

PRÁCTICA EMPRESARIAL ORIENTADA AL APOYO Y ACOMPAÑAMIENTO COMO  
AUXILIAR DE INGENIERO RESIDENTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER

Daniel Alejandro Méndez Bernal

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

David Sebastián Cotes Prieto

Magíster en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

A mis padres, Daniel Méndez Prada y Amanda Bernal Zambrano, que han sido el motivo de culminar este paso en mi vida, a mis hermanos, Andres Méndez Bernal y Sara Méndez Bernal, que han sido mi apoyo en todo momento, a mi novia, Lizeth Camila Fernández, quien ha sido mi compañía en este proceso de principio a fin, y demás familiares y amigos.

### **Agradecimientos**

A Dios, que es la fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por darme la fe y la perseverancia necesarias para alcanzar este logro

A mis padres y hermanos por su amor incondicional, apoyo en cada paso a lo largo de mi educación. Sin su apoyo este logro no sería posible.

A la Universidad Industrial de Santander, por brindarme la oportunidad de aprender, crecer y desarrollar mis habilidades en este ambiente académico único.

A mis profesores, por su orientación experta, conocimiento compartido y dedicación incansable. Sus enseñanzas han sido fundamentales en mi formación académica.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Marco de Referencia .....	12
1.1 Normatividad y Conceptos. ....	12
1.1.1 Gestión de Proyectos de Construcción. ....	12
1.1.2 Metodología de Modelado y Gestión de la Información (BIM) .....	12
1.1.3 Localización, Trazado y Replanteo.....	13
1.1.4 Cantidades de Obra .....	13
1.1.5 Sistema estructural combinado. ....	14
1.1.6 Estrategia Nacional BIM 2020-2026. ....	14
1.2 Marco Legal. ....	14
1.2.1 Norma Sismo Resistente NSR-10. ....	14
1.2.2 Normas Técnicas Colombianas.....	15
2. Objetivos. ....	16
2.1 Objetivo General.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. Metodología. ....	17
3.1 Revisión de Planos de Diseño Estructural .....	17
3.2 Recorrido y Localización de la Obra. ....	20
3.2.1 Excavación.....	21
3.2.2 Armadura de Elementos Estructurales.....	24
3.2.3 Fundida de concreto .....	25

3.3 Modelado Estructural en Software REVIT 2023.....	25
3.4 Generación de Informes y Tablas de Cantidades.....	29
3.4.1. Informes de cantidades de concreto y acero .....	29
4. Resultados. ....	32
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	43
Referencias Bibliográficas .....	45

**Lista de Tablas**

	Pág.
<b>Tabla 1. Tabla de cantidades de concreto y acero de refuerzo para 5 vigas de cimentación generada en el programa Autodesk Revit 2023. ....</b>	30
<b>Tabla 2. Tabla de cantidades de concreto y acero de refuerzo para algunas zapatas existentes en obra.....</b>	31
<b>Tabla 3. Tabla de cantidades de concreto para columnas. ....</b>	32
Tabla 4. Tabla de planificación de volumen de concreto para columnas. ....	37
Tabla 5. Continuación de la tabla anterior. ....	38
Tabla 6. Tabla de cantidades de volumen de concreto para vigas de cimentación.....	39
Tabla 7. Tabla de cantidades de volumen de concreto para zapatas y zarpas. ....	40
Tabla 8. Tabla de cantidades de Kg de acero de refuerzo para cada elemento de cimentación. ..	42

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Plano de planta de área de intervención y ubicaciones de columnas y muros perimetrales. .....	18
Figura 2 detalles de Columnas, zapatas, zarpas y muros de contención en Plano de planta de cimentación. ....	19
Figura 3 Detalles de elementos en Plano de planta nivel -2 N-8.00m.....	20
Figura 4. Control de salida de volquetas cubicadas para el mes de marzo de 2023. ....	22
Figura 5. Representación de avance de obra.....	23
Figura 6 Excavación de terreno entre ejes G-J;8-12.....	23
Figura 7. Armadura de Acero de refuerzo en elementos estructurales .....	24
Figura 8. Proceso de Vaciado de Concreto en viga principal. ....	25
Figura 9. Modelado de Planta de cimentación en software Autodesk Revit 2023 .....	26
Figura 10. Ejemplo de propiedades de un elemento tipo zapata modelada en el software Autodesk Revit 2023.....	28
Figura 11. Vista 3D de la cimentación del proyecto ampliación de la infraestructura de la facultad de Salud UIS. ....	33
Figura 12. Propiedades de los elementos en el software Autodesk Revit 2023. ....	34
Figura 13. Detalle de unión de elementos Columna-Zarpa-Viga. ....	35
Figura 14. Detalle PL2 en nivel de cimentación.....	36

## Resumen

**Título:** práctica empresarial orientada al apoyo y acompañamiento como auxiliar de ingeniero residente en la universidad industrial de Santander

**Autor:** Daniel Alejandro Méndez Bernal

**Palabras Clave:** Supervisión, planeación, proyectos, BIM.

**Descripción:** En la ingeniería civil, se ha observado una tendencia creciente hacia el enfoque colaborativo en la planificación, diseño y ejecución de proyectos. La práctica empresarial es una alternativa que permite al estudiante de ingeniería participar de este enfoque colaborativo. Este trabajo presenta el desarrollo de una práctica empresarial en la cual se implementaron herramientas tecnológicas modernas para desarrollar las cantidades de obra en la fase de cimentación estructural de un proyecto de adecuación del edificio de Salud de la UIS, para lograrlo, se utilizó el software de modelado de información de construcción (BIM) REVIT 2023, el cual permitió definir las cantidades de concreto y acero de refuerzo necesarias para las vigas, columnas, zapatas y zarpas de cimentación. Con esta información, se generaron tablas de cantidades por elemento, que facilitaron la supervisión del avance de la obra semanalmente. Como auxiliar residente de supervisión, se pudo proporcionar al ingeniero encargado de la supervisión una revisión más adecuada y eficaz de las actividades planteadas en el cronograma. Los datos obtenidos en REVIT se utilizan para generar un dashboard a través de tablas dinámicas en Excel, que proporcionan una visión clara del avance de la obra y permiten una revisión adecuada de los materiales de acero y concreto utilizado por parte de los interesados en el proyecto. Se logró obtener un margen de diferencia del 0.46% en comparación con los datos proporcionados por el ingeniero residente de obra, aunque la cantidad obtenida fue muy cercana, se logró una notable reducción en el tiempo empleado por el ingeniero para obtener esta información. En conclusión, la práctica empresarial proporcionó una valiosa experiencia en la aplicación de herramientas avanzadas de ingeniería y permitió la integración de metodologías colaborativas en la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil.

**Abstract**

**Title:** Business internship focused on support and accompaniment as assistant to the resident engineer at the Industrial University of Santander.

**Author(s):** Daniel Alejandro Méndez Bernal

**Key Words:** Supervision, Planning, Projects, Building Information Modeling

**Description:** In civil engineering, there has been a growing trend towards a collaborative approach in project planning, design and execution. Business practice is an alternative that allows the engineering student to participate in this collaborative approach. This work presents the development of a business practice in which modern technological tools were implemented to develop the quantities of work in the structural foundation phase of a project to adapt the Health building of the UIS, to achieve this, the software of building information modeling (BIM) REVIT 2023, which allowed defining the quantities of concrete and reinforcing steel necessary for the beams, columns, footings and foundation claws. With this information, tables of quantities per element were generated, which facilitated the supervision of the progress of the work on a weekly basis. As a resident supervisory assistant, I was able to provide the engineer in charge of supervision with a more adequate and effective review of the activities outlined in the schedule. The data obtained in REVIT is used to generate a dashboard through dynamic tables in Excel, which provide a clear view of the progress of the work and allow an adequate review of the steel and concrete materials used by those interested in the project. . It was possible to obtain a margin of difference of 0.46% compared to the data provided by the resident engineer on site, although the amount obtained was very close, a notable reduction was achieved in the time spent by the engineer to obtain this information. In conclusion, the business practice provided valuable experience in the application of advanced engineering tools and allowed the integration of collaborative methodologies in the planning and execution of civil engineering projects.

## Introducción

En la industria de la construcción, el principal desafío de los líderes es garantizar que los proyectos se completen según lo planeado en términos de tiempo, presupuesto y calidad, lo que puede ser muy complicado. Esta tarea recae en los directores de proyectos, quienes deben monitorear constantemente el avance, evaluar los planes y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. A lo largo de las últimas cuatro décadas, se han desarrollado diversos métodos de control de proyectos, como el gráfico de Gantt, el Programa de Evaluación y Revisión Técnica (PERT) y el Método del Camino Crítico (CPM). Además, se han creado varias herramientas de software, como Microsoft Project, Asta Power Project y Primavera, para respaldar la implementación de estos métodos. A pesar de la amplia adopción de estas prácticas tradicionales, aún persisten retrasos y costos adicionales en muchos proyectos de construcción. (Hinojosa & Pinilla, 2014).

A raíz de estas problemáticas, emergen tecnologías innovadoras que gradualmente desplazan los sistemas convencionales, incluyendo el software CAD (Diseño Asistido por Computadora). Estos sistemas se fundamentan en la sustitución de datos de construcción fragmentados, almacenados en diversos archivos, por un modelo unificado que integre la totalidad de los datos relacionados con la construcción. (Salamak et al., 2019).

Para abordar estos desafíos, es imperativo implementar la digitalización en el ámbito de la construcción. El Modelado de Información de Construcción (BIM) ha emergido como una metodología integral que permite la gestión completa del proyecto, desde su fase de concepción hasta su ejecución. Esta metodología facilita la unificación de datos, mejorando así la interoperabilidad y promoviendo la colaboración en tiempo real entre las partes

involucradas.(Solihin & Eastman, 2015). El modelado BIM se clasifica según su contenido e información a través del Nivel de Desarrollo (LOD). El cual articula el contenido y la confiabilidad de un modelo BIM. Según este LOD permitirá integrar principios sostenibles, extraer cantidades precisas de materiales y estimación de costos.(Carvalho et al., 2023).

