

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO Y MODELACIÓN ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 5 NIVELES CON
SEMISÓTANO PARA RESIDENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD
AMAZÓNICA DE PANDO**

Postulante: Univ. Ana Paula Ayala Becerra

Tutor Colectivo: Ing. Fabricio Ocampo Vedia

Asesor: Ing. Silvio Villareal Domínguez

Cobija -Pando-Bolivia

2024

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a Dios, mi familia y amigos por su inquebrantable apoyo durante todo el desarrollo de este proyecto, su constante aliento, comprensión y paciencia fueron fundamentales para lograr este objetivo. A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi principal fuente de inspiración, gracias por creer en mí y por estar a mi lado en cada paso del camino. A mis amigos, por su amistad sincera y por brindarme momentos de alegría cuando más los necesitaba, gracias por ser mi red de soporte inquebrantable. Gracias, de todo corazón, por ser parte de este viaje y por hacerlo significativo de manera inolvidable.

DEDICATORIA

A mis más grandes amores de mi vida mi madre Vivian y mi hija Emma, el presente proyecto de grado no solo marca un hito en mi camino académico, sino que también simboliza el profundo amor y el apoyo incondicional que he recibido de ustedes.

A mi Madre que desde mis primeros pasos has sido mi guía y ejemplo de fortaleza tu sacrificio y tu dedicación han sido la brújula que me ha guiado a lo largo de esta travesía, tu fe en mí ha sido la fuerza que me ha impulsado a superar cada obstáculo. A través de tus palabras de aliento y tu sabiduría inquebrantable, he encontrado la determinación para perseguir mis sueños con valentía.

A mi Hija querida, cada vez que te miro, veo un mundo lleno de posibilidades, eres mi inspiración constante para esforzarme por alcanzar lo mejor de mí mismo, en cada momento de duda, tu sonrisa y tu abrazo me recuerdan por qué cada paso adelante es significativo, quiero que veas en este logro no solo mi éxito, sino también el fruto de nuestro amor y nuestra complicidad, que cada página de este proyecto sea un testimonio de cuánto significas para mí y de mi compromiso de construir un futuro mejor para ti.

A ambas, mi gratitud infinita por iluminar mi vida con amor, esperanza y propósito. Este proyecto está dedicado a ustedes, mis pilares, mi fuerza y mi razón de ser. Que nuestro vínculo y nuestro amor continúen guiándome en cada nuevo capítulo que emprenda.

Con amor y eterna gratitud,

RESUMEN

Para llevar a cabo el proyecto de grado titulado "Diseño y Modelación Estructural de un Edificio de 5 Niveles con Semisótano para Residencia Estudiantil en la Universidad Amazónica de Pando", se realizó un estudio geotécnico y levantamiento topográfico del área de intervención.

Estos estudios proporcionaron información necesaria para la planificación y el diseño del edificio, asegurando que la estructura se adapte a las condiciones específicas del terreno.

El diseño estructural del edificio se centró en cumplir con las normativas bolivianas establecidas en la NB 1225002-1, las cuales regulan los estándares de seguridad y desempeño estructural en el país. Para llevar a cabo este diseño, se utilizaron herramientas como el software CypeCad V2018m, que permitió realizar análisis estructural.

Además, como parte integral del proceso, se elaboró un presupuesto detallado de todos los elementos estructurales utilizando el software Quark.

El enfoque en cumplir con las normativas bolivianas garantiza que el diseño final del edificio sea seguro, adecuándose a las cargas de uso. Asimismo, la utilización del software Quark para la gestión presupuestaria asegura que los recursos económicos sean asignados de manera óptima, minimizando riesgos financieros y asegurando el cumplimiento de los objetivos del proyecto en términos económicos y técnicos.

ABSTRACT

This study focuses on the thesis project titled "Structural Design and Modeling of a 5-Level Building with Basement for Student Residency at the Universidad Amazónica de Pando." A geotechnical study and topographic survey were conducted in the intervention area. These studies provided essential information for the planning and design of the building, ensuring that the structure adapts to the specific terrain conditions

The structural design of the building focused on complying with Bolivian standards set by NB 1225002-1, which regulate safety and structural performance standards in the country. Tools such as CypeCad V2018m were used for structural analysis. Additionally, a detailed budget for all structural elements was prepared using Quark software.

The adherence to Bolivian standards ensures that the final building design is safe and meets usage loads. Furthermore, the use of Quark software for budget management ensures optimal allocation of financial resources, minimizing financial risks and ensuring the achievement of project objectives in both economic and technical terms.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.	4
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. METODOLOGÍA.....	5
1.6. ALCANCES	6
1.7. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL PROYECTO.....	6
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. TOPOGRAFÍA.....	14
2.1.1. Levantamiento topográfico	15
2.1.2. Equipo topográfico.....	15
2.1.3. Equipo de campo.....	16
2.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	19
2.2.1. Parámetros de determinación de espaciamiento y profundidad.....	19
2.2.2. Exploración subsuperficial.....	20
2.2.3. Ensayo de penetración estándar S.P.T.	21
2.2.4. Clasificación de suelo	21
2.3. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL	22
2.3.1. Normas empleadas	22
2.3.2. Hormigón Armado	22
2.3.3. Estudio de suelos.....	23

2.3.4.	Acero de Refuerzo:	23
2.3.5.	Métodos de diseño:	24
2.3.6.	Método de resistencia ultima	25
2.3.7.	Análisis de carga.....	26
2.3.8.	Estructuración y predimensionamiento.....	31
2.3.9.	Determinación del módulo de balasto.....	34
2.4.	COSTOS Y PRESUPUESTO	35
2.4.1.	Costos directos:.....	35
2.4.2.	Costos indirectos:.....	35
2.4.3.	Gastos financieros:.....	36
2.4.4.	Cómputos métricos	36
2.4.5.	Análisis de precios unitarios	37
3.	MARCO METODOLÓGICO	38
3.1.	METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	38
3.1.1.	Ubicación del proyecto	38
3.1.2.	Visita y reconocimiento del área de trabajo.....	39
3.1.3.	Materiales y equipo de trabajo	39
3.1.4.	Arrastre de coordenadas.....	39
3.1.5.	Levantamiento topográfico	40
3.1.6.	Trabajo de gabinete.....	41
3.2.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	42
3.2.1.	Localización geográfica	42
3.2.2.	Trabajo de campo.....	42
3.2.3.	Metodología de trabajo	43
3.2.4.	Ensayos de laboratorio.....	43

