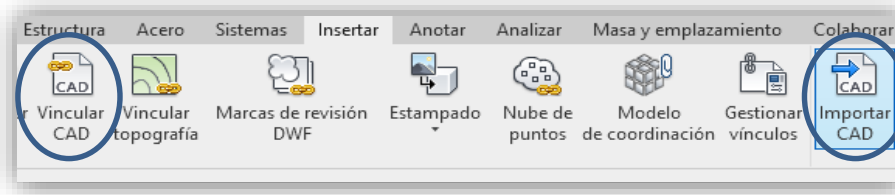


Ilustración 12. Importar o vincular CAD.

Seguidamente se generaron los sistemas de micro pilotes con las misma familias del programa; es importante estar al tanto que un modelo se elabora de abajo hacia arriba para así llevar un orden, además, cada vez que se crea un bloque o elemento, la asignación del materiales antes de diseñar es la manera correcta de hacerlo, porque de esta manera salvaguardamos el hecho de cometer errores a la hora de cuantificar materiales quedando alguno por fuera. En la interfaz de propiedades se puede ver en la parte superior el material del elemento y el nombre que se le tiene asignado, el cual en la opción de editar tipo se puede modificar además de otras especificaciones que depende del diseñador o del tipo de proyecto.

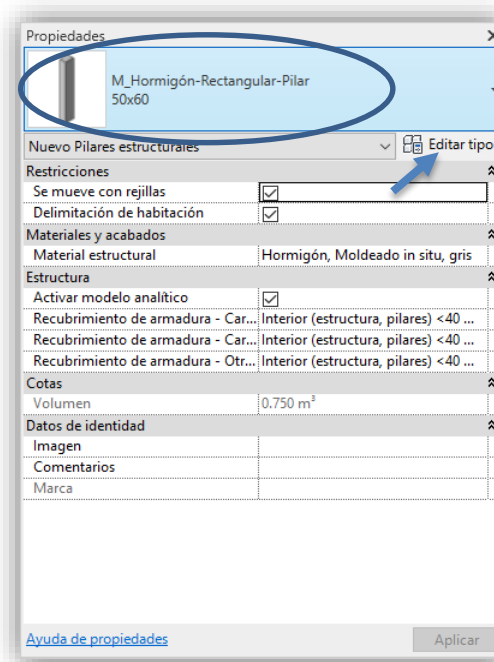


Ilustración 13. Interfaz de propiedades.

Consecutivamente se crearon las columnas con sus dimensiones según lo indican los planos estructurales, éstas se dividieron por niveles con el fin de no sobreponer los demás elementos como vigas o placas de entrepiso. De la misma manera se generaron los muros, las vigas, riostras y las losetas de entrepiso, para proseguir con los diseños arquitectónicos.

Los muros de mampostería fueron uno de los mayores problemas puesto que era donde divergían las dimensiones en comparación al diseño estructural, así mismo como la falta de información detallada como en el caso de los muros dobles. Muchas de las medidas se acoplaron según lo que se llevaba del modelo 3D y a lo verificado en la obra. A pesar de ello, como se mencionó anteriormente se generaron los muros de la manera más real y posible de modo que se asemeje a los diseños especificados en los planos y cómo se hizo en obra.

Finalmente se terminaron las escaleras hechas en concreto, detalles como barandas, acabados del suelo e instalaciones hidrosanitarias por medio de un Mep donde se cargaron las familias de PAVCO; el cargar una familia creada por una marca o distribuidor consiste en copiar todo lo encontrado en la plantilla a la del trabajo en la opción de cargar familia se importan. Ahora bien, en la página de los proveedores se puede verificar la existencia de un manual técnico dónde se explica cómo cargar éstas familias al programa o ésta plantilla de trabajo.

En cuanto a puertas y ventanas, también hubo un gran problema debido a que en los muros dobles no permitía porque estas necesitan de un muro base para poder insertarse, sin dejar de obviar la falta de tiempo, las especificaciones de los planos que son tan escasas como también en la de los muros cortina. Entonces éstas puertas y ventanas se hicieron con las familias de programa. De igual modo en detalles como el espejo de agua y la zona verde solo se incluyó un suelo con el nombre y color, pero no se detalló al respecto.

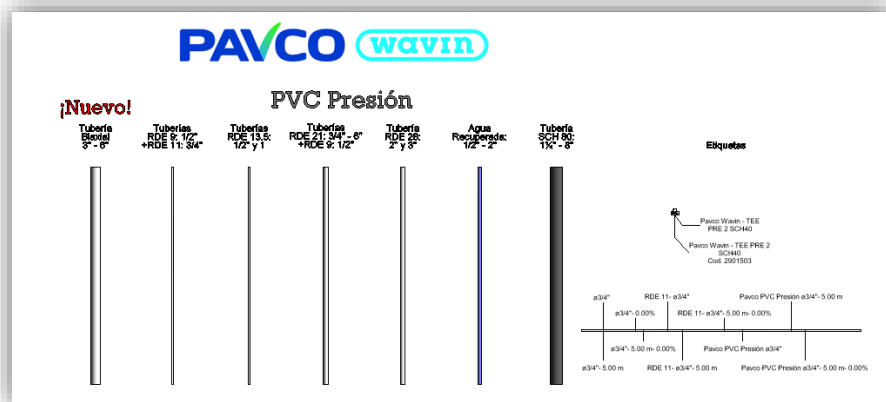


Ilustración 14. Familia de PVC presión de PAVCO.

2.3. FASE III: Cantidad de materiales de obra por Autodesk REVIT.

En la interfaz “navegador de proyectos” según se muestra en la ilustración 8, se encuentran las tablas de planificación o cantidades, al dar clic sobre éstas vemos que ya existen unas tablas de cantidades creadas por defecto divididas por áreas o disciplinas. Por otro lado, al dar clic derecho sobre la barra se despliegan ciertas opciones donde podemos dar en “nuevo computo de materiales”, de allí se obtiene una tabla general de cantidades; o en el caso de “nueva tabla de cantidades” nos permite organizar por disciplinas.

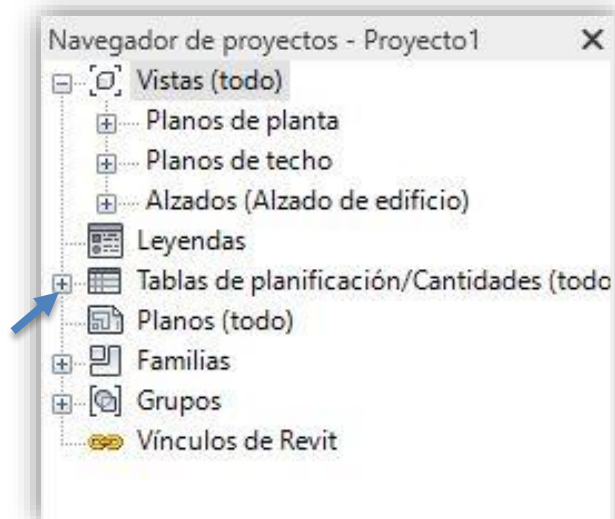
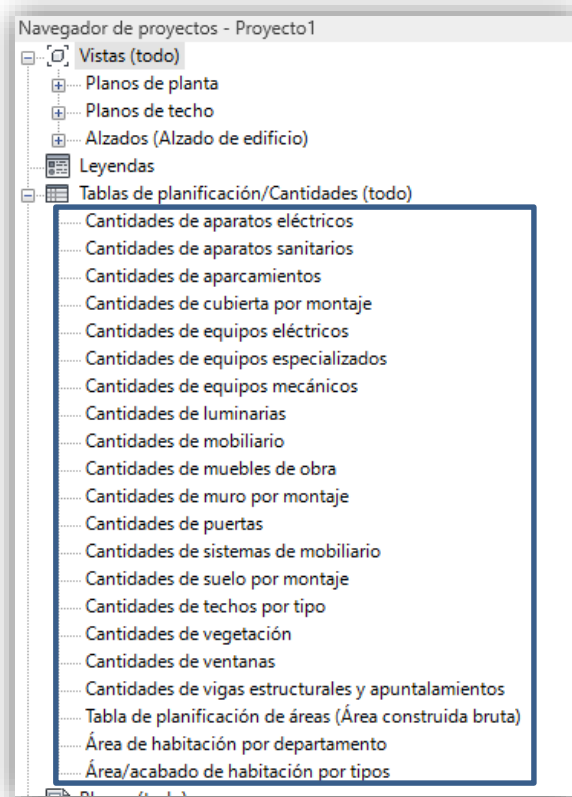


Ilustración 15. Navegador de proyectos en Revit.

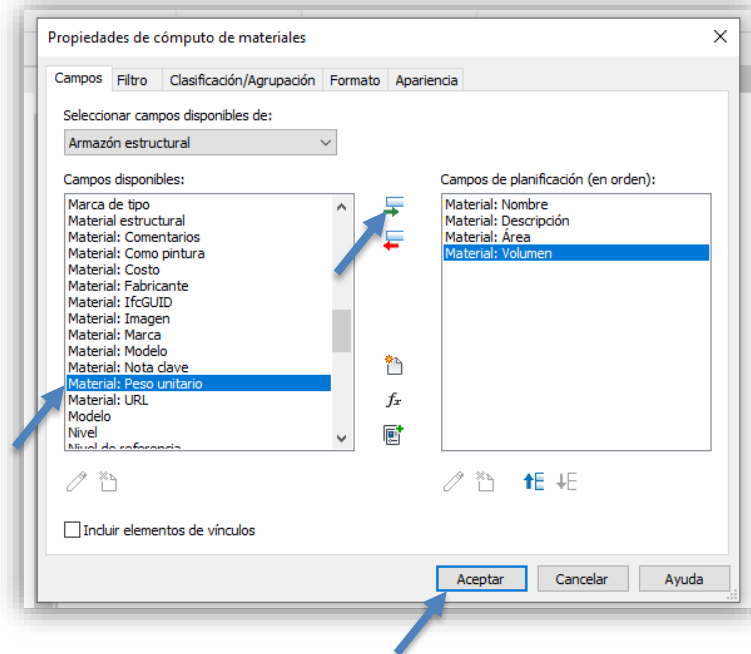
Éste paso solo consistió en la creación de unas tablas de cantidades asignándole su respectivo nombre por disciplinas como cantidades generales, cantidades de PVC agua a presión, cantidades de PVC aguas sanitarias, Cantidades de muros, cantidades de cimentación, etc.

Ilustración 16. Tabla de cantidades que el software trae por defecto.



Si nuestro propósito es hacer las tablas desde cero, entonces decidimos los elementos que quereos cuantificar y seguidamente definimos las variables a medir como se muestra en la ilustración 17. En éste caso se crearon las tablas de concreto de cimentación, las de los sistemas hidrosanitarios, etc. El programa se encargó de sumar cada uno de estos valores por sí solo. Luego una vez creadas las tablas, si es necesario compartir las cantidades en un formato externo, entonces se exportaron al software Microsoft Excel para mejor utilidad y facilidad para quienes no manejan el programa.