En la actualidad, la educación está experimentando cambios significativos debido a la era tecnológica, lo que requiere que las instituciones de educación superior cuenten con infraestructuras especializadas, según lo propuesto por la Organización de las Naciones Unidas (ONU)(Organización de las Naciones Unidas, 2021). Por esta razón, la división de planta física de la Universidad Industrial de Santander se enfoca en implementar estrategias para actualizar su infraestructura física y contribuir positivamente en el desarrollo académico y profesional de la comunidad estudiantil. Una de estas estrategias, es la construcción de edificios con herramientas tecnológicas que contribuyan al desarrollo de habilidades técnicas y transversales del estudiantado, lo que permitirá que la universidad sea reconocida internacionalmente como una institución que forma estudiantes éticos e innovadores(Consejo Superior et al., 1944). Entre las nuevas construcciones se encuentran el edificio de Ciencias Humanas, el de bienestar PRO y el mejoramiento de la infraestructura del edificio de Facultad de Salud UIS.

La práctica empresarial es un método de enseñanza, el cual se basa en la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria. Esta práctica consistió en el desarrollo de actividades técnicas como personal de apoyo en la ejecución de obras de infraestructura en la Universidad Industrial de Santander (UIS), cuyo fin es emplear herramientas que contribuyan al desarrollo de las competencias en el estudiantado.

## **1. Marco de Referencia.**

### **1.1 Normatividad y Conceptos.**

En esta práctica se emplearon las diferentes normativas y conceptos que rigen la ingeniería como la norma sismo resistente NSR-10 y las Normas Técnicas Colombianas NTC, así mismo, los diferentes conceptos aplicados como la gestión de proyectos, metodología de modelado y gestión de la información (BIM), entre otros presentados a continuación.

#### ***1.1.1 Gestión de Proyectos de Construcción.***

En el contexto de la ingeniería civil, la gestión de proyectos implica la aplicación de técnicas y herramientas para planificar, diseñar y construir infraestructuras y obras civiles de manera eficiente, coordinada y controlada (Pellicer & Yepes, n.d.). La gestión de proyectos en ingeniería civil incluye la identificación y evaluación de riesgos, la planificación y coordinación de recursos humanos y materiales, el seguimiento y control del progreso del proyecto, la gestión de costos y presupuestos, y la comunicación y colaboración con clientes, proveedores y otros stakeholders involucrados en el proyecto.

#### ***1.1.2 Metodología de Modelado y Gestión de la Información (BIM)***

La metodología BIM (Building Information Modeling) es un enfoque de trabajo colaborativo que permite la creación y gestión de información digital de un proyecto de construcción en todas sus fases, desde la planificación hasta la ejecución, operación y mantenimiento. La metodología BIM involucra el uso de software específico que permite modelar en 3D los elementos constructivos, añadiéndoles información y atributos que permiten la simulación de la construcción y el análisis de costos, tiempos. La metodología BIM es utilizada para mejorar la eficiencia en la planificación, diseño, construcción y operación de proyectos de

construcción, disminuyendo errores, mejorando la coordinación y reduciendo los costos y los plazos.(Olofsson Hallén et al., 2023)

### ***1.1.3 Localización, Trazado y Replanteo***

El replanteo es una actividad en la ingeniería civil la cual tiene como objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas de cada uno de los elementos estructurales.

Esta etapa se realiza una vez que se han definido las ubicaciones y las dimensiones precisas de los elementos a construir, según los planos y las especificaciones del proyecto. El proceso de replanteo se lleva a cabo mediante la utilización de instrumentos topográficos y se realiza en colaboración con los responsables del diseño y la supervisión de la obra. Una vez que se han definido las posiciones y dimensiones exactas en el terreno, se puede proceder a la ejecución de la obra siguiendo las especificaciones y los planos del proyecto.

### ***1.1.4 Cantidades de Obra***

Las cantidades de obra son una lista detallada de los materiales, insumos y servicios que se necesitan para la construcción de una obra civil. Estas cantidades se calculan a partir de los planos y las especificaciones del proyecto y se utilizan para estimar los costos y el presupuesto de la obra. Las cantidades de obra se expresan en unidades de medida y se desglosan por partidas o rubros específicos, tales como estructuras, acabados, instalaciones, entre otros. Es importante que las cantidades de obra estén definidas de manera precisa y detallada para evitar errores y omisiones en la planificación y ejecución de la obra, lo que podría generar retrasos, costos adicionales y posibles problemas de calidad.(Pérez Gonzales & Perdomo Trujillo, 2019)

### ***1.1.5 Sistema estructural combinado.***

Es un sistema estructural combinado, en el cual, las fuerzas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o, las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple con los requisitos de un sistema dual. (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo, 2010)

### ***1.1.6 Estrategia Nacional BIM 2020-2026.***

En Colombia, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio ha puesto en marcha una estrategia nacional para implementar la metodología BIM desde 2020 hasta 2026. El objetivo es mejorar la coherencia, eficiencia y eficacia en la ejecución de los proyectos. Con este fin, el gobierno ha creado una serie de directrices de diseño llamadas BIMKIT(CAMACOL, 2022), que son un conjunto de herramientas que permiten a las empresas desarrollar sus proyectos con la metodología BIM y, de este modo, garantizar que el 100% de los proyectos cumplan con esta normativa.(Ministerio de Vivienda, 2020)

## **1.2 Marco Legal.**

El diseño de la infraestructura educativa en Colombia debe cumplir con las normas legales vigentes, tanto a nivel nacional como local, que rigen la construcción de instituciones educativas. Entre estas normas, destacan la Norma Sismo Resistente NSR-10 y las Normas Técnicas Colombianas NTC.

### ***1.2.1 Norma Sismo Resistente NSR-10.***

La Norma Sismo Resistente NSR-10 es una norma técnica que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras resistentes a los sismos. Esta norma es de

vital importancia en Colombia, debido a que el país se encuentra en una zona de alta actividad sísmica. (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo, 2010)

### ***1.2.2 Normas Técnicas Colombianas.***

las Normas Técnicas Colombianas (NTC) son una serie de estándares que regulan diversas áreas de la construcción, incluyendo el diseño y construcción de edificaciones. La NTC 121, Especificación de desempeño para cemento hidráulico, la cual es una modificación de la norma ASTM C1157 / C1157M-11, NTC 396 la cual tiene por objeto establecer el método para determinar el asentamiento del concreto en obra y en el laboratorio, NTC 673 Descripción de ensayo determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Estas normas serán útiles en obra para la supervisión de calidad de material y especificaciones de diseño.

Para garantizar un buen desarrollo en un proyecto de ingeniería, es crucial contar con la presencia de diversos profesionales especializados en la ejecución de las actividades, como ingenieros civiles estructurales, arquitectos, ingenieros ambientales, topógrafos y maestros de obra. Además, en el caso del proyecto de mejora de la infraestructura física de la Facultad de Salud de la UIS, se requiere la colaboración de varios frentes de trabajo, como topografía, diseño estructural, frente operacional y supervisión, donde este último fue el frente donde se desarrolló la práctica empresarial, implementando herramientas que permiten la supervisión óptima de la cantidad de concreto y acero de refuerzo implementado en obra.

## **2. Objetivos.**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar un proyecto de grado para optar al título de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander en la modalidad de práctica según el reglamento académico estudiantil de pregrado de la UIS como auxiliar de ingeniería civil en la empresa Universidad Industrial de Santander en la construcción de los proyectos de edificación vigentes en el primer semestre de 2023

### **2.2 Objetivos Específicos**

Realizar labores de apoyo como auxiliar del ingeniero residente de obra, relacionadas con la planeación de los proyectos de edificación vigentes en el primer semestre de 2023.

Realizar labores de apoyo como auxiliar del ingeniero residente de obra, relacionadas con el seguimiento de los proyectos de edificación vigentes en el primer semestre de 2023.

### **3. Metodología.**

La presente práctica se ejecutó en un periodo total de cuatro meses, la cual se realizó en cuatro fases que constan de: Recorrido y localización de la obra, revisión de planos de diseño estructural, modelado estructural en software REVIT 2023 (Raiz, 2000) y, por último, generación de informes y tablas de cantidades.