3.2.5.	Contenido de humedad	44
3.2.6.	Granulometría	44
3.2.7.	Límites	45
3.2.8.	Límite líquido.....	46
3.2.9.	Limite plástico	46
3.2.10.	Clasificación de suelos	46
3.2.11.	Ensayo de penetración estándar S.P.T.	47
3.2.12.	Factores de corrección para el valor de número de golpes ‘n’	48
3.2.13.	Capacidad portante del suelo.....	49
3.2.14.	Determinación del módulo de balasto	50
3.3.	PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTO ESTRUCTURALES.....	51
3.3.1.	Predimensionamiento de vigas	52
3.3.2.	Predimensionamiento de losa	54
3.3.3.	Diseño de columnas	56
4.	RESULTADOS	59
4.1	TOPOGRAFÍA.....	59
4.1.1	Curvas de nivel	59
4.1.2	Resultados del levantamiento topográfico	60
4.2.	ESTUDIO DE SUELOS.....	60
4.2.1.	Resultados de la excavación del estudio de SPT	60
4.2.2.	Contenido de humedad	61
4.2.3.	Clasificación de suelos.....	62
4.2.4.	Sondeo SPT trabajo de campo	63
4.2.5.	Valores corregidos para N60	64
4.2.6.	Resultados del trabajo de campo.....	65

4.3.	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	67
4.3.1.	Modelado estructural en el programa CYPECAD v2018m.....	67
4.4.	PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	70
4.4.1.	Presupuesto general	70
4.4.2.	Cronograma GANT y ruta critica	71
5.	CONCLUSIONES.....	72
6.	RECOMENDACIONES	75
7.	BIBLIOGRAFIA.....	76
8.	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Demanda y oferta del albergue universitario 2013	3
Tabla 2 Actividades Para Realizar Para Lograr Los Objetivos del Proyecto de Grado.....	5
Tabla 3 Descripción de ambiente y superficie por nivel.....	9
Tabla 4 Espaciamiento aproximado de las perforaciones	20
Tabla 5 Factores de reducción de resistencia.....	26
Tabla 6 Peso Específico de materiales asumidos en la estructura	26
Tabla 7 Carga muerta en escaleras.....	27
Tabla 8 Sobrecarga de Servicio L	27
Tabla 9 Velocidad básica del viento en ciudades	28
Tabla 10 Combinaciones de Carga	30
Tabla 11. Recubrimiento para elementos de hormigón armado	34
Tabla 12 Diámetro de tamices para ensayo granulométrico	45
Tabla 13 Símbolos para la clasificación de suelos.....	47
Tabla 14 Metodología de trabajo del ensayo	47
Tabla 15 Variaciones de NH.....	48
Tabla 16 Altura mínima de vigas no pretensadas	53
Tabla 17 Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas	55
Tabla 18 Profundidad de excavación del trabajo de campo SPT - 01	60
Tabla 19 Profundidad de excavación del trabajo de campo SPT - 02	60
Tabla 20 Contenido de humedad (%) SPT-01	61
Tabla 21 Contenido de humedad (%) SPT-02	62
Tabla 22 Clasificación de muestras (USCS), Punto 01.	62

Tabla 23 Clasificación de muestras (USCS), Punto 02	63
Tabla 24 Sondeo SPT 01 trabajo de campo	63
Tabla 25 Sondeo SPT 02 trabajo de campo	64
Tabla 26 Valores corregidos para N60	64
Tabla 27 Valores corregidos para N60 spt 02.....	65
Tabla 28 Resultados obtenidos del trabajo de campo spt 01	65
Tabla 29 Resultados obtenidos del trabajo de campo 02	66

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Diseño arquitectónico.....	7
Figura 2 Diseño arquitectónico.....	7
Figura 3 Diseño arquitectónico.....	8
Figura 4 Diseño arquitectónico.....	8
Figura 5 Plano Arquitectónico - Nivel Sub-Suelo.....	10
Figura 6 Plano arquitectónico - Planta Tipo.....	11
Figura 7 Elevación Vista Frontal corte A-A'.....	12
Figura 8 Elevación Vista lateral corte B-B'.....	12
Figura 9 Elevación Estructural.....	13
Figura 10 Vista modelación 3D.....	13
Figura 11 Mapa probabilístico de amenaza sísmica para Bolivia.....	29
Figura 12 Ubicación del proyecto.....	38
Figura 13 Coordenadas de partida con los datos de los Bench Mark (BM).....	40
Figura 14 Levantamiento topográfico.....	41
Figura 15 Inicio de ensayo SPT 01.....	43
Figura 16 Modelación Estructural en el Software CypeCad vista frontal.....	51
Figura 17 Modelación Estructural en el Software CypeCad vista posterior.....	51
Figura 18 Disposición de vigas Modelado estructural.....	52
Figura 19 Disposición losa reticular modelación estructural.....	54
Figura 20 Disposición columna central- área de influencia.....	56
Figura 21 Curvas de Nivel Elaboradas en Software AutoCAD Civil 3D.....	59
Figura 22 Detalle de profundidades de los ensayos y las fundaciones.....	66

Figura 23 Modelo estructural en 3D del edificio.....	68
Figura 24 Modelo estructural en 3D del edificio.....	69

1. INTRODUCCIÓN

El uso de residencias universitarias se ha incrementado notablemente, especialmente en ciudades cercanas a centros de población con universidades de alto nivel académico. Por esta razón, muchos estudiantes se trasladan a estas ciudades en busca de una educación superior. Esto genera una población estudiantil temporal que reside en las ciudades durante los años de su formación académica, lo que a su vez requiere que busquen viviendas adecuadas que cuenten con los servicios básicos, acorde a su capacidad económica y proximidad a las instituciones educativas a las que asisten.