Ilustración 17. Asignación de variables o propiedades.

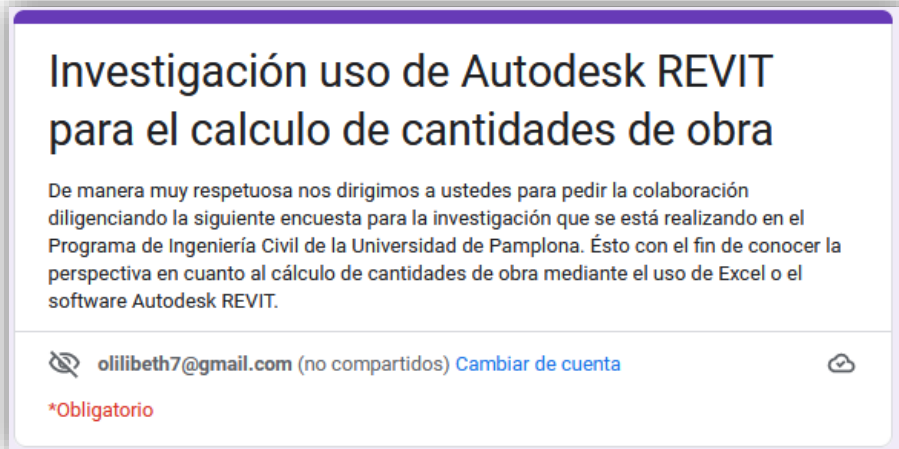


2.4. FASE IV: Análisis de usabilidad

Profundizando en el concepto de la investigación, se precedió a leer sobre proyectos, artículos y publicaciones en el uso de Autodesk REVIT, sobre las ventajas del uso de las BIM, en la forma correcta de realizar un análisis de usabilidad; conceptos, opiniones de autores, etc. Para así definir el término de usabilidad y el modo de cómo aplicarlo a la presente investigación.

Es así como se estableció una pequeña **encuesta** aplicada a estudiantes y docentes de manera voluntaria para determinar características como operabilidad, facilidad de aprendizaje, diseño de la interfaz y el tiempo que pueden tardar en sacar las cantidades de una placa de entepiso con dimensiones establecidas por medio de los dos software, Autodesk Revit y Microsoft Excel que se usa en su mayoría para registrar las cantidades e una obra calculados de la forma tradicional. En la lustración 18 se muestra la presentación de la encuesta.

Ilustración 18. Presentación de la encuesta.



**Investigación uso de Autodesk REVIT
para el calculo de cantidades de obra**

De manera muy respetuosa nos dirigimos a ustedes para pedir la colaboración diligenciando la siguiente encuesta para la investigación que se está realizando en el Programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Pamplona. Ésto con el fin de conocer la perspectiva en cuanto al cálculo de cantidades de obra mediante el uso de Excel o el software Autodesk REVIT.

 olilibeth7@gmail.com (no compartidos) [Cambiar de cuenta](#) 

***Obligatorio**

Seguidamente para un análisis más completo se llevó a cabo el proceso en el cálculo de cantidades de obra del concreto, de muros de mampostería y de las instalaciones hidrosanitario de la manera tradicional; tomando que cada uno de éstos requirió ésta actividad y se registró por medio de tablas en Excel como se muestra en el apéndice 4. En primer lugar los sistemas de micro pilotes lo cuales tienen un diámetro de 40cm y una profundidad de 15m, los cabezales y sus dimensiones variables, de la misma manera que as columnas, las vigas, placa de entrepiso, etc. Así mismo, se tomó el tiempo que lleva el cálculo de cantidades por medio del Software Autodesk Revit contando también el número de clics que conlleva dicha actividad.

Capítulo 3. RESULTADOS

En cumplimiento al objetivo general se llevaron a cabo cada uno de los objetivos específicos de la misma manera que se describe en la metodología, dividida en 4 fases importantes de las cuales sus resultados fueron:

3.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRELIMINAR

Era necesario verificar que la información de los planos coincidiera con las cantidades y las especificaciones técnicas para poder continuar; las inconsistencias eran lo suficientemente evidentes dificultando el avance de la investigación; cada una de éstas con sus respectivas evidencias se pueden encontrar el documento **Apéndice 1.** Entre éstas podemos observar:

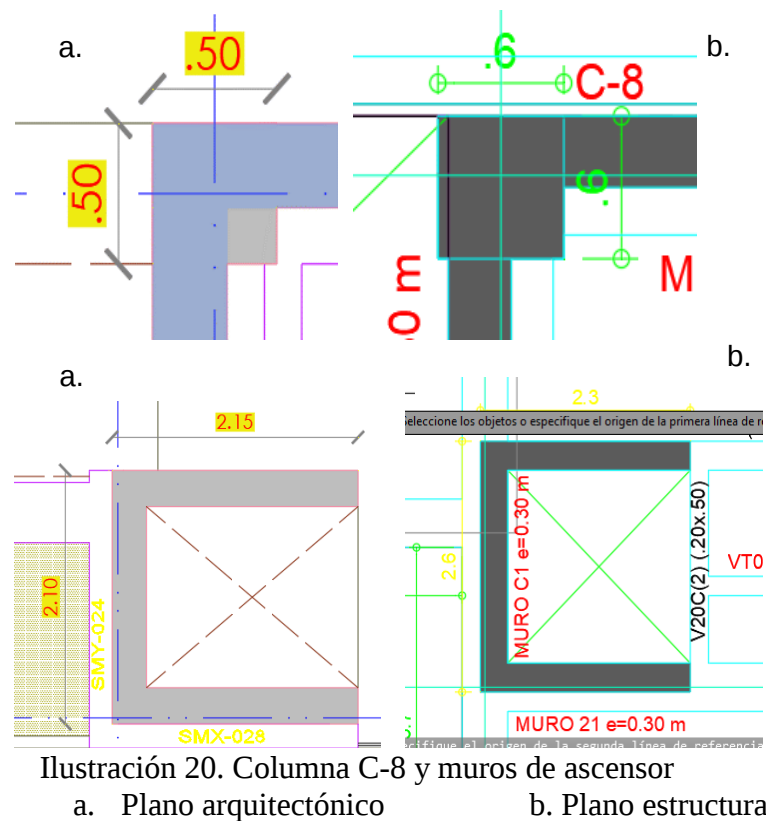
- ❖ No hubo respuesta por parte de la oficina de planeación en la solicitud de información reciente en cuanto a planos y demás.



Ilustración 19. Evidencia de correo

El paso más importante del cual el avance de la investigación dependía directamente y sin esto no se podía dar inicio a la investigación. Sin embargo, el ingeniero Ceudiel Iván Mantilla compartió toda la información preliminar con la que se dio inicio a la obra, ésta es la versión del año 2019, por lo tanto no es actualizada. Es importante considerar lo dicho anteriormente, por lo que al comparar las cantidades pueden haber divergencias con el presupuesto actual.

❖ Incongruencias en las dimensiones de elementos estructurales como columnas y muros entre planos estructurales y arquitectónicos.



En la imagen anterior se evidencia alguno de los casos de dichas diferencias entre planos, en los muros de la entrada y en otros lugares, en los planos de la placa de entre piso hay algunas secciones como los voladizos que no se evidencian en los planos estructurales generando confusiones. El tiempo que

llevó acalar todas éstas congruencias fue más de 3 semanas, en lo que se decidió avanzar acoplando cada dimensión según los planos estrcuturales.

❖ En los cabezales de los pilotes la altura varía entre 1m hasta 1,6m según se evidencia en los planos, sin embargo, en el plano de detalle aquellos que dicen tener una altura H de 1,2 o 1,4 solo miden 1m. Para continuar con el diseño se tomó como referencia las medidas de las especificaciones técnicas.

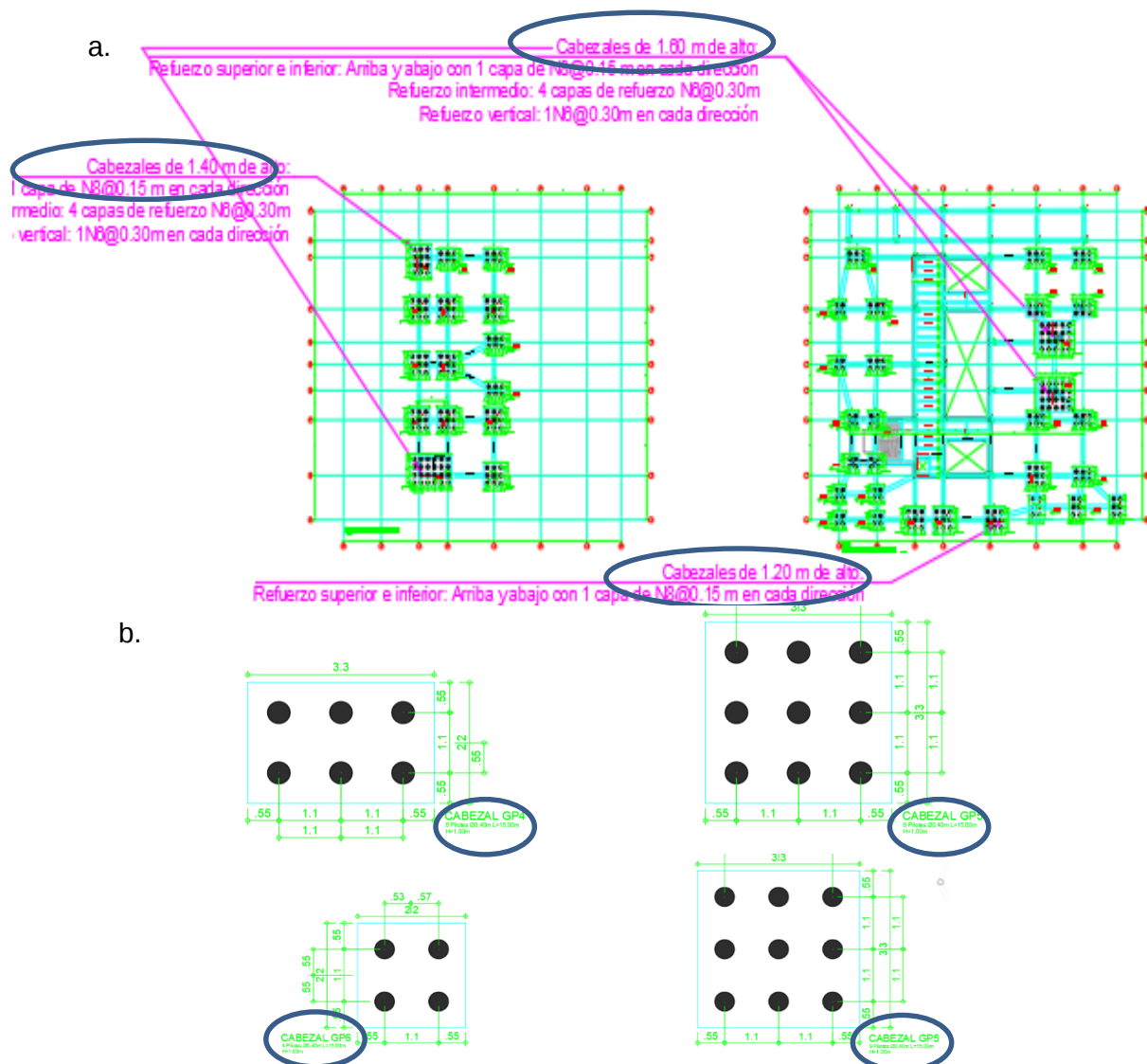


Ilustración 21. a. Especificaciones técnicas de cabezales de los pilotes b. Detalles de cabezales

❖ En el sistema de micro pilotes la distancia del embebido es de 65 cm para un cabezal de H igual a 1 metro, pero no para un cabezal de 1.2m, 1.4m y 1.6m que tienen el resto de pilotes. Ni en las especificaciones técnicas se encuentra la aclaración de que dicha distancia corresponde al 65% dentro del cabezal,, fue hasta que se pudo concretar una reunión con el ingeniero Ceudiel que se aclararon muchas dudas, es especial ésta.