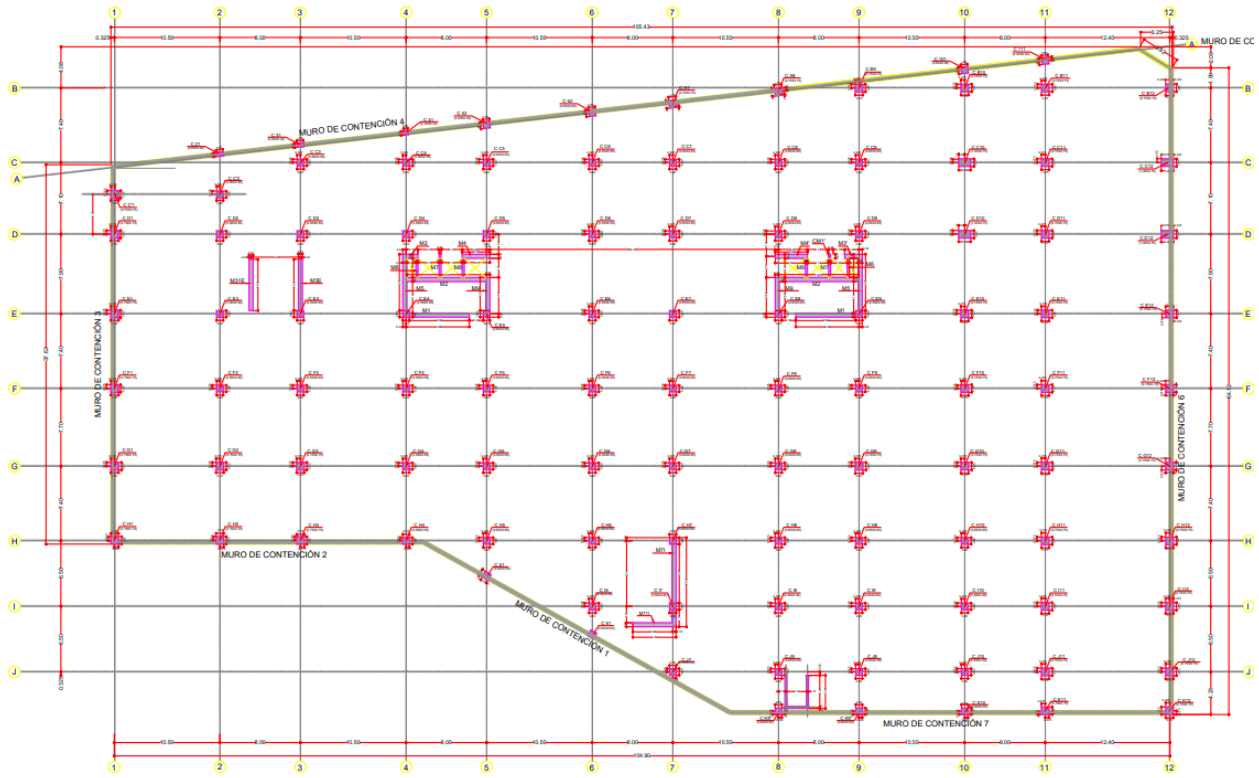
#### **3.1 Revisión de Planos de Diseño Estructural**

En esta fase, se realizó el cálculo de las cantidades de concreto y acero necesarias para su construcción, según el diseño establecido por el ingeniero estructural suministrado en estos planos, se identificaron los elementos que se trabajaron durante el periodo de práctica y los parámetros de materiales como diámetros de barras por elementos, recubrimientos necesarios y traslapos, toda esta información contenida en planos de diseño.

Es importante destacar que esta fase fue crucial para garantizar que la construcción se realice de acuerdo con los diseños previamente establecidos y que se eviten posibles errores que puedan afectar la calidad de la obra.

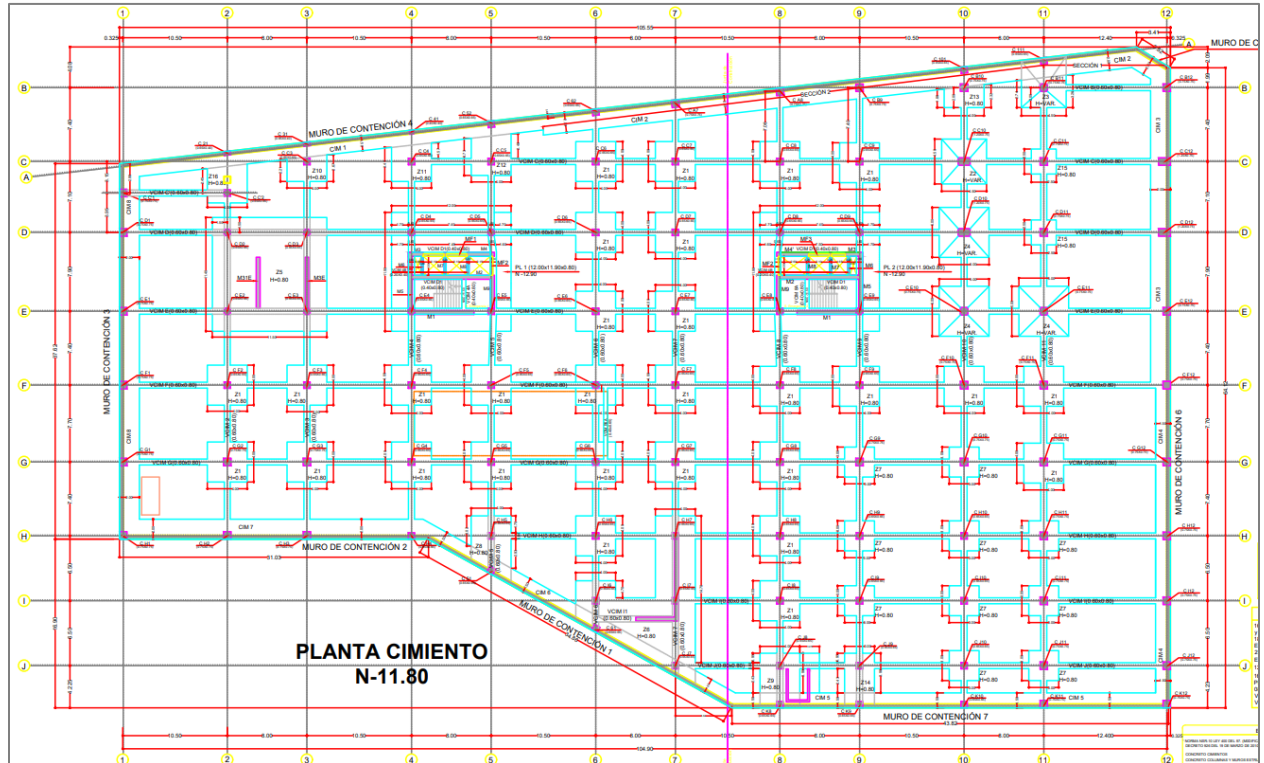
Primeramente, se hizo una revisión del plano de Cimentaciones estructurales de elementos como zapatas, vigas de cimentación, muros perimetrales y zarpas, así como se muestra en las Figuras 1 y 2. Esta actividad se realizó durante dos semanas.

**Figura 1. Plano de planta de área de intervención y ubicaciones de columnas y muros perimetrales.**



*Nota. La figura muestra los muros de contención perimetrales y las columnas con sus respectivas dimensiones y ubicación. Tomado por suministro del ingeniero estructural del proyecto.*

**Figura 2 detalles de Columnas, zapatas, zarpas y muros de contención en Plano de planta de cimentación.**



*Nota. La figura muestra las dimensiones y ubicación de cada elemento de cimentación los cuales son: zapatas, zarpas, vigas y muros de contención. Tomado de: suministro del ingeniero estructural del proyecto.*

Seguido de esto, se revisó cada uno de los planos de planta de los niveles Sótano -3 y sótano -2 los cuales están ubicados a -11.80m y -8.00m respectivamente, con el fin de detallar cada elemento contenido en el plano, como el acero de refuerzo, dimensiones de elementos de concreto y recubrimientos establecidos por el ingeniero estructural, Figura 3. Toda esta información se almacenó en una hoja de cálculo en el software Microsoft Excel, el cual discrimina los datos obtenidos por cada elemento contenido en el plano mencionados anteriormente.

**Figura 3** Detalles de elementos en Plano de planta nivel -2 N-8.00m

*Nota. La figura muestra los detalles de ubicación de elementos contenidos en el nivel -2 ubicado a N-8.00 metros, como vigas principales, secundarias, viguetas y columnas, así como rampas de acceso y escaleras. Tomado de: suministro del ingeniero estructural del proyecto.*

### 3.2 Recorrido y Localización de la Obra.

En esta fase, el objetivo principal fue realizar una inspección detallada, de la obra en cuestión. Se buscó conocer el entorno de trabajo, identificar los diferentes frentes de trabajo, como la interventoría, el contratista, el consorcio y la supervisión, y las actividades que se realizan en cada uno de ellos. Además, desde el área de supervisión se garantiza que se lleven a cabo los procedimientos constructivos en concordancia con los planos del proyecto. De acuerdo con este recorrido, se identificaron diversas actividades como lo son: excavaciones,

movimientos de tierras, perforaciones para pilotes, armadura de elementos estructurales y fundición de elementos con concreto reforzado.

Esta actividad se realizó durante las 3 primeras semanas de la práctica

### ***3.2.1 Excavación***

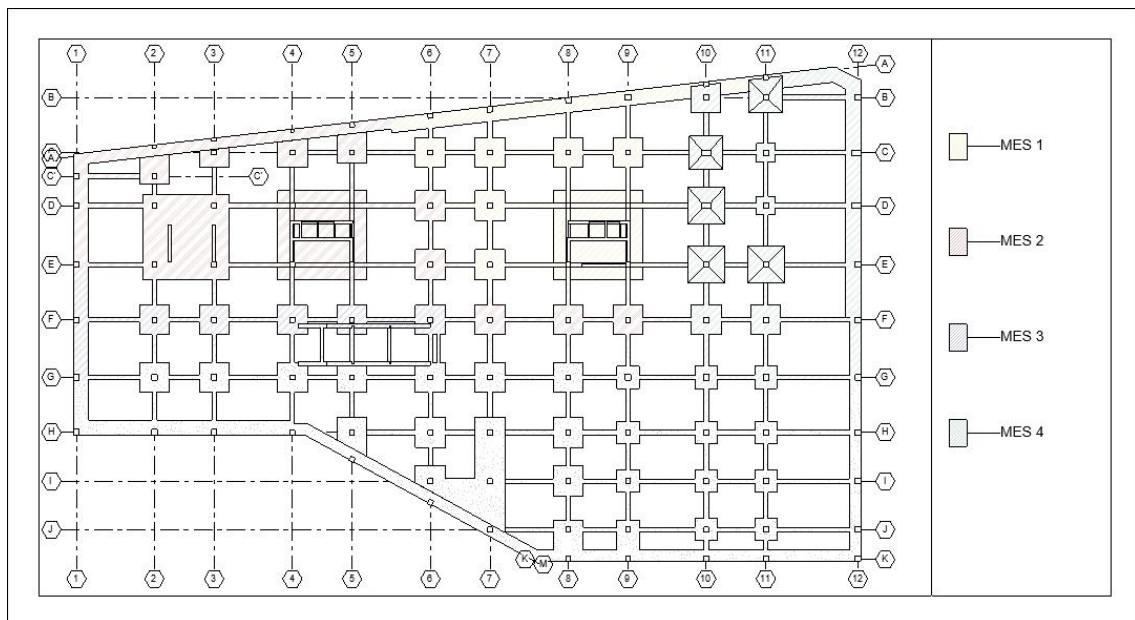
Las excavaciones se realizan por diferentes razones, en este caso para construir cimientos para la edificación y lograr el nivel adecuado según el diseño. El movimiento de tierras a cielo abierto se realiza de forma mecánica con excavadora Caterpillar 320. Cuyo objeto es alcanzar el nivel de cimentación el cual está localizado a 12.80m por debajo de la subrasante aproximadamente (N-12.80m) como se evidencia en la Figura 6. En la práctica se revisó el movimiento de tierra sin compactar que se excava diariamente, en un trabajo colaborativo con la división de topografía que es quien determina el nivel exacto al que se quiere llegar según los planos de diseño, y se registra la salida de las volquetas, las cuales ya tienen un volumen definido entre  $8\text{m}^3$  y  $18\text{m}^3$ , en una tabla como lo muestra la Figura 4, con esta información se puede calcular cuánto volumen hay en banca y volumen suelto transportado. La actividad se realizó durante los cuatro meses de la práctica en diferentes zonas de la obra tal como se muestra en la Figura 5.