En respuesta a esta necesidad, se ha planteado un proyecto para el análisis y diseño estructural de un edificio de cinco niveles y un semisótano para la Universidad Amazónica de Pando, este proyecto constituye una de las responsabilidades clave del ingeniero civil: el diseño y la ejecución de edificaciones que satisfagan las necesidades de la comunidad, abordando específicamente los requerimientos de infraestructura para vivienda, salud, educación

La tarea implica la aplicación de principios de ingeniería estructural para garantizar la funcionalidad, seguridad y eficiencia de la edificación, alineándose con las normativas vigentes y las mejores prácticas del sector.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizaron estudios y ensayos de suelo, levantamiento topográfico y se utilizaron programas estructurales para el análisis y diseño. La estructura se calculó considerando las cargas de uso y servicio según las normativas vigentes en el país, es decir, las normas bolivianas de construcción. Se aplicó el método de "Diseño por Resistencia", que consiste en incrementar las cargas de servicio y reducir la resistencia nominal de los elementos estructurales.

El método de resistencia última, también conocido como método de resistencia, se utiliza para estudiar el comportamiento de la estructura bajo condiciones de carga extremas, superiores a las que normalmente soporta, garantizando así un diseño con factores de seguridad apropiados.

La propuesta de esta residencia tiene como objetivo principal contribuir a la infraestructura habitacional destinada a la población estudiantil de nuestra ciudad capital, Cobija.

1.1. Antecedentes

Los edificios de residencias son estructuras especialmente diseñadas para albergar a un gran número de personas en viviendas individuales o departamentos. Estos edificios ofrecen diversas comodidades y servicios que están destinados a mejorar la calidad de vida de sus residentes.

Durante el Renacimiento y la era de la Ilustración, la arquitectura de los edificios de residencias se desarrolló aún más, con el surgimiento de villas y mansiones diseñadas para la burguesía y la nobleza. A medida que la Revolución Industrial avanzaba, la necesidad de alojamiento para los trabajadores urbanos se volvió cada vez más importante, lo que llevó a la construcción de edificios de viviendas a gran escala, como los bloques de apartamentos. (Calmett & Antenucci, 2017)

En Estados Unidos, las residencias universitarias comenzaron a aparecer a principios del siglo XX, con la creación de las primeras fraternidades y sororidades. Estas residencias estaban destinadas a los estudiantes de ambos sexos y se caracterizaban por ofrecer una experiencia de comunidad y socialización única. (Calmett & Antenucci, 2017)

Hoy en día una opción para estudiantes y a otros miembros de la comunidad universitaria que proporciona una estadía a mientras cursan sus estudios, así como otros servicios como comida, lavandería o limpieza de la habitación.

1.2. Planteamiento del problema

A medida que las ciudades se desarrollan son mayores sus requerimientos de vivienda, transporte y comunicación, la falta de espacios adecuados, El alto costo de las propiedades privadas

representa un desafío para los estudiantes migrantes de otros departamentos y de provincia que no cuentan con los recursos económicos suficientes para solventar su estadía.

De acuerdo con datos de la gestión 2013 del Vicerrectorado la UAP tenía 4130 estudiantes matriculados en los diferentes programas, con los resultados de la encuesta aplicada se pudo obtener que 1395 estudiantes no contaban con una vivienda propia y solo un 32% era procedente del departamento Pando. (Pro ambiente SRL, 2013)

Por lo que se puede observar que un gran número de universitarios no proceden del departamento o que vienen de provincias, que también no cuentan con una vivienda propia, teniendo en si la necesidad de alquilar una residencia para continuar con sus estudios

Se tuvo previsto la construcción de un albergue con capacidad de que albergara a 50 estudiantes, acuerdo con la demanda de los estudiantes de la UAP, que requerían un espacio en el albergue alcanzaron aun número de 1395 para el 2013, datos que se reflejan del estudio de mercado y se pretendía cubrir hasta un 14.34% de la demanda

Tabla 1
Demanda y oferta del albergue universitario 2013

DEMANDA	OFERTA	DEMANDA INSATISFECHA EN (%)	DEMANDA SATISFECHA EN (%)
1395	50	85.66	14.33

Fuente: Demanda de viviendas por los estudiantes de la UAP encuestas a estudiantes –Pro ambiente SRL (2013)

Actualmente en la gestión 2024 la universidad cuenta con 9103 estudiantes matriculados (*Datos de la plataforma de la universidad*), la demanda aumentaría, siendo la oferta del primer albergue insuficiente. Es en ese sentido se ve pertinente elaborar un análisis y diseño de un edificio adecuado para esta problemática.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Realizar el proyecto de diseño y modelación estructural de un edificio de 5 niveles con semisótano para residencia estudiantil en la Universidad Amazónica de Pando, mediante estudios geotécnicos, estructurales, con el fin de satisfacer las necesidades de vivienda y brindando espacios dignos e íntegros, de manera que coadyuven a los estudiantes en su formación profesional.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Realizar el estudio geotécnico y levantamiento topográfico en el área de estudio del proyecto
- Realizar el diseño y modelación estructural mediante la norma boliviana NB 1225002-1 y el software CypeCad V2018m
- Elaborar el presupuesto de los elementos estructurales con el software Quark

1.4. Justificación

El cálculo estructural es un proceso fundamental para determinar las dimensiones y los materiales necesarios para que una estructura sea capaz de resistir las cargas a las que estará sometida a lo largo de su vida útil, para lo cual consideraremos los siguientes puntos; seguridad, cumplimiento de las normativas vigentes de construcción y seguridad estructural, eficiencia y economía, durabilidad y longevidad, los mismos que se detallan a continuación:

- Seguridad: con el cálculo estructural del edificio garantizamos la seguridad de los ocupante y personas que lo rodean además que la estructura pueda resistir fuerzas externas.
- Cumplimiento de la normativa: Aplicando la normativa del hormigón NB 1225001-2. Se realizará un correcto calculo estructural, para garantizar que el edificio cumpla con los estándares de seguridad y durabilidad

- Eficiencia y economía: Se optimizará el diseño de la estructura garantizando el uso correcto de materiales en su ejecución.
- Durabilidad y longevidad: Al calcular la estructura correctamente se asegura que el edificio tenga una vida útil prolongada, manteniendo su integridad estructural a lo largo de los años

1.5. Metodología

A continuación, se detalla la metodología utilizada para la elaboración del diseño y modelación estructural³

Tabla 2

Actividades Para Realizar Para Lograr Los Objetivos del Proyecto de Grado

	Objetivos	Actividades
1	Realizar el levantamiento topográfico	El levantamiento topográfico del área se realizó utilizando equipo especializado de topografía (Estación Total y Accesorios) de la Universidad Amazónica de Pando. Los planos topográficos fueron generados software Civil 3D 2017 mediante la información obtenida en campo.
2	Realizar el estudio de las características físicas y mecánicas del terreno	Trabajo de campo tomando muestras a ser analizadas en el laboratorio de suelos de la UAP Estudio geotécnico bajo norma de ensayo ASTM D1586-11 Ensayo SPT, Clasificación de suelos y trabajo de gabinete
3	Realizar el diseño y modelación estructural mediante la norma boliviana NB 1225002-1 y el software CypeCad V2018m	Elaborar el análisis y diseño estructural bajo los conceptos de la norma boliviana NB 1225002-1 y el diseño manual de los elementos estructurales más críticos Se utilizará el Software CypeCad V2018m para análisis y diseño estructural. Software AutoCAD para el diseño de planos. Microsoft Excel para la realización de hojas de cálculo

4	Realizar el presupuesto de los elementos estructurales del proyecto	Elaboración de cálculos métricos de los elementos estructurales, en base a los planos y cálculos obtenidos con el software Quark- Costos y presupuesto V7.00
---	---	--

Nota: Elaboración propia

1.6. Alcances

Se realizará el Diseño Y Modelación Estructural aplicando Norma Boliviana del Hormigón NB-1225001-1 para los métodos de diseño que conformaran la estructura, definiendo las ubicaciones de los elementos estructurales. Para lo cual se utilizará el software Cype Cad V2018m.

Así mismo se elaborará los planos del proyecto estructural con los datos obtenidos del software aplicado, los cuales estarán adecuados con el AutoCAD, culminado el diseño y modelación se procederá al análisis y cálculos métricos para la elaboración del presupuesto general de la estructura.

1.7. Descripción arquitectónica del proyecto

Para el presente proyecto se necesitará contar un predio que cuente con 1227.16 m² para el área construida.

El proyecto corresponde a una estructura de 5 niveles superiores y un nivel inferior con capacidad para 220 personas como se muestra en las siguientes imágenes:

Figura 1
Diseño arquitectónico



Nota: Elaboración Propia

Figura 2
Diseño arquitectónico



Nota: Elaboración Propia

Figura 3
Diseño arquitectónico



Nota: Elaboración Propia

Figura 4
Diseño arquitectónico



Nota: Elaboración Propia

En siguiente se describe un resumen de los ambientes, ocupación y superficie.

Tabla 3

Descripción de ambiente y superficie por nivel

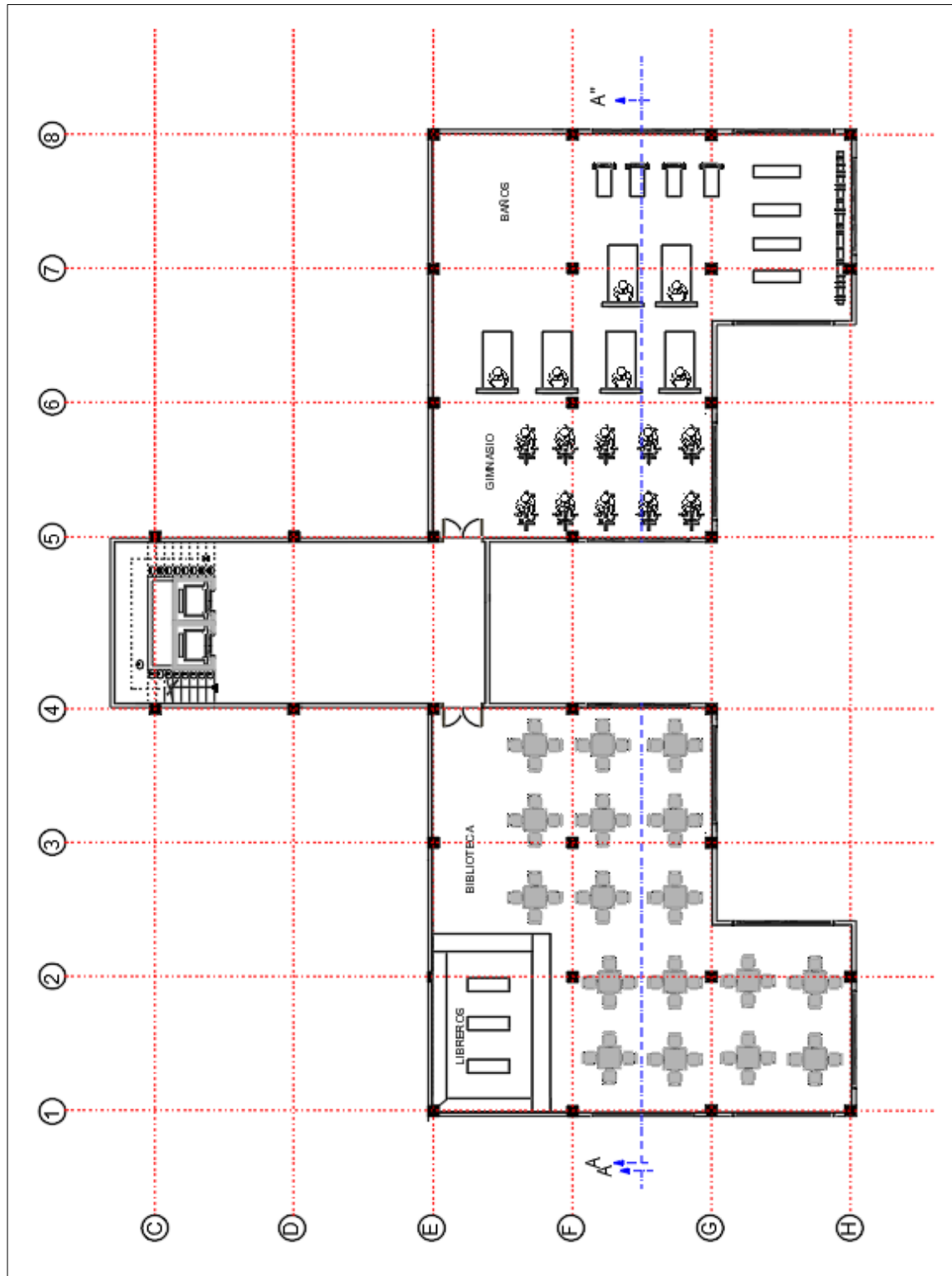
Nivel	Descripción del ambiente	Superficie (m²)
Subsuelo	Biblioteca, área de estudio, comedor.	478
Planta tipo	Recepción, administración, pasillos, dormitorio compartido de 5 personas c/ baño privado, lavandería, cuarto de estar, comedor	895
Vías de Acceso	Cada nivel consta con el acceso a los ambientes por medio un ascensor y una escalera auxiliar	