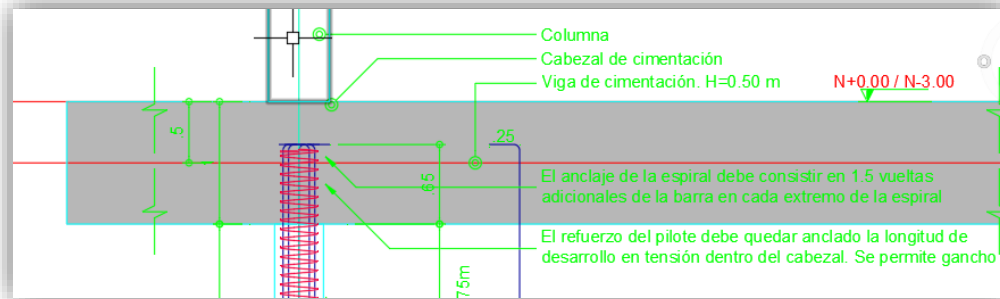


Ilustración 22. Detalles de micro pilotes

❖ En la rampa también existe un sistema de pilotaje el cual tiene poco detalle en cuanto a profundidades, y no especifica que es similar a los demás pilotes, es decir, que la distancia del embebido es la misma. Además existe el mismo problema de otro plano dentro del mismo que se prestó para confusión en lo que se perdió una gran cantidad de tiempo.

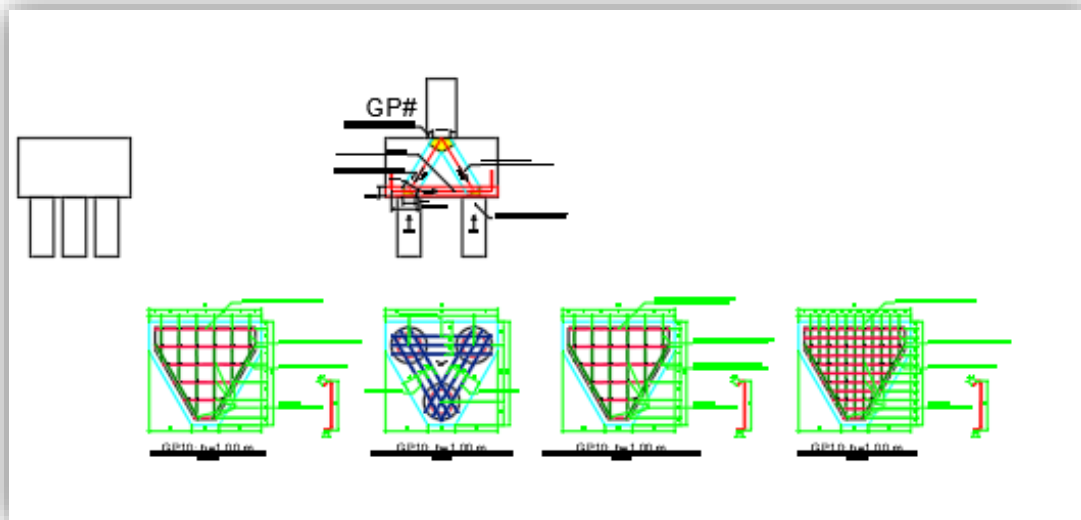


Ilustración 23. Detalles micro pilotes de la rampa

❖ Las columnas en Y (F1-F2, G1-G2', H1-H2') no vienen detalladas según su forma, sino como si fuesen columnas rectas. Por lo que su diseño se hizo como dos columnas independientes inclinadas que se encuentran con un desfase de 1m del nivel 0.

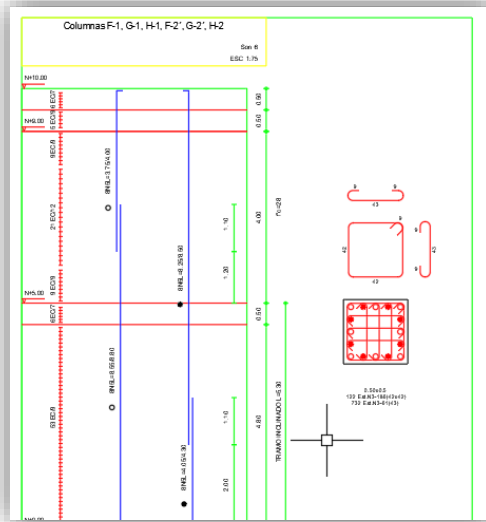


Ilustración 24. Detalles de Columnas Y.

❖ En los planos de mampostería no hay un detalle y tampoco el presupuesto lo especifica con referencia al grosor de los recubrimientos de los muros, de la pintura, que tipo de pintura usaron en cada caso o muro. Por lo que se tomó que el pañete para todos los muros de 2 cm y estuco de 1 cm para toda la estructura para dar una buena presentación, sin embargo, el estuco no es un valor a cuantificar por falta de aclaraciones sobre el mismo. Agregando a lo anterior, en los planos y especificaciones técnicas de los muros de mampostería no habla nada de los muros de 50 cm de grosor, según parece son muros dobles, pero sus detalles son escasos. En los planos encontramos alturas y longitudes pero no lo correspondiente a muros dobles, tampoco esto se ve reflejado en el documento de especificaciones técnicas. Además no existe una medida de ventanas, pero en la vida

real allí se ven estas ventanas. Información que se puede constatar a continuación además de la carpeta de **información preliminar**.

6,00	MAMPOSTERIA Y PREFABRICADOS		
6,01	Muro en bloque no. 5 rosado b=0.10	M2	2305,17
6,02	Alfagias en concreto b=0.20 según diseño	ML	120
6,03	Goterros según diseño	ML	240
6,04	Caja para medidor de agua con tapa en pvc	UND	1
6,05	Mesón en concreto con h 1.20 según diseño	M2	57,48
6,06	Viga de confinamiento según diseño	ML	749,05

Tabla 1. Cantidades de obra para mampostería.

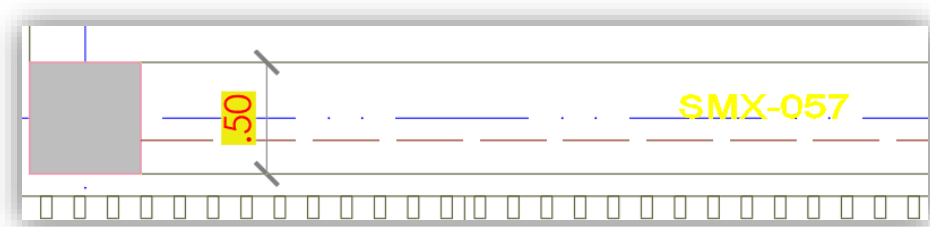


Ilustración 25. Planos de muros de mamposteria

SMX-056	5,00	4,30	21,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	2,00	12,00	9,50
SMX-057	5,60	2,00	11,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,20

Tabla 2. Tabla de detalle de muros de mampostería.



Ilustración 26. Muros reales en obra.

❖ En el plano hidráulico muestra tubería de 2", 1 1/4" y 1/2", pero en las cantidades y especificaciones técnicas habla de 1/2", 3/4", 1", 1 1/2" y 2", pero esta información de donde y cuanto no se puede identificar en los planos. Esto mismo ocurre en los planos sanitarios.

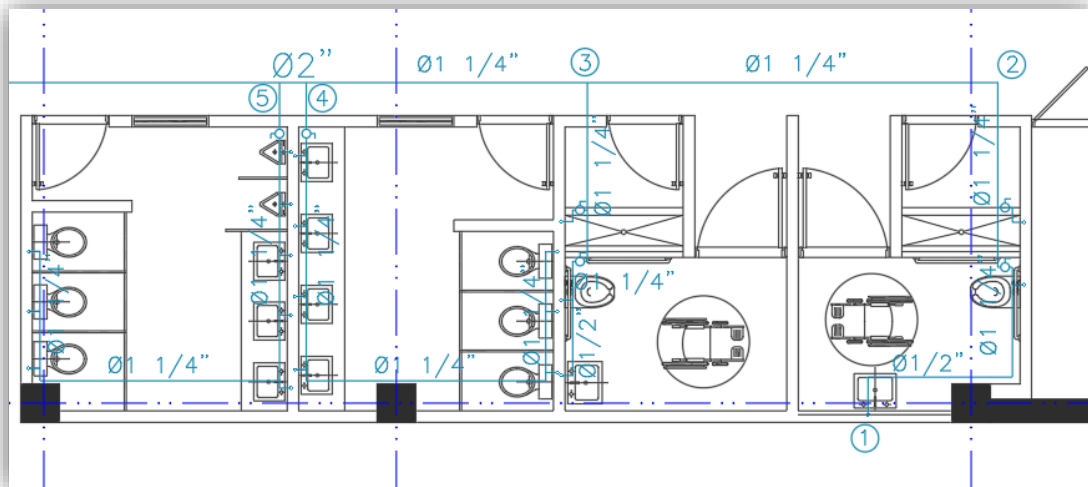


Ilustración 27. Plano Hidráulico.

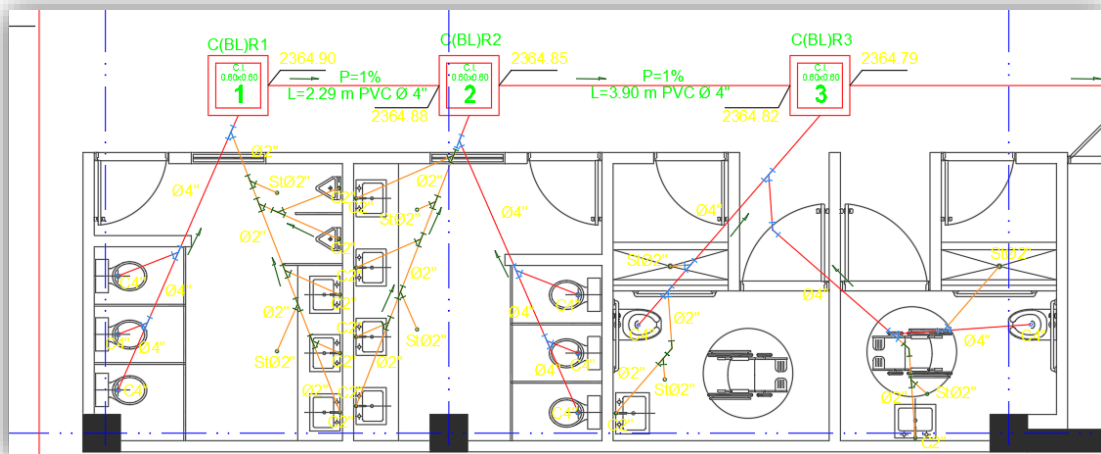


Ilustración 28. Plano Instalación Sanitaria

Tabla 3. Ítems cantidades de las instalaciones hidrosanitarias.