Figura 4. Control de salida de volquetas cubicadas para el mes de marzo de 2023.

PLACA	SZO013	GPC927	OWC370	TTW138	Viajes	M. Tierra
CAPACIDAD	m <sup>3</sup>	17	8	8	9	Diario
	1	5			102	1213
	2	5			72	893
	3	4		1	80	969
	4	2	2	3	56	727
	5				43	546
	6			1	60	732
	7	3	3		49	647
	8	3	1	3	58	769
	9			1	1	9
	10			2	30	436
	11				0	0
	13			1	3	43
	14			2	10	141
	15				4	62
	16	1			5	79
	17				16	239
	18				4	62
	20				0	0
	21	1			11	174
	22				0	0
	23				0	0
	24				0	0
	25				0	0
	27			1	4	62
	28				12	212
	29				10	160
	30				5	87
	31				2	35
<b>SUBTOTAL</b>		408	48	0	135	
<b>TOTAL</b>		<b>8297</b>			<b>m<sup>3</sup></b>	

Nota. La figura muestra la cantidad de viajes realizados diariamente por 4 vehículos registrados con una capacidad definida en el mes de marzo. El total de metros cúbicos registrados corresponde al registro de 77 vehículos en el mismo mes. Fuente departamento de supervisión de la obra de modernización de la facultad de salud UIS.

**Figura 5. Representación de avance de obra**



*Nota. La figura presenta en colores amarillo, rojo, morado y verde las diferentes zonas intervenidas en los cuatro meses de la práctica respectivamente. Fuente Autor.*

**Figura 6 Excavación de terreno entre ejes G-J;8-12**



*Nota. La figura muestra la excavación del terreno entre los ejes G-J y 8-12, para lograr un nivel de cimentación de N-12.80 metros. Fuente Autor.*

### 3.2.2 Armadura de Elementos Estructurales

Durante la fase de cimentación, se pudo observar el proceso constructivo de la armadura en elementos tales como vigas, zarpas de muro, columnas, zapatas y muros. Así como, el procedimiento para la unión entre elementos, como en el caso de viga-viga, viga-columna, zapata-columna y zarpas-muros. En este proceso se revisó en obra, según los planos de diseño, el diámetro de las barras de refuerzo, la separación entre ellas, traslapes y recubrimientos previamente establecidos como se muestra en la Figura 7.

**Figura 7. Armadura de Acero de refuerzo en elementos estructurales**



a)



b)



c)



d)

*Nota. a) presenta la armadura de muros estructurales entre el eje 4 y D-E. b) presenta la armadura de unión entre muro de contención y zarpa de cimentación en el eje 1. c) presenta la armadura de zarpa en el eje A. d) muestra la unión entre columna y vigas entre los ejes C y 7.*  
*Fuente Autor.*

### **3.2.3 Fundida de concreto**

Dentro del proceso de fundición de concreto se realizaron diferentes actividades que van desde la inspección de la calidad del concreto suministrada por el proveedor, siguiendo los requerimientos establecidos por las normas NTC 396 y NTC 673, hasta el proceso de vaciado de concreto, como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8. Proceso de Vaciado de Concreto en viga principal.**



*Nota. La figura presenta el proceso de fundición con concreto de 4000 PSI en viga de cimentación ubicada en el eje 10 entre los ejes A y E.*

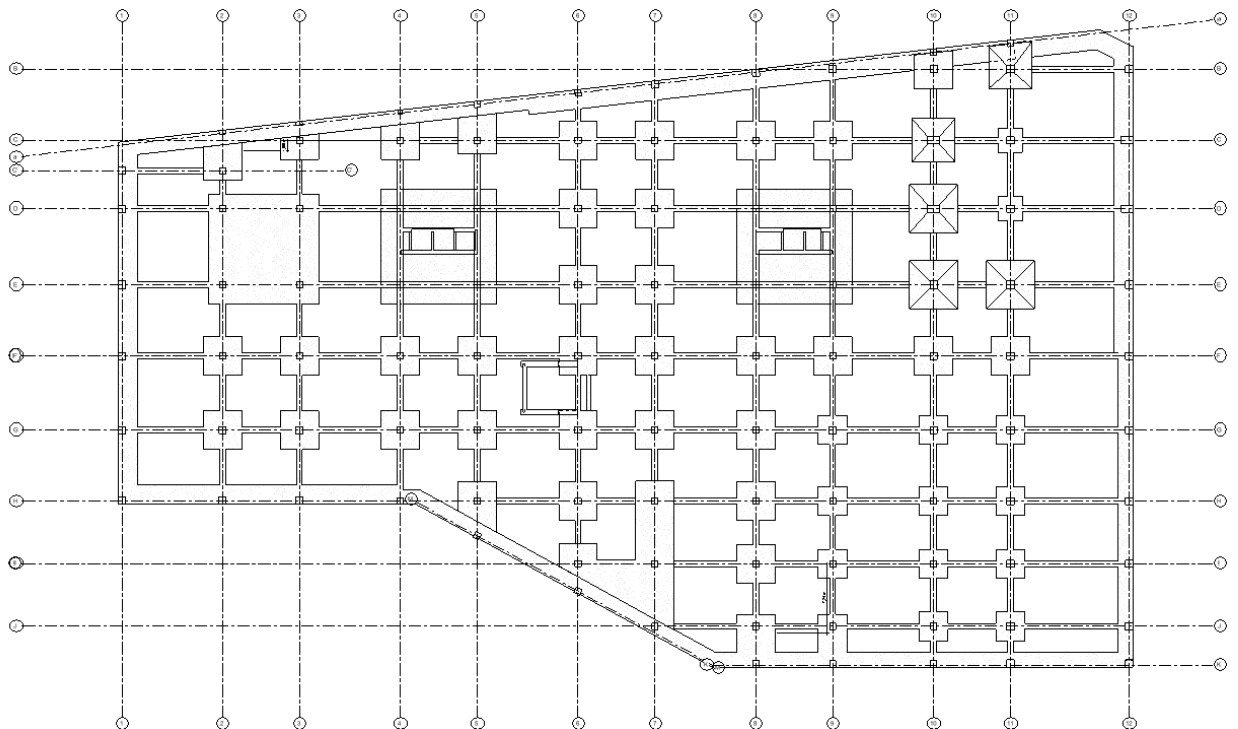
### **3.3 Modelado Estructural en Software REVIT 2023.**

Este modelado se basa en los planos de diseño estructural revisados en la fase anterior, y se tienen en cuenta los elementos de concreto, recubrimientos, parámetros de materiales y refuerzo estructural en cada elemento con el fin de obtener avances de obra como por ejemplo cuánto

concreto se necesita para fundir toda la placa de contrapiso, o entre los ejes 1-3 y A-C, cuánto concreto de 4000psi necesito en el nivel de cimentación. Esto ayudó que tanto el ingeniero residente, como el frente de supervisión tengan un informe rápido y preciso de las actividades ejecutadas y las que se tienen dentro del cronograma.

Para este paso, se modeló con un nivel de desarrollo (LOD) 300(CAMACOL, 2022), el cual permitió tener información que facilitó el recuento de cantidades en obra, en esta práctica se tuvieron en cuenta dos materiales importantes que son el concreto y las barras para las armaduras de los elementos. Lo primero para llevar a cabo esta fase metodológica fue modelar los elementos en el software, haciendo uso de vínculos los cuales fueron los planos de diseño en el software AutoCAD, y se hace el levantamiento de la estructura desde la cimentación hasta el nivel -2 como lo muestre la Figura 9.