Nota: Elaboración propia

Así mismo se detalla la distribución de los ambientes del edificio de la siguiente manera:

- El subsuelo estará destinado a los ambientes de la biblioteca, área de estudio, comedor y la administración haciendo un con un área total de 454.86m² y una altura libre de 2.80m. El acceso a los ambientes es por medio un ascensor y una escalera auxiliar
- La planta baja y nniveles superiores albergarán cuatro apartamentos para residencia que constan de dos habitaciones para dormitorios con capacidad para 4 camas, tres baños, lavandería, cocina, cuarto de estar y comedor, haciendo un área total por nivel de 859.69 m² y una altura libre de 2.80m, cada nivel estará interconectado mediante una escalera de 1.25m de ancho en dos tramos por niveles
- Adicional a las escaleras el edificio contara con un ascensor que agilizara la circulación vertical de los ocupantes.

Figura 5
Plano Arquitectónico - Nivel Sub-Suelo



Nota: Elaboración propia

Figura 6
Plano arquitectónico - Planta Tipo

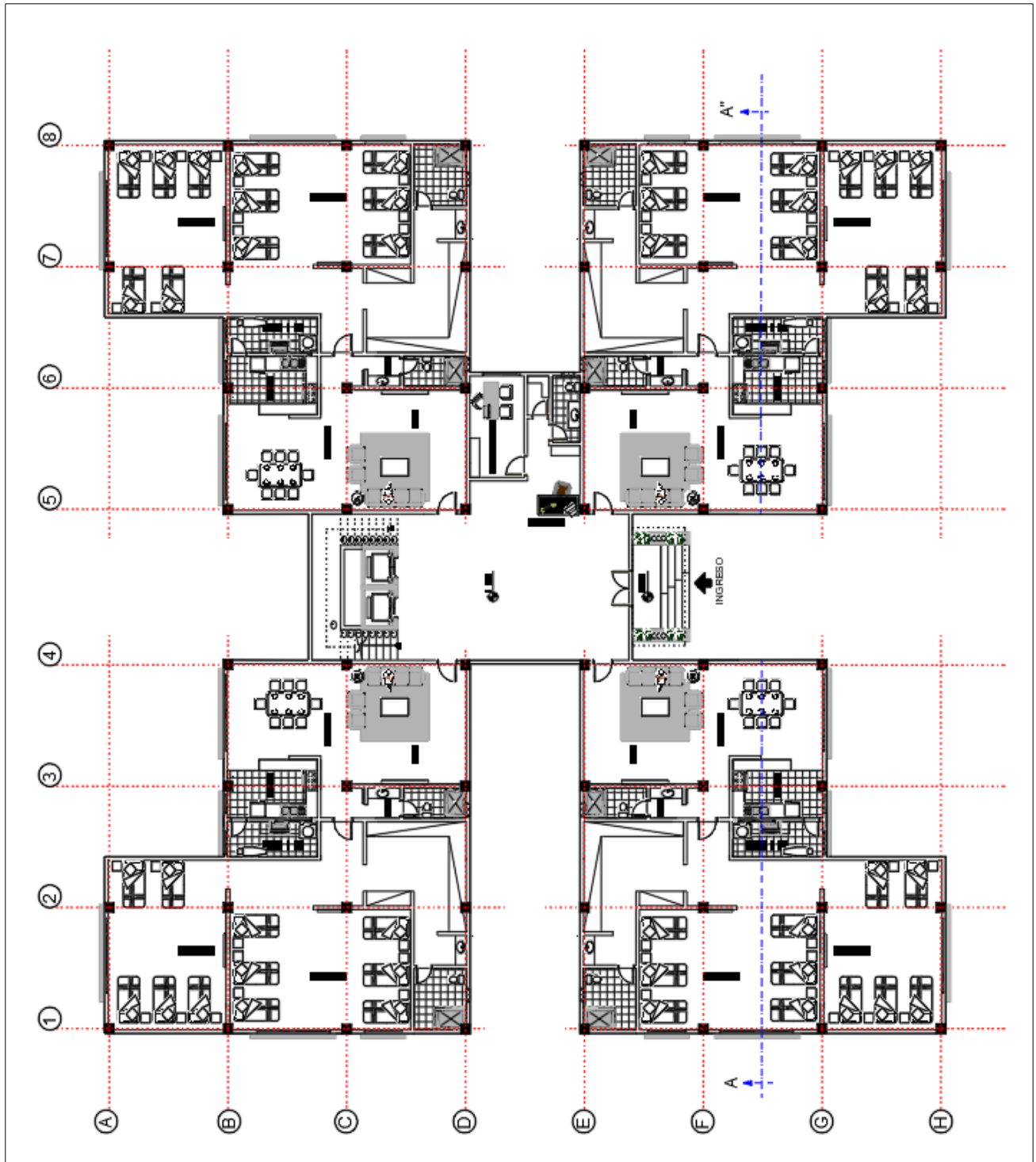


Figura 7
Elevación Vista Frontal corte A-A'