ITEM	ELEMENTO (DESCRIPCION)
7,01	tubería agua presión pvc 1/2"
7,02	tubería agua presión pvc 3/4"
7,03	tubería agua presión pvc 1"
7,04	tubería agua presión pvc 1 1/2"
7,05	tubería agua presión pvc 2"
7,06	punto agua fría pvc
7,07	grifería tipo push
7,08	llaves de corte de 1/2" a 1" incluye tapa plástica
7,09	llave de jardín cromada liviana
7,11	tubería aguas servidas d=2"
7,12	tubería aguas servidas d=3"
7,13	tubería aguas servidas d=4"
7,14	tubería aguas servidas d=6"
7,15	punto desagüe pvc 3"-4"
7,16	punto desagüe pvc 2"-3"

❖ Las especificaciones técnicas junto con los planos no fue lo suficientemente claros además de diferencias entre lo que se mostraba en los planos. Según se espera las especificaciones técnicas debe aclararse dudas o complementar la información que tal vez en los planos no se encuentra; aun así, no siempre fue lo suficientemente clara en lo que a muros de mampostería se refiere, instalaciones, algunos elementos estructurales, etc.

Para dar fin a ésta fase, se creó una tabla de materiales según se observó en planos y especificaciones técnicas con cada una de sus dimensiones la cual se puede observar en la tabla 4.

Material o elemento	Unidad
<i>Placa entrepiso - F'c=28 Mpa</i>	m3
<i>Micro Pilotes F'c=28 Mpa</i>	m3
<i>Cabezales F'c=28 Mpa</i>	m3
<i>Columnas F'c=28 Mpa</i>	m3
<i>Vigas F'c=28 Mpa</i>	m2
<i>Muros F'c=28 Mpa</i>	m3
<i>Total concreto</i>	m3
<i>Bloque N°5</i>	Und.
<i>Mortero 1:4 (0,02m)</i>	m3
<i>Pintura Estuco</i>	m3
<i>Tubería Agua a presión PVC 1/2"</i>	ML
<i>Tubería Agua a presión PVC 1 1/4"</i>	ML
<i>Tubería Agua a presión PVC 2"</i>	ML
<i>Punto de agua fría PVC</i>	UND
<i>Grifería institucional tipo PUSH</i>	UND
<i>Llave de corte PVC DE 1/2" A 1"</i>	UND
<i>Codo 90° PVC 1 1/4"</i>	UND
<i>T PVC 1 1/4"</i>	UND
<i>Reducción 1 1/4" a 1/2"</i>	UND
<i>Reducción 2" a 1 1/4"</i>	UND
<i>Codo 90° PVC 2"</i>	UND
<i>T PVC 2"</i>	UND
<i>Tubería Sanitaria PVC D=2"</i>	ML
<i>Tubería Sanitaria PVC D=4"</i>	ML
<i>Punto Sanitario de desagüe PVC 3"-4"</i>	UND
<i>Punto Sanitario de desagüe PVC 2"-3"</i>	UND
<i>Pozo de inspección en mampostería según diseño H=1.20M</i>	UND
<i>Caja de inspección en mampostería 60X60X59</i>	UND
<i>Lavamanos</i>	UND
<i>Inodoros</i>	UND
<i>Orinales</i>	UND

Tabla 4. Materiales con sus respectivas variables

3.2. MODELO EN AUTODESK REVIT 2023.

Para el cumplimiento ésta fase se realizó el modelo en 3D aún con las inconsistencias nombradas anteriormente; el modelo puede no coincidir en su totalidad con toda la información preliminar lo cual afectó los resultados de cantidades de obra arrojados por el mismo software, además, de que su terminación por completo se vio limitada por el tiempo, es decir, que el modelo no se encuentra acabado en su totalidad. El formato en REVIT se puede evidenciar en el documento **Apéndice 2.**

En primer lugar se crearon las familias de pilotes con sus respectivas dimensiones, cabezales con alturas variables entre 1m a 1,6m; los micro pilotes con una altura de 15m, 40cm de diámetro y un embebido del 65% de la altura del cabezal. En las columnas encontramos de 0.5x0.5m, 0.6x0.6m, 0.6x0.5m, 1x0.5m, 1x0.6m y 0.9x0.8m. Las vigas tienen una dimensión de 0.5x0.5m, en la parte del ascensor encontramos una viga de 0.3x0.5m, en los voladizos del nivel 2 y la entrada de la rampa encontramos vigas de 0.2x0.5m y la viga que une las columnas F-2 y F-2' mide 0.6x0.5m junto con la 2 vigas de la entrada junto a las columnas G-7 y G-3. Las riostras miden 0.2x0.5m y las losas de entrepiso tienen una dimensión de 0.085 m de altura, con un recubrimiento con un espesor de 0.085m. También están los muros de contención y algunos otros muros estructurales con un espesor de 0.3m en el ascensor, la entrada principal y la columna E-1. Observar la ilustración 30 “Planos estructurales”

Cada uno de estos elementos se agrega por medio de la interfaz de estructura dónde se pueden ver las opciones de pilares, vigas, sistemas de vigas, suelos, cimentaciones, etc.

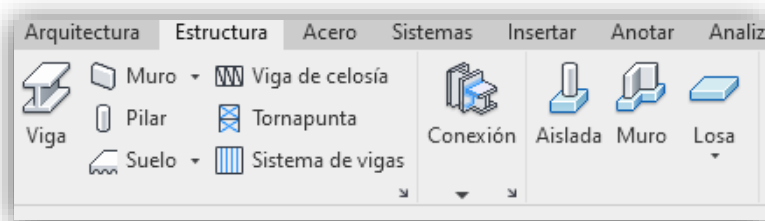


Ilustración 29. Interfaz estructura de Revit.

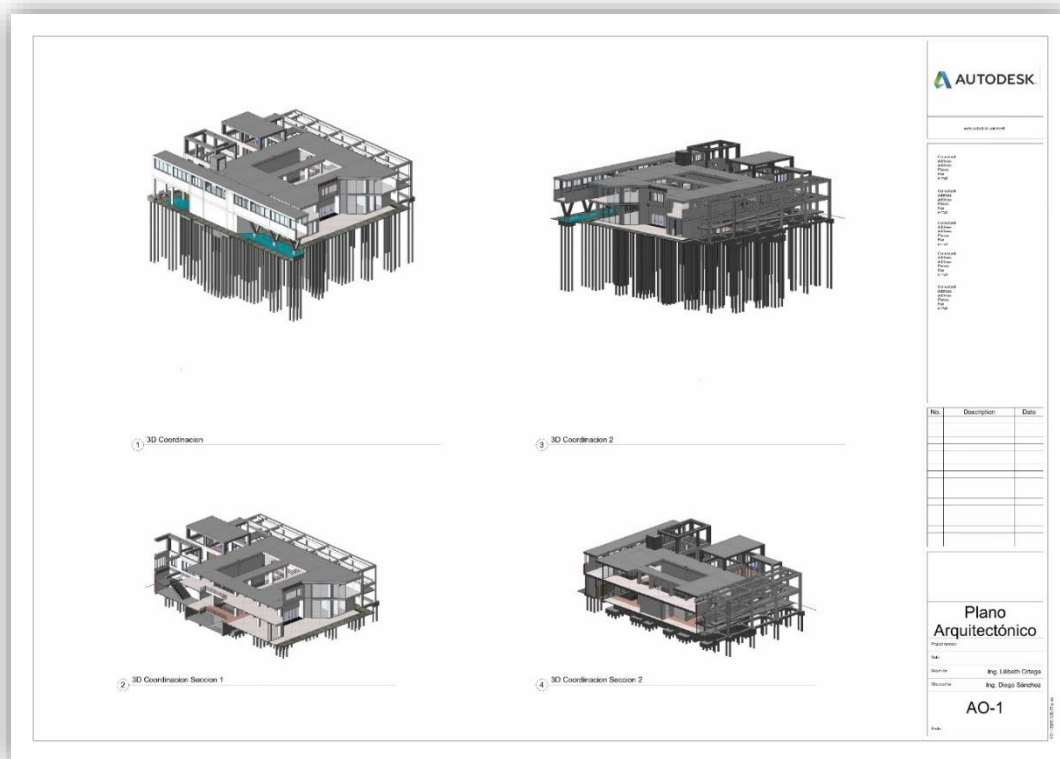


Ilustración 30. Planos estructurales.

Adicionalmente, también producto del software REVIT, se muestran los planos arquitectónicos en la ilustración 32. En este caso encierran lo que son muros de mampostería con espesores variables entre 10, 15, 20 y 50 cm. En el caso de los muros de 50cm corresponde a muros dobles con una altura de 2 m, 3.3m y 4.5m según diseño. El recubrimiento de pañete 1:4 se tomó de 2 cm para todos los muros y un estuco de 1 cm para dar una mejor presentación al modelo, puesto que en las especificaciones técnicas y planos no se habla del espesor o tipo de pintura para cada respectivo muro. Además, los ventanales y muros cortina de vidrio según diseño se elaboraron con las familias originales del programa, ya que por causa del tiempo no se pudo crear cada familia independientemente.

Cada uno de éstas opciones se crean por medio de la interfaz arquitectura como se ilustra en la figura 31.

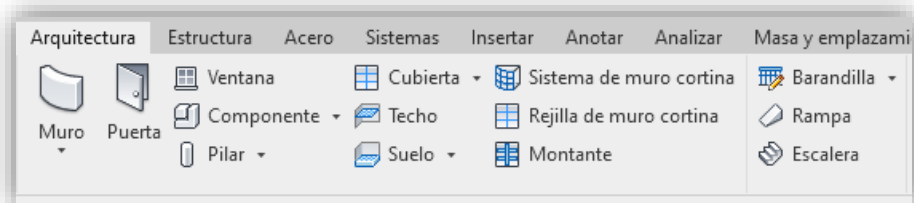


Ilustración 31. Interfaz Arquitectura de REVIT.