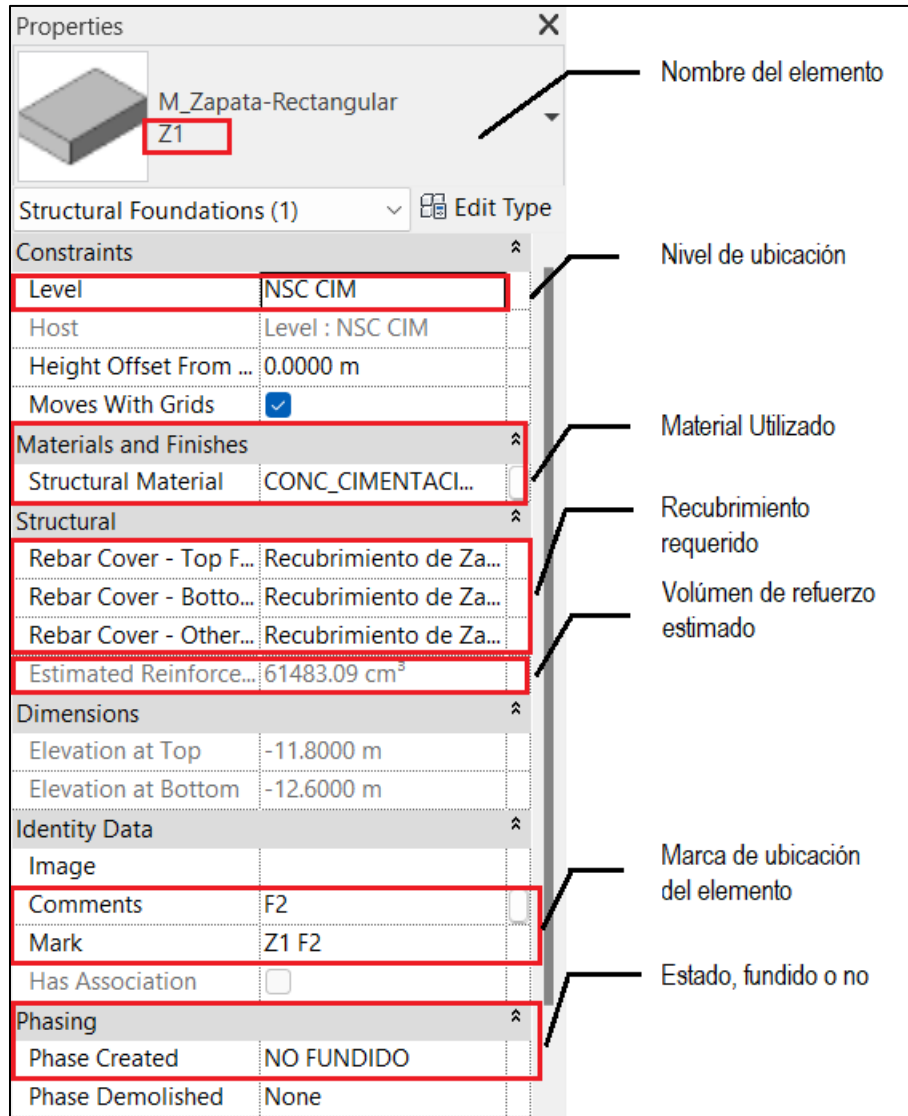
**Figura 9. Modelado de Planta de cimentación en software Autodesk Revit 2023**



*Nota. la figura 9 muestra los elementos a escala tal y como se suministraron por el ingeniero estructural, modelados en el software Autodesk Revit 2023, los cuales cada de ellos contienen información como dimensiones, tipo de material y ubicación. Fuente Autor*

Cada uno de los elementos modelados contiene información como Nombre del elemento, nivel de ubicación, material utilizado, recubrimiento requerido, volumen de refuerzo estimado, marca de ubicación del elemento, el cual nos permitirá obtener información como el refuerzo existente por elemento, y el estado del elemento si está fundido o no, así como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10. Ejemplo de propiedades de un elemento tipo zapata modelada en el software Autodesk Revit 2023**



*Nota. la figura 10 contiene las propiedades de una zapata ubicada entre los ejes F-2 y la zapata es tipo Z1 que se encuentra en el nivel de cimentación y no está fundida a la fecha de creación del elemento. Fuente Autor*

### **3.4 Generación de Informes y Tablas de Cantidades.**

En esta última fase, se exportaron tablas de cantidades y planificación de obra desde el software Autodesk Revit 2023 a Microsoft Excel en lo que respecta a elementos horizontales y verticales de concreto y aceros de refuerzo por cada uno de ellos. Además, se realizaron informes de avance de obra según el libro de liberaciones llevado por la interventoría y revisado por el contratista el cual contiene las actividades que se realizan a diario como lo es la armadura de elementos y la fundición de cada uno de ellos, estas actividades deben contener las firmas de cada una de las partes responsables y una vez se obtengan, se procede a realizar aquella actividad, simultáneamente se actualiza esta información en el modelo 3d para así, poder llevar a cabo dichos informes. Estos informes y tablas son esenciales para llevar un control adecuado de la obra y garantizar que se cumplan los objetivos y plazos establecidos debido a que semanalmente en un comité de obra, el cual se realiza cada viernes, se evalúa el cronograma. Asimismo, estos permiten detectar cualquier error o imprevisto que pueda surgir y tomar las medidas necesarias para corregirlo.

#### ***3.4.1. Informes de cantidades de concreto y acero***

Gracias a que en la fase anterior se realizó un modelado detallado de la estructura, en esta fase se generaron informes de cantidades de obra que permitieron la cuantificación de materiales de obra como el concreto. Se obtuvo información como nombre, ubicación, dimensiones, nivel al que pertenece, uso estructural y volumen estimado de refuerzo, un ejemplo para algunas vigas de cimentación se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Tabla de cantidades de concreto y acero de refuerzo para 5 vigas de cimentación generada en el programa Autodesk Revit 2023.**

TIPO	UBICACIÓN	NIVEL DE REFERENCIA	FAMILIA	LONGITUD [m]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	VOLUMEN DE ACERO DE REFUERZO[m <sup>3</sup> ]
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMC'	NSC CIM	Viga Jácena	6.825	3.280	0.025
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMC	NSC CIM	Viga Jácena	72.225	21.710	0.579
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMD	NSC CIM	Viga Jácena	101.550	34.540	0.790
V CIM (0.6x0.8)m	VCIME	NSC CIM	Viga Jácena	101.550	33.340	0.847
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMF	NSC CIM	Viga Jácena	102.050	29.780	0.847

*Nota. la Tabla 1 contiene las cantidades de longitud, volumen de concreto y volumen de refuerzo de 5 vigas de cimentación obtenidos según el modelo tridimensional generado en Revit.*

*Fuente Autor.*

En esta tabla se puede extraer información sobre las cantidades de concreto utilizadas en la obra, además su uso estructural, nivel de referencia y ubicación, lo que resulta útil en el momento de supervisión y control de materiales. Con el mismo proceso se obtienen las tablas de zapatas y columnas como lo muestran las Tablas 2 y 3.

**Tabla 2. Tabla de cantidades de concreto y acero de refuerzo para algunas zapatas existentes en obra.**

TIPO	UBICACIÓN	NIVEL DE REFERENCIA	FAMILIA	ÁREA	VOLUMEN	VOLUMEN DE ACERO DE REFUERZO
Z1	C6	NSC CIM	Zapata-Rectangular	16.00	12.80	0.062
Z2	C10	NSC CIM	Zapata-Rectangular	40.50	18.75	0.145
Z3	B11	NSC CIM	Zapata-trapezoidal y piramidal	38.42	16.72	0.118
Z4	D10	NSC CIM	Zapata pedestal	50.00	23.08	0.169
Z4 (2)	E10	NSC CIM	Zapata pedestal	50.00	22.93	0.169
Z5	E2-D3	NSC CIM	Zapata-Rectangular	131.10	104.88	0.502
Z6	I6-H7	NSC CIM	Zapata irregular	87.18	69.74	0.761
Z7	G9	NSC CIM	Zapata-Rectangular	9.00	7.20	0.039

*Nota. la Tabla 2 contiene las cantidades de área, volumen y volumen reforzado estimado de 8 zapatas de cimentación, obtenidos según el modelo tridimensional generado en Revit. Fuente Autor.*

**Tabla 3. Tabla de cantidades de concreto para columnas.**

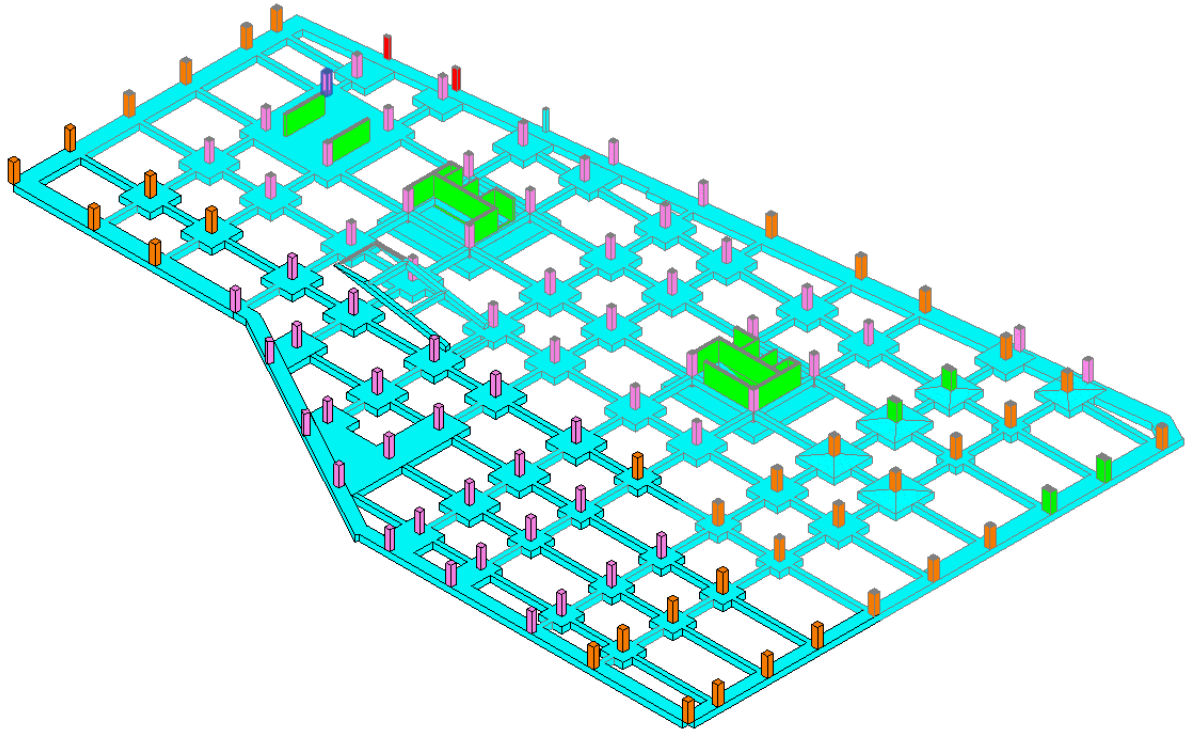
TIPO	UBICACIÓN	NIVEL DE REFERENCIA	FAMILIA	LONGITUD [m]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	VOLUMEN DE ACERO DE REFUERZO [m <sup>3</sup> ]
CL_0.65X0.65	D-4	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	D-5	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	D-8	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	D-9	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	E-4	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	E-5	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537
CL_0.65X0.65	E-8	NSC CIM ASC	COLUMNAS	4.25	1.796	0.0537

*Nota. la Tabla 3 contiene las cantidades longitud, volumen y volumen de acero de refuerzo de 7 columnas, obtenidos según el modelo tridimensional generado en Revit. Fuente Autor.*

#### **4. Resultados.**

Se modeló un área total de 5600 m<sup>2</sup> el nivel de cimentación con un nivel de desarrollo alto que contiene información para cada uno de los elementos como Columnas. Vigas, Zarpas y Zapatas. La estructura, en su nivel -12.80m modelada en el software Revit 2023 se muestra en la figura 11.