Nota: Elaboración propia

Figura 8
Elevación Vista lateral corte B-B'

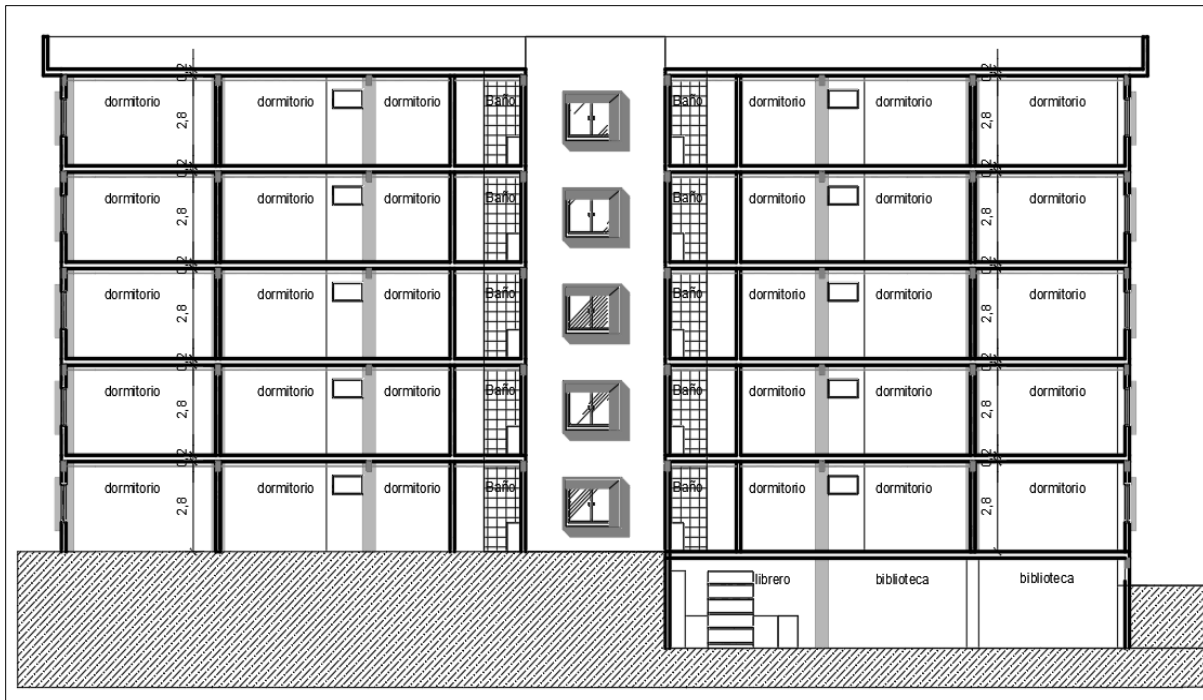
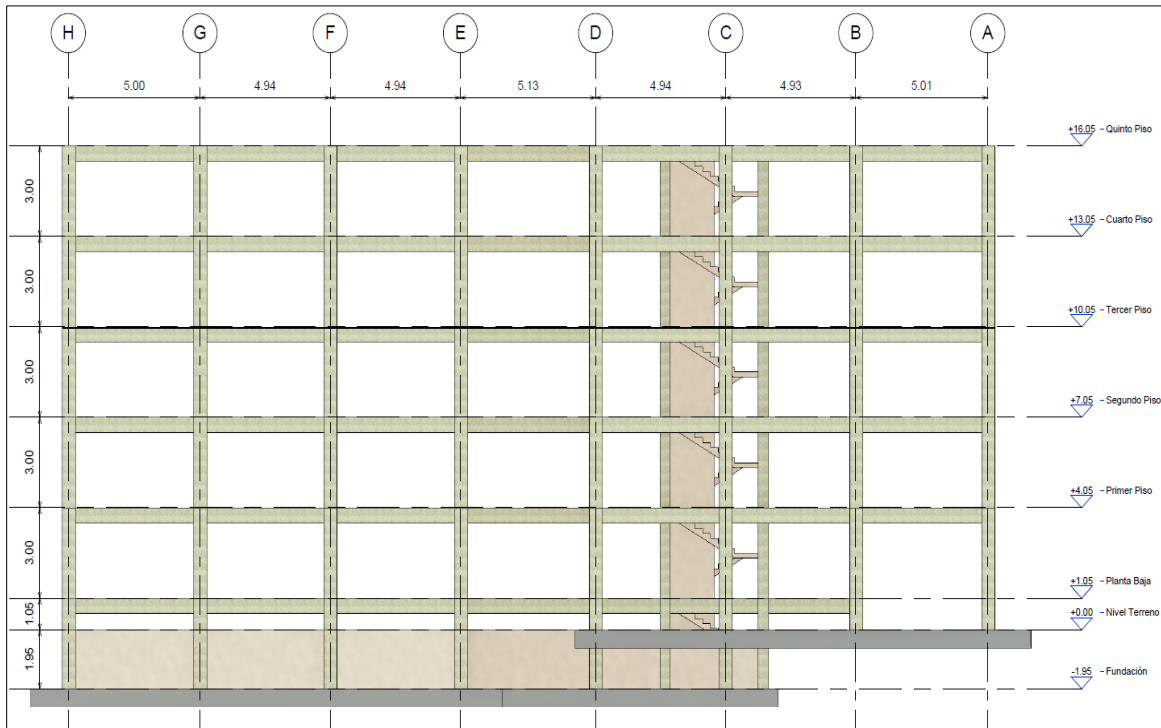
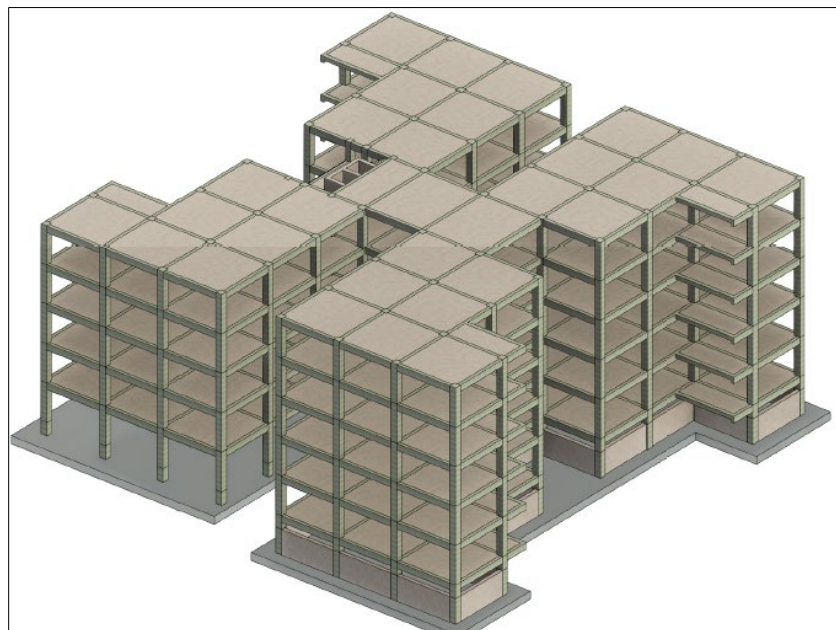