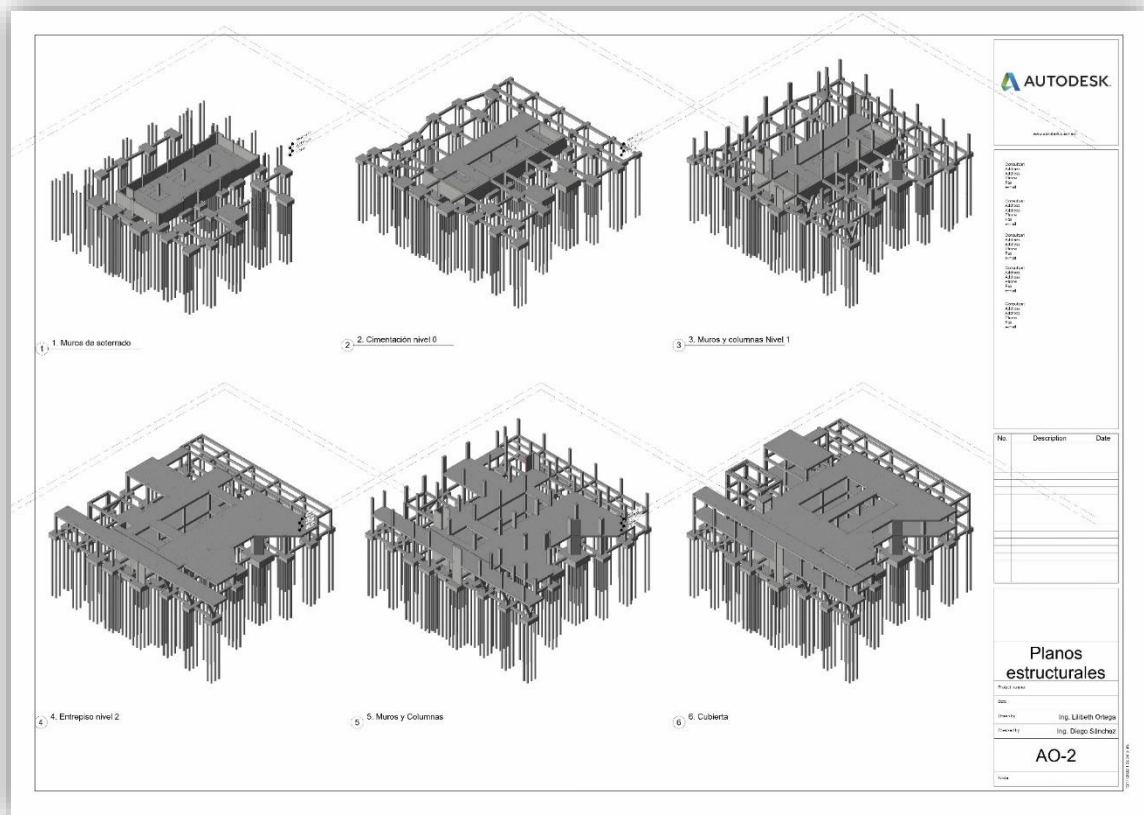


Ilustración 32. Planos arquitectónicos

En el sistema hidrosanitario se creó un Mep según los planos de diseño, no se tomó como referencia a la información de las cantidades sino lo que se podía observar dentro de los planos 2d, se usó la familia Pavco tanto para la tubería a presión como para la sanitaria. Allí se encontraban tuberías de 2 y 1 1/4" para tuberías a PVC y sus respectivos accesorios como codos, tes y reducciones. En el caso de la tubería sanitaria es de 2" y 4" y con sus respectivos accesorios. Observar la ilustración 33,

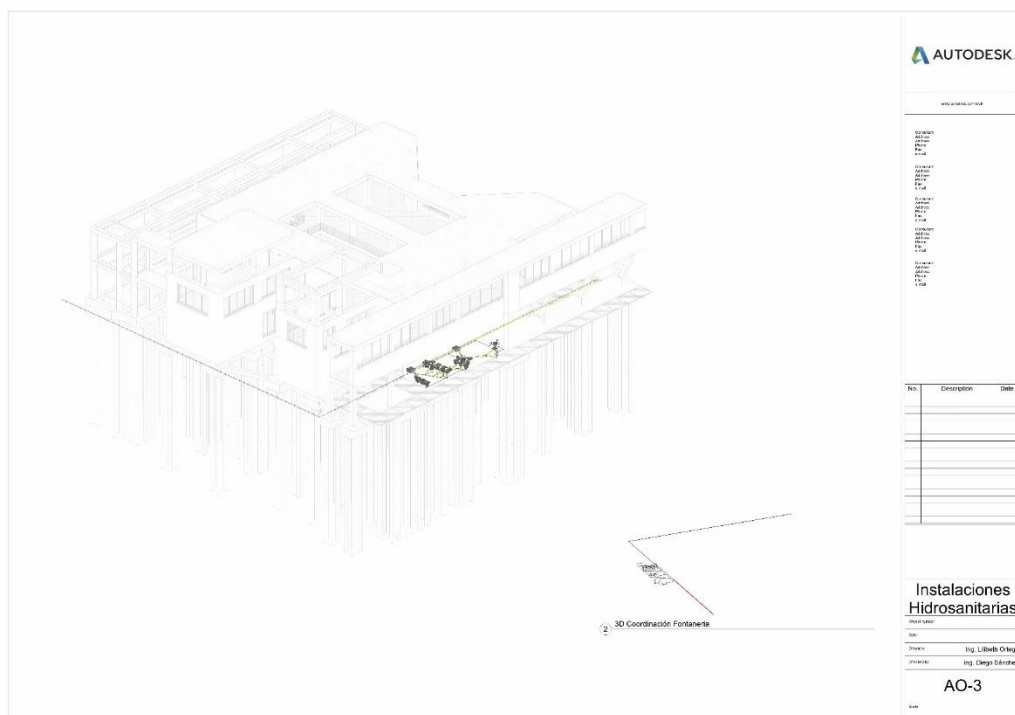


Ilustración 33. Plano de fontanería

3.3. CANTIDADES DE OBRA MEDIANTE AUTODESK REVIT 2023

El cumplimiento de esta fase se vio limitada por la falta de tiempo y las inconsistencias encontradas en la información preliminar como se evidenció en el apéndice 1. Divergencias en las medidas y la falta de información dificultaron el completo avance del proyecto además de resultados disímiles o muy alejados de los que se muestran en las tablas de cantidades por parte de la oficina de planeación; por tal razón, el alcance que se tenía planificado no se vio en su integridad y totalidad.

Sin embargo, en consecución a las fases se seleccionaron los materiales que se creían que se parecerían más a la información preliminar para así cumplir con el objetivo planteado; entre estos a los materiales que se le dio prioridad y se intentó cumplir sus dimensionamientos es de los muros de mampostería, concreto de la estructura y las instalaciones hidrosanitarias.

A continuación en la tabla 5 se encuentran resumidas las cantidades de cimentación como los

muestra el programa; éste arroja un total de concreto de cimentación de 1167.7 m³ con una diferencia de 238.6 m³ que hizo falta, según lo calculado manualmente, y una diferencia de 1.2m³ de más en comparación con la información preliminar. En las tablas 6 a la 13 se observan también las cantidades pero luego de ser exportadas al software Microsoft Excel y resumidas para una mejor presentación. Complementado a lo anterior, en el documento **Apéndice 3** están exportadas y explicadas más detalladamente y en el **Apéndice 2** por medio del modelo se muestran dichas tablas

<T1 Cantidades generales de cimentación>				
A	B	C	D	E
Familia	Descripción	Material estructural	Área	Volumen
Encepado-Rectangular	Gp1 (4.4 x 6.6 x 1.6m)	Concreto 4000PSI	29 m²	46.46 m³
Encepado-Rectangular	Gp2 (4.4 x 5.5 x 1.6m) 2	Concreto 4000PSI	48 m²	77.44 m³
Encepado-Rectangular	Gp3 (4.4 x 3.3 x 1.4m)	Concreto 4000PSI	15 m²	20.33 m³
Encepado-Rectangular	Gp4 (3.3 x 2.2 x 1m)	Concreto 4000PSI	123 m²	123.42 m³
Encepado-Rectangular	Gp5 (3.3x3.3x1m)	Concreto 4000PSI	131 m²	130.68 m³
Encepado-Rectangular	Gp6 (2.2 x 2.2 x 1m)	Concreto 4000PSI	48 m²	48.40 m³
Encepado-Rectangular	Gp7 (3.3 x 3.3 x 1.5m)	Concreto 4000PSI	11 m²	13.07 m³
Encepado-Rectangular	Gp9 (1.9 x 0.8 x 1m)	Concreto 4000PSI	11 m²	10.64 m³
M_Pile Cap-Triangular	Gp10 (triangular)	Concreto 4000PSI	11 m²	11.29 m³
Pilote circular concreto	Pilote D=400mm 2	Concreto 4000PSI	46 m²	685.97 m³
Concreto 4000PSI: 420			473 m²	1167.70 m³

Tabla 5. Cantidades Generales de cimentación por Autodesk REVIT.

La tala 6 es reúne la cantidad de tubería a presión en PVC, por lo que hay una disimilitud entre los planos y las cantidades además de un error en el modelo 3D; en el proceso de la fase I se observó que algunas tuberías no se mostraban en el diseño en 2D y a la hora de plasmarlos en el software REVIT se cometieron algunas equivocaciones en la asignación del diámetro de la tubería en los tramos 1-2 y 3.No obstante, la tubería de 2” difiere en 2,076 Ml en comparación con los planos y el cálculo de cantidades inicial. De la misma manera ocurre con la intención sanitaria. Observar **apéndice 1** y las tablas 7 y 8.

Pavco Presión PVC Tuberías		
Diámetro	Descripción del Producto	Longitud
1 1/4",	TB LISO PRE 1.1/4 RDE21 6M	35,69
2"	TB LISO PRE 2 RDE21 6M	64,39
<i>Grand total:</i>		100,62

Tabla 6. Tubería a presión PVC.

Pavco Sanitaria PVC Tuberías		
Diámetro	Descripción del Producto	Longitud
4"	TB SAN 4 6M	22,3
2"	TB SAN 2 6M	23,72
4"	TB SAN 4 6M	24
<i>Grand total:</i>		70,02

Tabla 7. Tubería Sanitaria PVC.

Pavco Sanitaria PVC Accesorios,,,,,	
Cantidad	Descripción del Producto
3	CODO SAN 22.1/2 4 CXC
2	CODO SAN 45 2 CXC
1	CODO SAN 45 4 CXC
24	CODO SAN 90 2 CXC
8	CODO SAN 90 4 CXC
1	BUJE SAN 4X2 SOLD
9	CODO SAN 90 2 CXE
9	SIFON SAN 180 LIMPIEZA 2
3	YEE RED SAN 4X2
7	YEE SAN 2
6	YEE SAN 4

Tabla 8. Accesorios.