**Figura 11. Vista 3D de la cimentación del proyecto ampliación de la infraestructura de la facultad de Salud UIS.**



*Nota. Vista 3D de la estructura desde el nivel de cimentación hasta el nivel N-8.00m*

Cada uno de estos elementos contiene información como ubicación, nivel de base, recubrimiento de armadura, volumen de concreto y el estado de fundición como lo muestra en la figura 12. Con esta información, el ingeniero residente podrá obtener cualquier tipo de información relacionada con las cantidades de concreto y acero de un elemento contenido en la cimentación de la estructura.

**Figura 12. Propiedades de los elementos en el software Autodesk Revit 2023.**

The screenshot shows the 'Propiedades' (Properties) window in Autodesk Revit 2023. The window title is 'Propiedades' with a close button (X) in the top right corner. The main content area displays the properties for a selected element, 'Hormigón-Rectangular-Pilar CL\_0.65X0.65'. A small 3D model of a rectangular column is shown in the top left corner of the window.

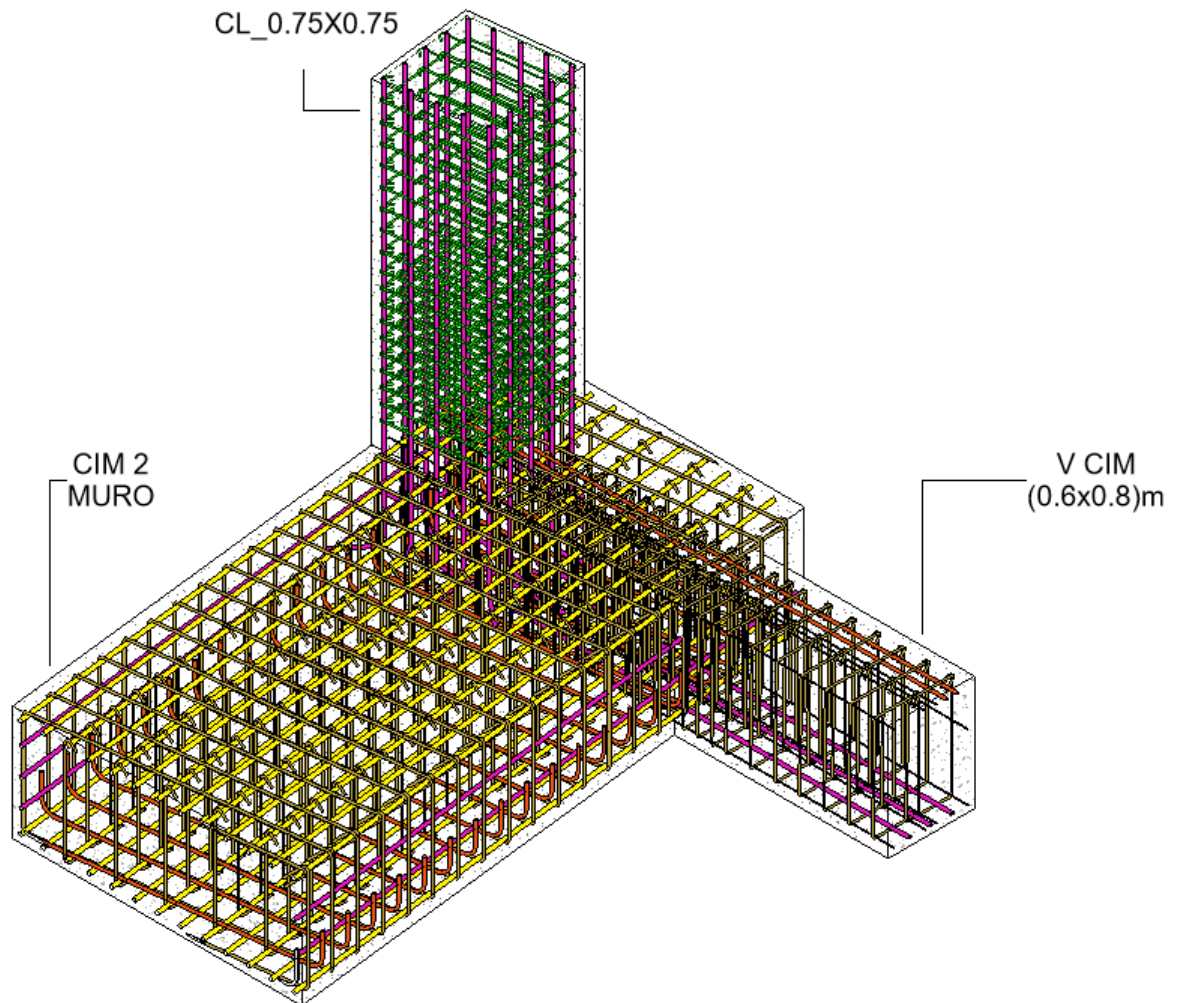
The properties are organized into several sections:

- General:**
  - Pilares estructurales (1) (dropdown menu)
  - Editar tipo (button)
  - Desfase de base: 0.0000 m
  - Nivel superior: Nivel -2
  - Desfase superior: -0.6500 m
  - Estilo de pilar: Vertical
  - Se mueve con rejillas:
  - Delimitación de habitación:
  - Marca de ubicación de pilar: H-4
- Materiales y acabados:**
  - Material estructural: CL\_0.65X0.65
- Estructura:**
  - Recubrimiento de armadur...: Recubrimient...
  - Recubrimiento de armadur...: Recubrimient...
  - Recubrimiento de armadur...: Recubrimient...
  - Volumen reforzado estimado: 53727.86 cm<sup>3</sup>
- Cotas:**
  - Volumen: 1.331 m<sup>3</sup>
- Datos de identidad:**
  - Imagen: (empty field)
  - Comentarios: (empty field)
  - Marca: H4
  - Tiene asociación:
- Proceso por fases:**
  - Fase de creación: NO FUNDIDO
  - Fase de derribo: Ninguno

*Nota. la figura 12 muestra la sección de propiedades de un elemento tipo columna de hormigón armado de 0.65x0.65m. Fuente Autor.*

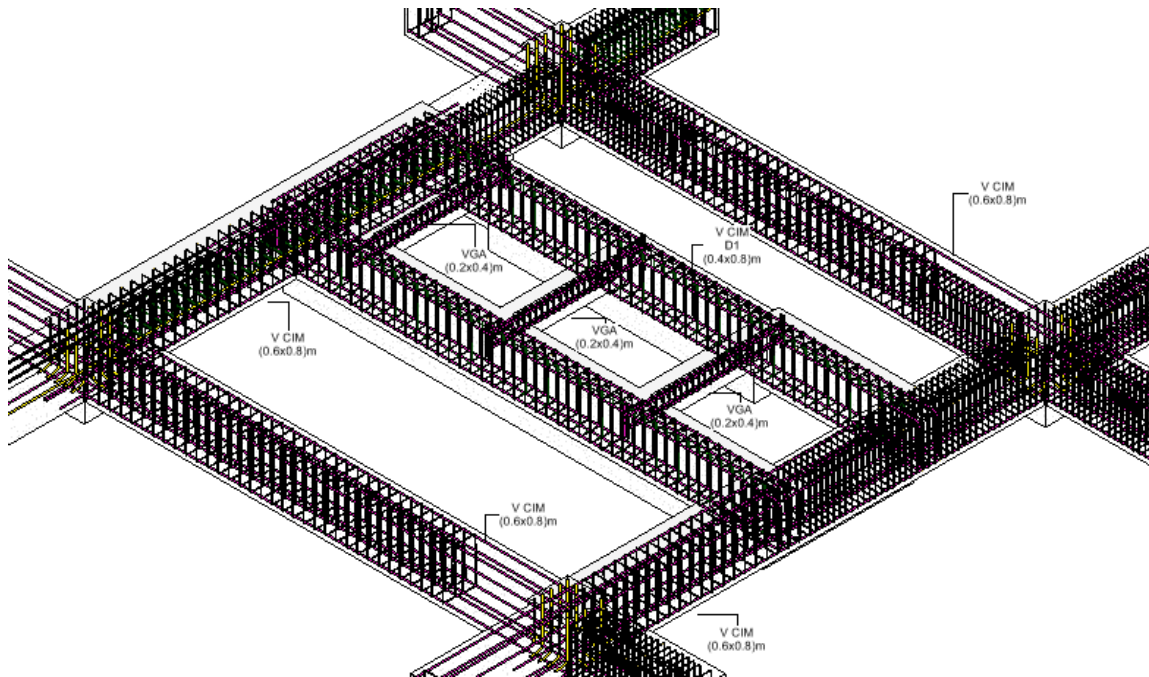
El modelado de acero de refuerzo por cada elemento permite obtener tablas de cantidades precisas para cada uno de ellos, a continuación, se muestran algunos elementos modelados en el software Autodesk Revit 2023.