Figura 9
Elevación Estructural



Nota: Elaboración propia

Figura 10
Vista modelación 3D



Nota: Elaboración propia

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo se basa en una serie de conceptos teóricos, normas y procedimientos de un análisis estructural, que son fundamentales para realizar el diseño estructural de los elementos, comprender y predecir el comportamiento de estructuras bajo cargas y condiciones específicas. Algunos de estos fundamentos que abracara el tema son:

2.1. Topografía

La topografía es una disciplina que se especializa en la descripción y medición de la superficie de la tierra, constituye un elemento indispensable en las obras civiles ya que su aplicación está presente en la mayoría de las actividades humanas que requieren tener conocimiento de la superficie del terreno

Las actividades relacionadas al levantamiento topográfico han sido modificadas tremendamente durante las pasadas décadas por la incorporación de instrumentos de última tecnología entre los que se puede mencionar el GPS y la Estación Total.

Es necesario resaltar que la característica de mayor importancia en esta modificación se evidencia en el proceso de captura, almacenamiento, cálculo y transmisión de los datos de campo, así como en la representación gráfica de los mismos; esto ha traído como consecuencia la posibilidad de obtener un producto final con mayor precisión y rapidez.

El uso que el profesional de la Ingeniería hace de la topografía tiene básicamente que ver con la definición de linderos y con el desarrollo de proyectos de infraestructura tales como urbanismos, carreteras, puentes, obras hidráulicas, acueductos, alcantarillado, riego y drenaje, etc., por lo tanto se hace necesario incorporar a los cursos de Topografía la enseñanza de los fundamentos y prácticas necesarias para que los estudiantes adquieran estos conocimientos y desarrollen las habilidades y destrezas que les permitan el manejo instrumental de equipos como el GPS y la

Estación Total que conforman hoy en día el dúo de instrumentos más utilizados en la práctica topográfica. (Paul R. Wolf, 1992)

2.1.1. Levantamiento topográfico

Se entiende por levantamiento Topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; “el proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra” (Alvaro Torrez Nieto, 2001).

2.1.2. Equipo topográfico

Los instrumentos en topografía componen las principales herramientas de trabajo para tomar medidas topográficas, así como del material auxiliar que se emplearán para la toma de medidas. (Mario, 2010).

Entre personal, equipo topográfico y material auxiliar empleados fueron:

2.1.2.1. Personal de trabajo:

2.1.2.2. Topógrafo:

Es la persona encargada, competente para realizar los trabajo cartográficos y topográficos, realización de replanteos, realización de levantamientos topográficos: Tras la realización de una serie de estudios y análisis del terreno, es decir, la plasmación en un plano de la realidad de un terreno. (Mario, 2010).

2.1.2.3. Alarife

Durante el levantamiento topográfico, el alarife utiliza equipos como estaciones totales, GPS y otros dispositivos de medición para registrar las coordenadas y altitudes de los puntos clave en el terreno. También puede utilizar técnicas de triangulación y radiación para determinar la ubicación de objetos y características en el terreno. (Mario, 2010).

Una vez que se han realizado todas las mediciones necesarias, el alarife utiliza el software de diseño asistido por ordenador (CAD) para crear los planos topográficos. Estos planos muestran detalles como la topografía del terreno, los límites de la propiedad, las estructuras existentes, los obstáculos y otros detalles importantes para la planificación y la construcción de edificios, carreteras, puentes y otras obras civiles. (Mario, 2010).

2.1.3. Equipo de campo

2.1.3.1. Estación Total

Una estación total es un instrumento topográfico utilizado en la medición de terrenos y en la construcción de estructuras, mide los ángulos horizontales y verticales y las distancias entre los puntos que se están midiendo. Con esta información, se pueden calcular las coordenadas tridimensionales de los puntos. La estación total puede medir con alta precisión y rapidez, lo que la hace útil en una variedad de aplicaciones topográficas, como el levantamiento de terrenos para la construcción de edificios y carreteras, la creación de mapas topográficos, el diseño de infraestructuras y la monitorización de estructuras.

Las estaciones totales modernas a menudo tienen pantallas digitales para mostrar los resultados de las mediciones y permiten la transferencia de datos a computadoras para la generación de planos y mapas. Algunos modelos también incluyen sistemas de posicionamiento global (GPS) para mejorar aún más la precisión de las mediciones. (Mario, 2010).