Sin lugar a dudas los muros de mampostería fueron otro gran reto, empezando por los muros dobles; el software arroja una unas cantidades de 27886 bloques aproximadamente, el cálculo manual arrojó un total de 28917 bloques según los planos arquitectónicos, mientras que la información

preliminar es de 2.306. Cada uno de ellos difiere entre sí considerablemente. Observar la tabla 9 y la **información preliminar**

<i>Tabla de planificación de muros,,,</i>					
<i>Tipo</i>	<i>Área</i>	<i>Volumen</i>	<i>Longitud</i>	<i>Área bloques</i>	<i>N° bloques</i>
<i>Bloque N5 ,12</i>	1813	217,05	704,52	0,065	27885,512
<i>Estuco blanco</i>	4152	41,51	2181,4		
<i>Muro 11 e=0.3m</i>	19	5,64	5,73		
<i>Muro 21 e=0.3m</i>	64	19,17	26,04		
<i>Muro 41 e=0.3m</i>	35	9,47	7,81		
<i>Muro 81 e=0.3m</i>	16	4,93	4,2		
<i>Muro C1 e=0.3m</i>	37	11,17	14,4		
<i>Muro C1 sup e=0.3m</i>	1	0,36	1,2		
<i>Muro C2 e=0.3m</i>	22	6,55	5,49		
<i>Muro cortina</i>	784		255,78		
<i>Muro de contención</i>	263	263	99,39		
<i>Muro F1 e=0.3m</i>	20	5,86	4,37		
<i>Muro falso concreto</i>	30	30	8,4		
<i>Muro Prefabricado</i>	30	18	4,39		
<i>Pañete 1-4</i>	2552	51,02	884,95		
<i>VANO PUERTA e=0.15m</i>	1	0,21	11		
<i>VANO PUERTA e=0.15m</i>	9,1	0,21	11		
<i>Total general</i>	1765,9827	455,59	4218,64		27882,521

Tabla 9. Cantidades de mampostería.

En referencia al total del concreto de la estructura los cuales incluyen losas de entrepiso, columnas y vigas, de la misma manera hay discrepancias en los valores de cantidades, en la ilustración 20 se alcanzan a identificar algunas de las causantes de dichos problemas.

Basados en las cantidades iniciales el concreto total es de 984.7m³, el software es de 1054.94m³ y el hecho a mano es de 985.9. En las tablas 10 y 11 se observan las cantidades de concreto de las vigas y columnas respectivamente.

T3 Cantidades de vigas en concreto,,,,

Familia	Tipo	Material estructural	Longitud	Volumen	Nivel
Hormigón-Viga rectangular	Viga cimentación 0.2 x 0.5m	Concreto 4000PSI o 28MPa	2,5	0,21	Nivel - 3
Total:	23	Concreto 4000PSI o 28MPa	165,96	22,62	
Hormigón-Viga rectangular	Viga cimentación 0.5 x 0.5m	Concreto 4000PSI o 28MPa	4,6	0,33	Nivel 0
Total:	110	Concreto 4000PSI o 28MPa	705,11	115,51	
Hormigón-Viga rectangular,	Vigueta VT13 (0.2x0.5m)	Concreto 4000PSI o 28MPa	17,56	1,35	Nivel 5
Total:	140	Concreto 4000PSI o 28MPa	1366,18	193,23	
Hormigón-Viga rectangular	Viga cubierta 0.2 x 0.5 m	Concreto 4000PSI o 28MPa	4,58	0,4	Nivel 9
Total:	113	Concreto 4000PSI o 28MPa	1119,16	158,3	
Hormigón-Viga rectangular	Viga cubierta 0.2 x 0.5 m	Concreto 4000PSI o 28MPa	6,6	0,66	Nivel 10
Total:	13	Concreto 4000PSI o 28MPa	124,9	16,48	
Hormigón-Viga rectangular	Viga cubierta 0.5 x 0.5m	Concreto 4000PSI o 28MPa	0,75	0,1	Nivel 13
Total:	11	Concreto 4000PSI o 28MPa	64,8	10,05	

Tabla 10. Cantidades Vigas en concreto

Tabla de planificación de pilares estructurales

Familia y tipo	Recuento	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar: C1 (0.5 x 0.5m),	125	107,29
Hormigón-Rectangular-Pilar: C2 (0.6 x 0.6m)	45	58,78
Hormigón-Rectangular-Pilar: C3 (1 x 0.5m)	7	13,96
Hormigón-Rectangular-Pilar: C4 (0.9 x 0.8m)	4	12,96
Hormigón-Rectangular-Pilar: C5 (0.5 x 0.9m)	18	22,5
Hormigón-Rectangular-Pilar: C6 (1 x 0.6m)	4	10,8
Hormigón-Rectangular-Pilar: C aux (0.3 x 0.3m)	5	0,45
Total	208	226,75

Tabla 11. Cantidades de los pilares estructurales

3.4. ANALISIS DE USABILIDAD

Según se puede observar en el documento **Apéndice 4** el análisis usabilidad un poco más detallado, como se estableció en la metodología, se realizó manualmente el proceso de cálculo de la manera tradicional, tomando el tiempo ; de la misma manera se tomó el tiempo de la tarea por medio del software Autodesk REVIT; el tiempo que conllevó el cálculo de las cantidades de concreto, muros de mampostería e instalaciones hidrosanitarias fue de 10 horas aproximadamente, mientras que en el software Autodesk Revit 2023, ignorando el tiempo de diseño, se limitó a la suma de 30 a 40 Clicks lo que suma aproximadamente a unos 10 a 20 minutos.

Es trascendental reconocer que el tiempo de ejecución de la actividad es directamente dependiente del manejo del programa y la computadora de trabajo; ésta computadora cuenta con una tarjeta gráfica de 2 Gigas RADEON, disco sólido y de 225 Gigas, 8 GIGAS de memoria RAM y un procesador RYZAEN 5.

Para un análisis objetivo sobre el manejo de los programas Microsoft EXCEL y Autodesk REVIT, Se llevó a cabo una pequeña **encuesta** donde se pudieron deducir variables importantes como accesibilidad, facilidad de aprendizaje, diseño de la interfaz, operabilidad y prevención de errores; para así realizar el análisis de usabilidad por medio del método inspección de características señalado en el marco teórico página 26.

En los resultados obtenidos por los más de 30 encuestados, es que solo el 4.2% de los estudiantes tienen instalado el software Autodesk REVIT y de los profesionales el 44,4%. La mayoría se limita a trabar con Microsoft Excel por falta de conocimiento del tema y manejo del programa.

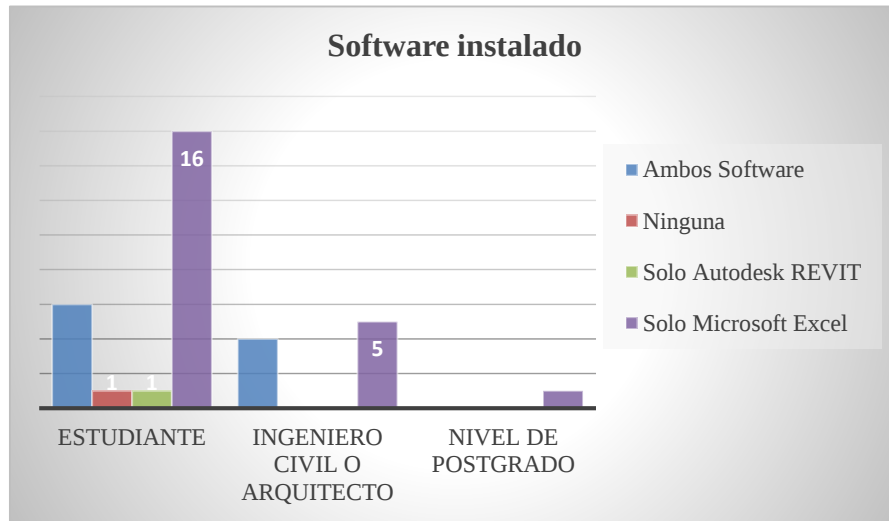


Ilustración 34. Software instalado

En cuanto al software que se usa con más frecuencia para el cálculo de cantidades de obra el 82.35% usa exclusivamente Microsoft Excel, y sólo el 8.8% Autodesk REVIT; demostrando así el escaso uso del programa en sus trabajos.

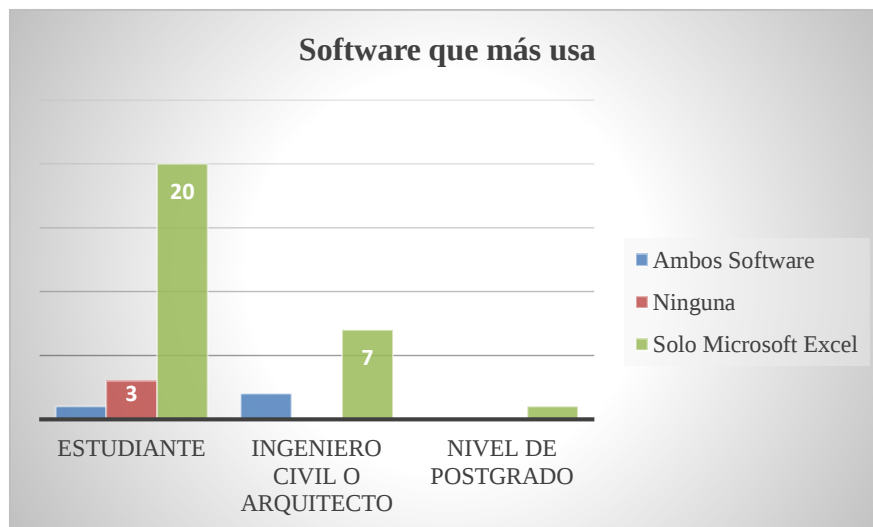


Ilustración 35. Software que usa para el cálculo de cantidades

En lo que se refiere a la facilidad de manejo de Microsoft Excel más del 70% considera que es fácil o medianamente fácil y el 23.53% cree que es medianamente difícil y sólo un estudiante lo desconoce.

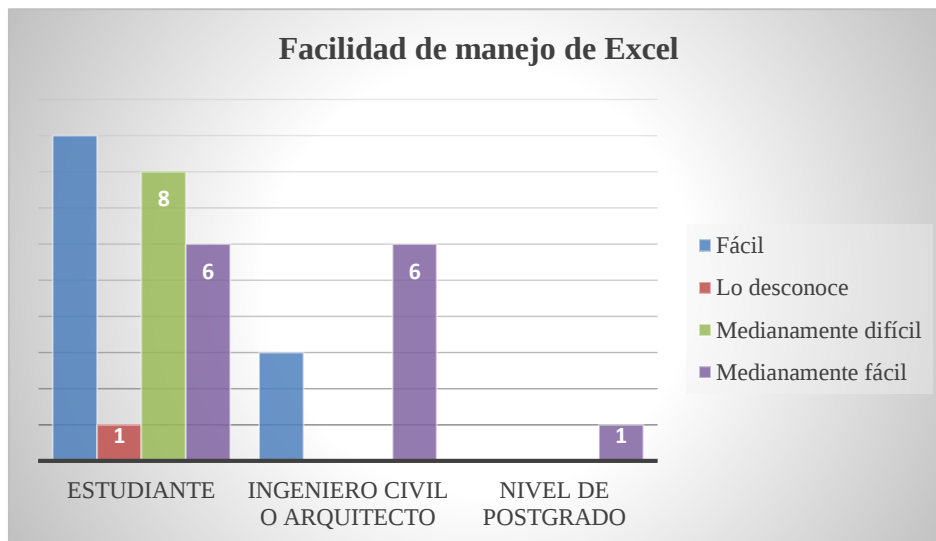


Ilustración 36. Facilidad de manejo de M. Excel

A diferencia de los resultados anteriores se cree que aquellos quienes no manejan el programa dicen que su manejo es difícil o lo desconoce, lo que significa que algunos estudiantes no se toman el tiempo de aprender sobre el uso de éstas herramientas tan útiles.