**Figura 13. Detalle de unión de elementos Columna-Zarpa-Viga.**



*Nota. la Figura 13 muestra el detalle de armaduras de refuerzo para los tres elementos mostrados, y su respectiva unión ubicada entre los ejes A-8. Fuente. Autor.*

**Figura 14. Detalle PL2 en nivel de cimentación.**



*La Figura 14 muestra el detalle de la armadura de los elementos existentes entre los ejes D-E:4-5, con sus respectivos aceros de refuerzo por elemento.*

Una vez finalizado el modelo para el nivel de cimentación se generaron las tablas de planificación para cuantificar el concreto y el acero de refuerzo por elemento, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Tabla de planificación de volumen de concreto para columnas.

<VOLÚMEN DE CONCRETO PARA COLUMNAS>				
A	B	C	D	E
Tipo	Marca de ubicación	Nivel base	Longitud [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
CL_0.65X0.65	D-4	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-5	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-8	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-9	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-4	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-5	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-8	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-9	NSC CIM ASC	4.25 m	1.796 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65: 8				14.365 m <sup>3</sup>
NSC CIM ASC: 8				14.365 m <sup>3</sup>
CL_0.40X0.40	A-4	NSC CIM	3.15 m	0.504 m <sup>3</sup>
CL_0.40X0.40: 1				0.504 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.40	A-3	NSC CIM	3.15 m	0.819 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.40	A-2	NSC CIM	3.15 m	0.819 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.40: 2				1.638 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-3	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-4	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-5	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-6	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-7	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-8	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	C-9	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-2	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-3	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-6	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	D-7	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-2	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-3	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-6	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	E-7	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>
CL_0.65X0.65	G-4	NSC CIM	3.15 m	1.331 m <sup>3</sup>

**Tabla 5. Continuación de la tabla anterior.**

CL_0.75X0.75	H-12	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	I-11	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	I-12	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	J-11	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	J-12	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	F-1	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	C-1	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	A-7	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	F-10	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	F-11	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	F-12	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	A-8	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	K-12	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75	K-11	NSC CIM	3.15 m	1.772 m <sup>3</sup>
CL_0.75X0.75: 36				63.281 m <sup>3</sup>
CL_1.20X0.75	C-10	NSC CIM	2.85 m	2.565 m <sup>3</sup>
CL_1.20X0.75	C-12	NSC CIM	3.15 m	2.835 m <sup>3</sup>
CL_1.20X0.75	D-10	NSC CIM	2.85 m	2.565 m <sup>3</sup>
CL_1.20X0.75	D-12	NSC CIM	3.15 m	2.835 m <sup>3</sup>
CL_1.20X0.75: 4				10.800 m <sup>3</sup>
NSC CIM: 97				148.091 m <sup>3</sup>
<b>Total general: 105</b>				<b>162.456 m<sup>3</sup></b>

*Nota. Las Tablas 5 y 6 muestran las cantidades de volumen de concreto y sus dimensiones de los elementos columna tipo categorizados por los diferentes tipos de columna y en el nivel de ubicación correspondiente. Se puede observar que en total hay 105 columnas con un total de 162.456 m<sup>3</sup>.*

Esta información es de gran utilidad para el ingeniero residente, ya que en el seguimiento de obra surgen preguntas como, ¿Cuántos m<sup>3</sup> de concreto se fundirán mañana?, a lo que podríamos responder de una manera eficaz seleccionando los elementos que se fundirán y generando una tabla como se mostró en las Tablas 4 y 5, de igual manera, se generaron tablas de planificación para elementos Viga y Zapatas, como lo muestran las Tablas 6 y 7.

Tabla 6. Tabla de cantidades de volumen de concreto para vigas de cimentación

<VOLUMEN DE CONCRETO PARA VIGAS>				
A	B	C	D	E
Tipo	Nombre	Nivel de referencia	Longitud de corte [m]	Volumen [m3]
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM2	NSC CIM	35.391 m	5.90 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM3	NSC CIM	33.84 m	6.93 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM4	NSC CIM	35.515 m	11.85 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM5	NSC CIM	38.079 m	11.37 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM6	NSC CIM	48.819 m	10.16 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM7	NSC CIM	39.607 m	9.39 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM8	NSC CIM	54.657 m	15.54 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM9	NSC CIM	55.572 m	17.80 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM10	NSC CIM	58.624 m	13.50 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIM11	NSC CIM	58.63 m	15.66 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMB	NSC CIM	8.475 m	4.07 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMC	NSC CIM	45.225 m	21.71 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMC'	NSC CIM	6.825 m	3.28 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMD	NSC CIM	91.05 m	34.54 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIME	NSC CIM	90.05 m	33.34 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMF	NSC CIM	102.05 m	29.78 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMG	NSC CIM	102.05 m	31.22 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMH	NSC CIM	64.725 m	20.99 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMI	NSC CIM	46.225 m	15.95 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m	VCIMJ	NSC CIM	46.225 m	15.95 m <sup>3</sup>
V CIM (0.6x0.8)m: 132			1061.635 m	328.92 m <sup>3</sup>
V CIM D1 (0.4x0.8)m	VCIMD1	NSC CIM	29.6 m	7.80 m <sup>3</sup>
V CIM D1 (0.4x0.8)m: 4			29.6 m	7.80 m <sup>3</sup>
VGA (0.2x0.4)m	VCIM4B	NSC CIM	11.4 m	0.91 m <sup>3</sup>
VGA (0.2x0.4)m: 6			11.4 m	0.91 m <sup>3</sup>
VGA_(0.40x0.65)m	VCIMR6 A	NSC CIM	3.7 m	0.96 m <sup>3</sup>
VGA (0.40x0.65)m: 2			3.7 m	0.96 m <sup>3</sup>
NSC CIM: 144			1106.335 m	338.60 m <sup>3</sup>

Nota. La Tabla 6 muestra que hay 132 vigas principales con una longitud total de 1061.635m y un volumen total de concreto de 328.92m<sup>3</sup>. Además, muestra las vigas auxiliares y el total de vigas de cimentación que son 144 vigas con una longitud total de 1106.335m y un total de 338.60m<sup>3</sup>. Fuente. Autor.

**Tabla 7. Tabla de cantidades de volumen de concreto para zapatas y zarpas.**

<Volumen de concreto para la cimentación de la estructura (Zapatas y Zarpas)>			
A	B	C	D
Tipo	Ubicación	Área	Volumen
CIM 1 MURO	A1-5'	61.240 m <sup>2</sup>	48.992 m <sup>3</sup>
CIM 2 MURO	A5'-12	119.628 m <sup>2</sup>	95.702 m <sup>3</sup>
CIM 3 MURO	12 B-F	61.562 m <sup>2</sup>	49.249 m <sup>3</sup>
CIM 4 MURO	12 F-K	47.970 m <sup>2</sup>	38.376 m <sup>3</sup>
CIM 5 MURO	K 7'-12	63.866 m <sup>2</sup>	51.093 m <sup>3</sup>
CIM 6 MURO	M	55.178 m <sup>2</sup>	44.142 m <sup>3</sup>
CIM 7 MURO	H 1-4	57.150 m <sup>2</sup>	45.720 m <sup>3</sup>
CIM 8 MURO	1 C-H	72.425 m <sup>2</sup>	57.940 m <sup>3</sup>
PL1 H=0.8	E4-D5	142.800 m <sup>2</sup>	114.240 m <sup>3</sup>
PL2 H=0.8	E8-D9	142.800 m <sup>2</sup>	114.240 m <sup>3</sup>
Z1	<varia>	448.000 m <sup>2</sup>	358.400 m <sup>3</sup>
Z2	C10	40.500 m <sup>2</sup>	18.754 m <sup>3</sup>
Z3	B11	38.417 m <sup>2</sup>	16.717 m <sup>3</sup>
Z4	D10	50.000 m <sup>2</sup>	23.078 m <sup>3</sup>
Z4 (2)	<varia>	100.000 m <sup>2</sup>	45.863 m <sup>3</sup>
Z5	E2-D3	131.100 m <sup>2</sup>	104.880 m <sup>3</sup>
Z6	I6-H7	87.180 m <sup>2</sup>	69.744 m <sup>3</sup>
Z7	<varia>	99.000 m <sup>2</sup>	79.200 m <sup>3</sup>
Z8	H5	16.500 m <sup>2</sup>	13.200 m <sup>3</sup>
Z9	J8	15.920 m <sup>2</sup>	12.736 m <sup>3</sup>
Z10	C3	9.740 m <sup>2</sup>	7.792 m <sup>3</sup>
Z11	C4	14.540 m <sup>2</sup>	11.632 m <sup>3</sup>
Z12	C5	15.840 m <sup>2</sup>	12.672 m <sup>3</sup>
Z13	B10	14.800 m <sup>2</sup>	11.840 m <sup>3</sup>
Z14	J9	11.940 m <sup>2</sup>	9.552 m <sup>3</sup>
Z15	<varia>	12.500 m <sup>2</sup>	10.000 m <sup>3</sup>
Z16	C'2	14.680 m <sup>2</sup>	11.744 m <sup>3</sup>
Total general: 90		1945.275 m <sup>2</sup>	1477.497 m <sup>3</sup>

*Nota. la Tabla 7 muestra de forma resumida la cantidad de concreto reforzado, para 90 elementos entre zapatas y zarpas, la cual corresponde a 1477.497 m<sup>3</sup> de concreto. Fuente. Autor.*