El 62.5% de los estudiantes encuestados y el 30% de sólo los profesionales encuestados no saben el uso de programa y desconocen su dificultad. Aquellos que han tenido un acercamiento al programa consideran que es difícil, medianamente fácil o medianamente difícil sumando un total del 41.2% del total de encuestados.

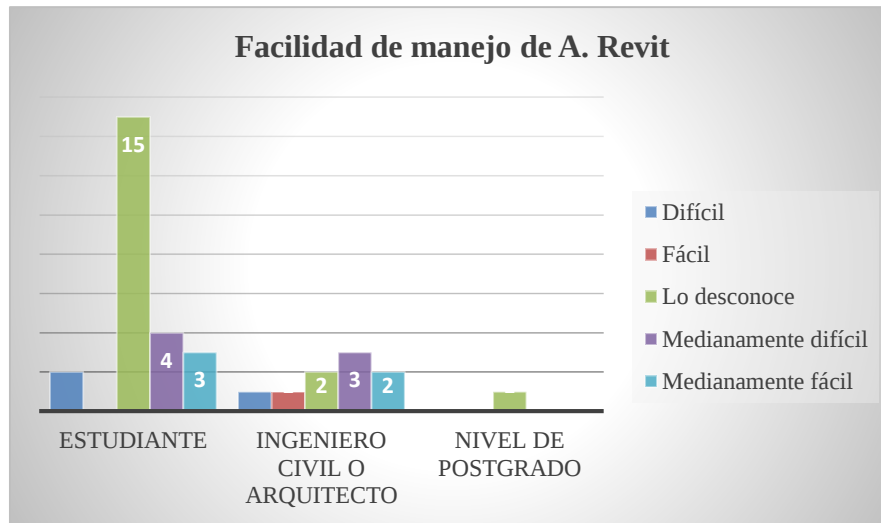


Ilustración 37. Facilidad de manejo A. Revit.

En las ilustraciones 35 y 36 se muestran el tiempo que les costó aprender a manejar tanto Autodesk Revit como Microsoft Excel, por lo que 79.4% considera que éstos programas requieren de un constante aprendizaje. El 32.4% le tomó manejar M. Excel entre 1 a 6 meses y el 67.7% no maneja el software Autodesk Revit.

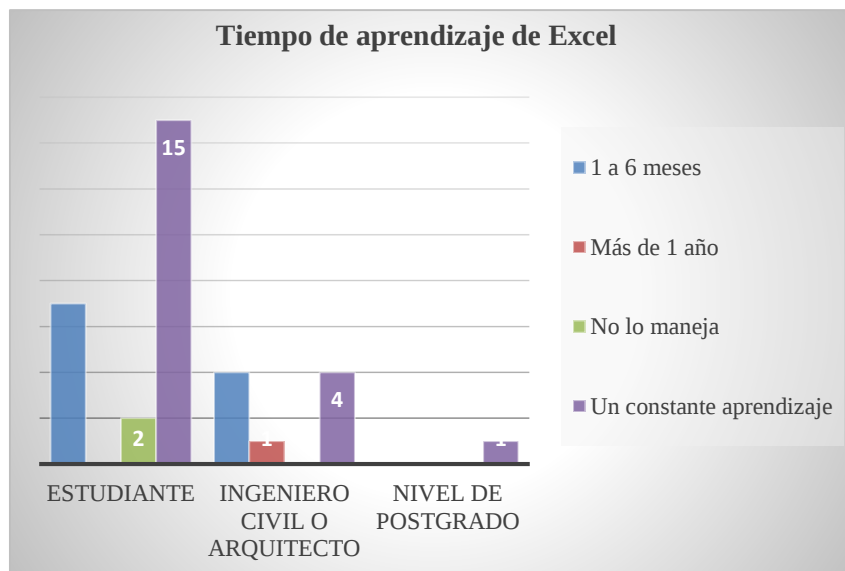


Ilustración 38. Tiempo de aprendizaje del programa Excel.

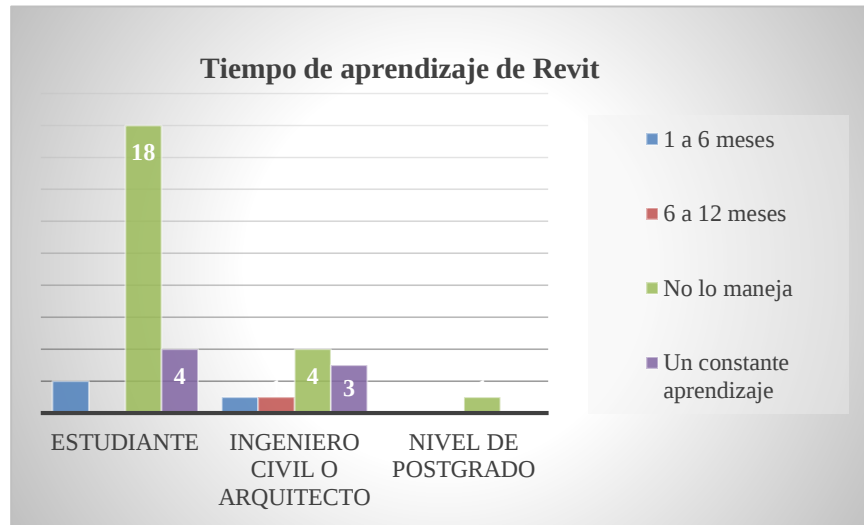


Ilustración 39. Tiempo de aprendizaje del software Revit.

Así mismo se evaluó el diseño de la interfaz de los dichos programas para el cálculo de cantidades por lo que el 47.1% dice que la mejor interfaz es la de A. Revit, el 38.23% M. Excel y el 14.7% cree que ninguna de las 2.

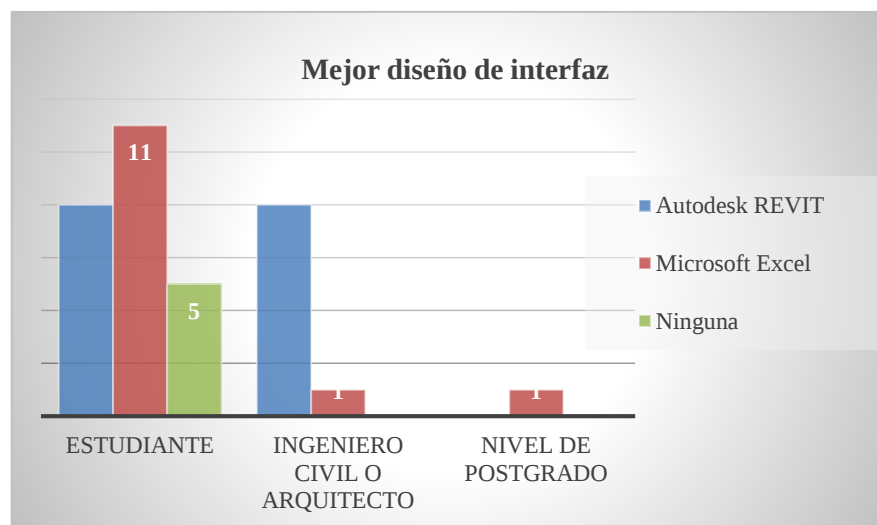


Ilustración 40. Mejor diseño de interfaz.

Finalmente se preguntó que cuanto tardaría en extraer las cantidades de obra de una placa de entepiso aligerada de 15x30m con un espesor de 0.1m; el 11.8% tardaría al menos un día, el 2.9% de 9 a 12 horas, el 29.4% de 3 a 6 horas, el 55.9% de 1 a 3 horas por medio del software M. Excel; ésta variable es dependiente de la experiencia en la práctica.

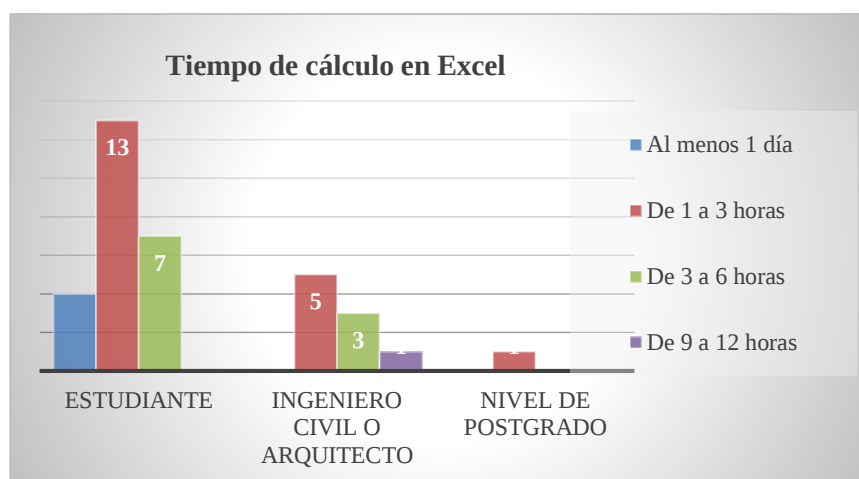


Ilustración 41. Tiempo de cálculo en Excel

Ésta misma pregunta se realizó pero de manera libre sobre el software A. Revit por lo que solo el 64.6% de los encuestados participaron, siendo el 63.6% los que contestaron que tardaría de 1 a 3 horas realizando esta tarea

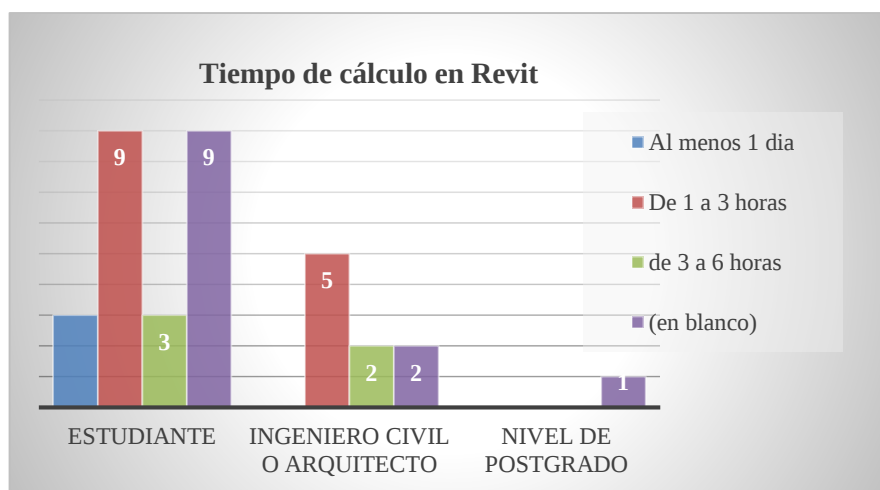


Ilustración 42. Tiempo de cálculo de Revit

Por otro lado, hablando del error de cálculo de cantidades de manera tradicional (hecha a mano) y el software, tuvieron sus diferencias en comparación a las tablas de la información preliminar. Entre las páginas 43 a la 47 se explican los errores entre las cantidades del modelo en 3D, mientras que el cálculo hecho a manos de la forma tradicional detalla valores como un concreto en m³ fue de 23392.1 con un error del 0.0042% fundamentado en las cantidades calculadas por la oficina de planeación y sus delegados en el año 2019. Hablando de un material tan importante como el concreto, la suma del concreto total según el programa es de 2271,94m³ y en comparación a la preliminar que es de 2392.2m³ el error es del 5.1% mayor que en la calculada manualmente

Agregando a lo anterior, los muros de mampostería contienen un error del 11.7% en el área de bloques N°5 con bases de 10cm; entre los valores obtenidos por el software Revit, la cantidad de bloques es de 27885,51218 aproximando a 27886 con un área de 1813 m², mientras que en el presupuesto inicial es de 2053.36m².

En las instalaciones es difícil dar un valor de error ya que tuberías que aparecen en la información preliminar no aparecen en los planos y la hecha como práctica es basada en los planos, por lo que sus valores difieren casi en su totalidad.

CONCLUSIONES

A través de éste tiempo de trabajo de investigación sobre la aplicación del análisis de usabilidad en el cálculo de cantidades de obra y en la modelación en 3D de la biblioteca, se profundizaba en el mundo de la metodología BIM por medio del software de Autodesk Revit, aprendiendo sobre las ventajas del uso del programa y demás, se pudo concluir la manera cómo influyen las confusiones por la comunicación discontinua interdisciplinarias en la fase de diseño del proyecto, la falta de información detallada y poco confiable, detalles equívocos entre los planos de diseño en 2D, etc. Interrumpiendo en el flujo de trabajo

Por otro lado, en el análisis cualitativo y cuantitativo basado en la experiencia y gracias a las encuestas realizadas sobre el manejo del software, se pudo deducir, en cuanto a simplicidad para el cálculo de cantidades de obra, el programa Microsoft Excel es el más práctico, accesible y fácil de manejar, no obstante, es propenso a errores por falla humana, ya que éste se limita a realizar tareas que el calculista digitalice, dependiendo directamente de la experiencia y perspectiva del mismo. Según se determina en el análisis de resultados los errores son más evidentes en el cálculo a mano.

Por otro lado, el software Autodesk REVIT a pesar de su complejidad es un programa muy completo con utilidades impresionantes; aunque, es necesario su conocimiento y manejo lo cual se puede obtener por cursos, diplomados, postgrados e incluso videos de YouTube. Es importante reconocer que el mundo de las BIM es muy amplio y no se limita a un simple modelo en 3D por REVIT y el cálculo de sus cantidades.

La facilidad de aprendizaje de cualquiera de los 2 programas requiere de dedicación y de un constante aprendizaje, sus utilidades son muy diferentes la una de la otra, pero en contraste al cálculo de cantidades de obra, Excel solo ofrece el servicio para organizar los resultados de un proceso manual en la que su veracidad depende del usuario o actor que interviene en dicha actividad; mientras que Autodesk

Revit luego del diseño con solo establecer los parámetros y las variables que necesitamos cuantificar, se crean las tablas; es de ésta manera que se obtienen volumen, área, tipo, longitud, unidades y muchas más.

Así mismo, los diseños de las interfaces son diferentes entre sí, sin embargo, en Autodesk Revit permite exportar las tablas de cantidades y mucha más información en comparación con Microsoft Excel; además, Excel es y será la el programa más usado, puesto que al compartir información importante como presupuestos o cantidades, el programa M. Excel es más práctico, sencillo y menos pesado. Ahora bien, las tablas que se adquieren a través de Autodesk Revit necesitan ser exportadas a Microsoft Excel para que pueda ser más accesible y comprensible para la fase de construcción.

El tiempo de cálculo de cantidades de un programa al otro es bastante grande, ignorando el tiempo diseño; pasar a tardar menos de una hora a todo un día o incluso más tiempo; dependiendo de la magnitud del proyecto, del procesador de la computadora y un correcto modelo en 3D; es una reducción de trabajo y un aumento del rendimiento considerable.

La posibilidad de cometer errores existe en las 2 formas de cálculo debido a que se requiere intervención humana, ya sea en cálculos manuales o modelado en 3D. Entre tanto, aquel que tiene un acceso y manejo del software autodesk REVIT tiene menores porcentajes de error siempre y cuando no hayan discontinuidades en los planos de diseño en 2D.

Posteriormente se puede demostrar la eficiencia del uso de la metodología BIM por medio del software Autodesk REVIT, dónde hay un trabajo colaborativo por medio del intercambio de información, la experiencia permite disminuir variables como el tiempos de modelación y por ende su rentabilidad es más eficiente. Conjuntamente, éste brinda un enfoque mucho más cercano e interactivo con la estructura.

Del mismo modo, se resalta la importancia del uso de todas estas herramientas de avance en las obras de construcción desde su planeación hasta su ejecución que comprende la complejidad o dificultad de la sociedad mejorando rendimientos, optimización de costos de prepuestos y aproximados a la realidad,

se minimizan riesgos y se previenen muchos de los problemas que se pueden presentar a la hora de construir. En la etapa de diseño, permite una mayor relación entre las especialidades o disciplinas y fomenta el trabajo en equipo el cual es crucial para un correcto avance de todo proyecto, además de la cercanía a la metodología BIM y toda su potencialidad.

Para finalizar, es importante considerar los problemas que se presentaron en todo el avance la investigación, ya que es así como los resultados difieren entre las metodologías aplicadas a los presupuestos de las obras. El Take Off fue la principal fuente de error del cálculo manual a razón de la falta de experiencia en la tarea. En cuanto al modelo en 3D, sus resultados son consecuencia a los planos de diseño en 2D, las incongruencias y falta de comunicación por parte de las disciplinas que intervienen interrumpieron el correcto desarrollo del proyecto. A pesar de todo esto, la herramienta Autodesk REVIT le brinda a sus usuarios que conciban, calculen, comparen y mejoren aún más las construcciones o proyectos, velen por su estado, detecten errores o fallas en la estructura y muchos más beneficios.

t

RECOMENDACIONES

Es importante que a la hora de hacer los diseños en 2D cada una de las disciplinas trabajen en unión, con información coherente, relacionada y real de la estructura; de ésta forma el modelo en 3D proyectará valores análogos con la obra.

En relación con la tarea del cálculo por los métodos, es importante la centralidad del actor que interviene, su experiencia en procesos constructivos y manejo del software; ya que son la base para la correcta gestión de cualquier obra o proyecto

El flujo de trabajo y la interoperabilidad entre profesionales de las distintas disciplinas está directamente conectado con la eficiencia, el perfeccionamiento, calidad, etc. De las obras, por lo tanto las empresas o contratistas deben velar en la capacitación de sus empleados, los profesionales en ingeniería civil o arquitectura, aumentando sus conocimientos y aprendiendo sobre el uso las BIM junto con su amplio mundo.

En cuanto a las universidades que no incluyen en su pensum modelación en 3D o acercamiento a la metodología BIM; se recomienda hablar a los estudiantes sus ventajas, de BIM FORUM y sin olvidar el plan 2026, en donde el uso de las BIM será una norma para todas las obras.

A los estudiantes se les sugiere que de manera independiente investiguen y aprendan sobre el manejo de software como Autodesk REVIT, de la metodología BIM, sus ventajas y maneras de llevar a cabo un proyecto BIM, creando pequeños grupos según las disciplinas que intervienen en alguna obra y poco a poco ir introduciéndose en éste amplio mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esarte, E.(20 de agosto de 2020). BuldingSmart ¿Qué es la BuldingSmart?ESAPCIOBIM. Recuperado el 13 junio 2022 de <https://www.espaciobim.com/buildingsmart> Adaptado de MicroCad [Ilustración], BIM mucho más que Revit, 2021,(<https://microcad.co/bim-mucho-mas-que-revit/>).
- Alzate, M. F. S. (2017). Impacto económico del uso del BIM en el desarrollo de los proyectos de construcción en la ciudad de Manizales. Universidad Nacional de colombia.
- Anónimo. Cantidades de obra .pdf. Obtenido por material brindado por docente.
- CAMACOL (2021). BIM Forum. CAMACOL. <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico & BIM Forum. (2017). Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones. Santiago de Chile: CDT. Recuperado de: http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/bc90_6_guia_inicial_para_implementar_bim_en_las_organizaciones_-_version_imprenta.pdf
- Gobierno de Colombia (Noviembre 2020). "Estratagema Nacional BIM 2020-2026". Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- Ismael A. C. & David L.R. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. (Proyecto de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de Obras). Universidad Católica de Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>
- López O. C. & Gonzaga L., (2020).Cálculo y diseño de estructuras BIM en Revit con Cypecad : estructura de hormigón de vivienda unifamiliar BIM con Cypecad 2020d (Tesis de grado). Universidad de Sevilla. Recupero de: <https://idus.us.es/handle/11441/103703>

- Peters, C. (2018). BIM en Colombia. <https://www.construccionlatinoamericana.com/bim-en-colombia/>.
- Trejo Carvajal, N. (2018). Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168599/Estudio-de-impacto-del-uso-de-la-metodolog%C3%ADa-BIM-en-la-planificaci%C3%B3n-y-control-de-proyectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vladimir T. R. (2019). Acercamiento a la metodología BIM. Software REVIT aplicado a proyectos de ingenierías. Empresa Idear Cienfuegos. (Trabajo de Diplomado) Universidad Centroal “Marta Abru” de Las Villas. Recuperado de: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12791>
- Banfi, F. (2019). THE INTEGRATION OF A SCAN-TO-HBIM PROCESS IN BIM APPLICATION: THE DEVELOPMENT OF AN ADD-IN TO GUIDE USERS IN AUTODESK REVIT. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W11*, 141-148. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-141-2019>
- Bonilla, J. H. S., Varón, A. F. R., & Serrano, J. P. O. (s. f.). DISEÑO Y MODELACIÓN DE PROYECTOS EN DOS Y TRES DIMENSIONES CON LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) SOPORTADO EN HERRAMIENTA AUTODESK REVIT. *BUILDING INFORMATION MODELING*, 53.
- LIDTUA/CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Austra, Falco, M., Núñez, I., Sirius Software, Mariano Acosta 1611, Tanzi, F., Sirius Software, Mariano Acosta 1611, Muñoz, L. P., & LIDTUA, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral. (2018). Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex, una Herramienta Web para Investigación Operativa. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 30. <https://doi.org/10.17013/risti.30.91-106>