Pueden surgir otras preguntas de supervisión de obra que la metodología BIM con el modelado correcto podría responder sin ningún problema, en este caso, de la Tabla 7 se puede obtener información de ¿Cuántos metros cúbicos hay entre todas las zapatas tipo Z1, o de cualquier otro tipo?, al finalizar la cimentación, ¿cuántos metros cúbicos de concreto se utilizó?, estas preguntas se podrían responder con la metodología tradicional CAD, sin embargo tardarían varias

horas para lograr dar una respuesta que puede no ser exacta. Con esto se demuestra que la metodología BIM optimiza los tiempos de supervisión y ejecución de la planeación de una obra, en este caso, la ampliación de la infraestructura del edificio de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

Un valor teórico para el concreto de cimentación de la obra para elementos horizontales, suministrado por el ingeniero residente de obra quien utilizó metodología CAD, es de  $1810.47\text{m}^3$ , este valor comprende las vigas de cimentación y las zapatas, con la metodología BIM, se obtiene un valor de volumen de concreto para las vigas de cimentación de  $338.60\text{ m}^3$  como lo muestra la Tabla 6 y un valor de volumen de concreto para las zapatas y zarpas de  $1447.497\text{m}^3$  como se evidencia en la Tabla 7, para un total de  $1816.097\text{m}^3$ , con este dato podremos obtener un porcentaje de diferencia de 0.31 %. A pesar de la precisión de los datos, la metodología empleada por el ingeniero se caracteriza por requerir un mayor tiempo en comparación con la metodología implementada en esta práctica. Además, existe la posibilidad de que, si no se ejecuta con el debido cuidado, se presenten errores de índole humana.

De igual manera se obtuvo una tabla de planificación para las cantidades de acero de refuerzo en el nivel de cimentación expresado en kg como lo muestra la Tabla 8.

**Tabla 8. Tabla de cantidades de Kg de acero de refuerzo para cada elemento de cimentación.**

<TABLA DE CANTIDADES DE ARMADURAS>						
A	B	C	D	E	F	G
ELEMENTO	CATEGORÍA DE ANFITRIO	TIPO	CANT	LONGITUD DE BARRA [m]	MASA NOMINAL	MASA [KG]
1 A-C'	Cimentación estructural	N°4	95	86.45 m	11.18 kg/m	193.22 kg
1 A-C'	Cimentación estructural	N°5	16	91.20 m	2.24 kg/m	203.83 kg
1 A-C'	Cimentación estructural	N°6	16	37.44 m	2.24 kg/m	83.68 kg
1 A-C'	Cimentación estructural	N°7	5	16.07 m	6.08 kg/m	48.88 kg
1 A-C'	Cimentación estructural	N°8	26	81.24 m	55.62 kg/m	322.77 kg
1 C-D	Cimentación estructural	N°4	125	113.75 m	11.18 kg/m	254.23 kg
1 C-D	Cimentación estructural	N°5	22	125.40 m	2.24 kg/m	280.27 kg
1 C-D	Cimentación estructural	N°6	21	49.14 m	2.24 kg/m	109.83 kg
1 C-D	Cimentación estructural	N°7	5	20.80 m	6.08 kg/m	63.27 kg
1 C-D	Cimentación estructural	N°8	26	108.16 m	7.95 kg/m	429.72 kg
1 D-E	Cimentación estructural	N°4	225	204.75 m	11.18 kg/m	457.62 kg
Z7 J10	Cimentación estructural	N°3	6	17.28 m	2.24 kg/m	38.62 kg
Z7 J10	Cimentación estructural	N°6	40	116.00 m	4.47 kg/m	259.26 kg
Z7 J11	Cimentación estructural	N°3	6	17.28 m	2.24 kg/m	38.62 kg
Z7 J11	Cimentación estructural	N°6	40	116.00 m	4.47 kg/m	259.26 kg
Z8 H5	Cimentación estructural	N°4	32	72.32 m	4.47 kg/m	161.64 kg
Z8 H5	Cimentación estructural	N°8	100	469.04 m	182.76 kg/m	1863.48 kg
Z9 J8	Cimentación estructural	N°3	6	27.12 m	2.24 kg/m	60.61 kg
Z9 J8	Cimentación estructural	N°8	76	363.47 m	15.89 kg/m	1444.07 kg
Z11 C4	Cimentación estructural	N°8	83	396.78 m	174.81 kg/m	1576.41 kg
Z12 C5	Cimentación estructural	N°8	86	422.98 m	174.81 kg/m	1680.49 kg
Z13 B10	Cimentación estructural	N°8	67	288.10 m	174.81 kg/m	1144.62 kg
Z14 J9	Cimentación estructural	N°3	6	15.12 m	2.24 kg/m	33.79 kg
Z14 J9	Cimentación estructural	N°6	86	369.78 m	8.94 kg/m	826.46 kg
Z15 C11	Cimentación estructural	N°7	24	75.12 m	6.08 kg/m	228.52 kg
Z15 D11	Cimentación estructural	N°7	24	75.12 m	6.08 kg/m	228.52 kg
<b>Total general: 5700</b>			<b>57130</b>	<b>137368.78 m</b>	<b>15715.11 kg/m</b>	<b>366026.34 kg</b>

*Nota. La Tabla 8 muestra 5700 barras de refuerzo modelados en la cimentación estructural, categorizadas por anfitrión y número de barra con un total de 366,026.34 [Kg] que equivalen a 366 Toneladas de acero aproximadamente.*

Si bien, el cálculo de cantidades de concreto de la manera tradicional es tedioso, el cálculo de las cantidades de armaduras lo es aún más, por tal motivo se puede presentar errores al momento de solicitar esta información. En el ámbito de la construcción, el acero se cuantifica por su peso y la manera de obtener esta información es con largas hojas de cálculo y una revisión detallada de los planos que pueden presentar errores humanos al momento de hacer el conteo, la Tabla 8

evidencia que con la metodología BIM puedo obtener datos como para un elemento, cuántas barras necesito, discriminando el número de la barra y obtengo información del peso en Kg del acero que se encuentra en ese elemento.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones.**

Es posible llegar a la conclusión de que la práctica empresarial llevada a cabo en la Universidad Industrial de Santander se desarrolló de manera satisfactoria y constituyó una experiencia fundamental para consolidar y aplicar los conocimientos previamente adquiridos durante el pregrado. Estos conocimientos, anteriormente circunscritos al ámbito teórico, fueron llevados a la práctica en el contexto de mi desempeño como auxiliar de ingeniería civil.

La adecuada supervisión y respaldo de las actividades involucradas en la planificación y ejecución de un proyecto, utilizando enfoques basados en metodologías BIM, posibilita un nivel superior de control en los procesos tanto administrativos como constructivos. Esto, a su vez, asegura los requisitos físicos y técnicos de los elementos a edificar, reduciendo significativamente los tiempos de supervisión durante la ejecución del proyecto.

La metodología BIM facilita un seguimiento preciso de la obra al proporcionar datos casi exactos sobre la cantidad de materiales de concreto y aceros utilizados en el proyecto. Gracias a esta metodología, se ha logrado determinar con precisión la cantidad de materiales empleados y, además, anticipar con exactitud los requerimientos de materiales necesarios para actividades posteriores específicas, lo que evidencia la eficacia de la implementación BIM en un proyecto.

Este enfoque contribuye significativamente a la reducción de los plazos necesarios para cuantificar las cantidades de materiales, lo que, a su vez, optimiza los tiempos de progreso en la obra.

Se recomienda al próximo practicante que continúe con este proceso tener en cuenta las especificaciones computacionales requeridas para llevar a cabo un nivel de desarrollo alto +LOD400 y discriminar información que puede ser relevante como fases del proyecto teniendo en cuenta el cronograma presentado en obra.

### Referencias Bibliográficas

- CAMACOL. (2022). *BIM KIT GUÍAS PARA LA ADOPCIÓN BIM EN LAS ORGANIZACIONES (2. GUÍA DE MODELADO BIM)*. <https://bim.minvivienda.gov.co/sites/default/files/doc-bim-2022-09/2-guia-de-modelado-bim-co.pdf>
- Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2023). Automating building sustainability assessment using building information modelling: A case study. *Journal of Building Engineering*, 107228. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107228>
- Consejo Superior, Consejo Académico, & Rector. (1944). *Planeación estratégica UIS*. <https://uis.edu.co/uis-planeacion-estrategica-es/>
- Hinojosa, N., & Pinilla, J. (2014). Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia. *Pontificia Universidad Javeriana*.
- Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título A- Requisitos generales de Diseño y construcción sismo resistente*.
- Ministerio de Vivienda. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. <https://minvivienda.gov.co/inicio-bim#:~:text=Estrategia%20Nacional%20BIM,estandarizada%20en%20un%20entorno%20digital>
- Olofsson Hallén, K., Forsman, M., & Eriksson, A. (2023). Interactions between Human, Technology and Organization in Building Information Modelling (BIM) - A scoping review of critical factors for the individual user. In *International Journal of Industrial Ergonomics* (Vol. 97). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103480>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Cumbre sobre la Transformación de la Educación*.  
. <https://www.un.org/es/transforming-education-summit/about>

Pellicer, E. ;, & Yepes. (n.d.). *CONSIDERACIONES SOBRE LA FUNCIÓN DE CONTROL APLICADA A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.*

Pérez Gonzales, P. A., & Perdomo Trujillo, E. A. (2019). *ESTABLECER LAS CANTIDADES DE OBRA, PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN EN UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIAS PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL NEIVA 2020.*

Raiz, L. (2000). *Revit* (2023). 2000.

Salamak, M., Jasinski, M., Plaszczyk, T., & Zarski, M. (2019). Analytical Modelling in Dynamo. *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series, 18(2)*.  
<https://doi.org/10.31490/tces-2018-0014>

Solihin, W., & Eastman, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automation in Construction, 53, 69–82*.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>