2.1.3.2. Nivel de ingeniero

El nivel de ingeniero es un instrumento topográfico utilizado para medir la diferencia de altura entre dos puntos en un terreno. Este instrumento se utiliza comúnmente en la construcción y en proyectos de ingeniería civil, así como en la topografía para realizar mediciones precisas y determinar la elevación de los puntos de un terreno.

El nivel de ingeniero consta de un telescopio montado en un trípode y un nivel de burbuja. El telescopio se utiliza para alinear dos puntos y se puede girar para apuntar a diferentes objetivos. El nivel de burbuja se utiliza para asegurar que el telescopio esté nivelado y apuntando horizontalmente. (Mario, 2010).

Para medir la diferencia de altura entre dos puntos, el nivel de ingeniero se coloca en un punto de referencia conocido, y se apunta hacia un punto objetivo en la distancia. Se toma una lectura de la elevación del punto objetivo, y luego el nivel de ingeniero se mueve al punto objetivo, donde se toma otra lectura. La diferencia entre las dos lecturas es la diferencia de altura entre los dos puntos.

Los niveles de ingeniero modernos a menudo tienen pantallas digitales para mostrar los resultados de las mediciones y permiten la transferencia de datos a computadoras para la generación de planos y mapas. También pueden tener características adicionales, como compensadores automáticos y corrección de errores sistemáticos, para mejorar la precisión de las mediciones. (Mario, 2010).

2.1.3.3. Prisma

Un prisma se refiere a un objeto que se coloca en puntos específicos en el terreno para permitir mediciones precisas de distancia y elevación. Los prismas se utilizan en la técnica de medición topográfica conocida como "topografía con estación total".

Un prisma topográfico consta de un cuerpo prismático con una superficie reflectante en una o varias de sus caras, que refleja la luz de la estación total hacia el instrumento de medición. Los

prismas topográficos suelen tener una forma específica, como una pirámide cuadrangular o triangular, y se pueden colocar en un trípode o en una estaca para su estabilidad.

Al medir con una estación total, el instrumento emite un haz de luz que es reflejado por el prisma. La estación total mide el tiempo que tarda la luz en reflejarse en el prisma y regresar a la estación total, lo que se utiliza para calcular la distancia y la elevación del punto en el que se encuentra el prisma. Los prismas topográficos son útiles para realizar mediciones precisas en terrenos con cambios de elevación y en lugares donde no se pueden utilizar otros métodos de medición.

2.1.3.4. Mira

Una mira es un instrumento utilizado para medir distancias y alturas. La mira consiste en una vara graduada en centímetros o en pies, y puede ser de metal, madera o fibra de vidrio.

La mira se utiliza en combinación con un instrumento de medición topográfica, como una estación total, para medir la distancia y la elevación de un punto en el terreno. Durante una medición topográfica, la mira se coloca verticalmente en un punto específico en el terreno y se lee la distancia o la altura de la mira en el instrumento de medición.

Las miras topográficas suelen estar graduadas en centímetros o en pies, y pueden ser de diferentes longitudes. Algunas miras tienen una longitud fija, mientras que otras tienen secciones que se pueden extender para alcanzar alturas mayores. Las miras también pueden tener burbujas de nivel para asegurarse de que están colocadas verticalmente.

En resumen, la mira es un instrumento importante en la medición de distancias y alturas durante un levantamiento topográfico, y permite obtener mediciones precisas del terreno.

2.2. Estudio Geotécnico

La importancia del conocimiento de las características del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras, así como en la de los elementos auxiliares de la construcción.

Las propiedades geotécnicas de un suelo, como su distribución granulométrica, plasticidad, compresibilidad y resistencia cortante, se pueden evaluar mediante pruebas de laboratorio adecuadas. Además, recientemente se ha puesto énfasis en la determinación in situ de las propiedades de resistencia y deformación del suelo, puesto que este proceso evita alterar las muestras durante la exploración de campo

Así pues, el ingeniero debe tener una comprensión completa de la geología del área, es decir, el origen y la naturaleza de la estratificación del suelo y también de las condiciones del agua en el subsuelo.

2.2.1. Parámetros de determinación de espaciamiento y profundidad

Para determinar el espaciamiento de las perforaciones no existe una regla fija, en el libro de Fundamento de ingeniería nos da algunas directrices generales, si varios estratos de suelo son relativamente uniformes y van asemejando en cada estrato se necesitarán menos perforaciones que en estratos de suelo no homogéneos.

Tabla 4

Espaciamiento aproximado de las perforaciones

Tipo de proyecto	Espaciamiento (m)
Edificio de muchos pisos	10-30
Plantas industriales de un piso	20-60
Carreteras	250-500
Subdivisión residencial	250-500
Presas y diques	40-80

Nota: Tabla de espaciamiento aproximado de las perforaciones, Braja M. Das (1983). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7ma. Ed.). Perforaciones exploratorias en el campo. Tabla 2.4, pág. 77.

La profundidad aproximada requerida de los sondeos se debe predeterminar dependiendo del subsuelo encontrado, para determinar la profundidad de perforación para hospitales y edificios ligeros de acero y concreto (Sowers, (1970)) , se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Db}{S^{0.7}} = a$$

Donde:

Db= profundidad de perforación

S= número de pisos

a= 3 si *D* está en metros

$$\begin{aligned} Db &= 3 * 5^{0.7} \\ &= 9.25 \text{ m} \end{aligned}$$

2.2.2. Exploración subsuperficial

Es el proceso para la identificación de los estratos de depósitos que subyacen bajo una estructura propuesta y sus características físicas se le refiere como exploración su superficial. Su propósito es obtener información que ayude al ingeniero geotécnico a:

1. Seleccionar el tipo y la profundidad de la cimentación adecuada para una estructura dada.
2. Evaluar la capacidad de soporte de carga de la cimentación.
3. Estimar el asentamiento probable de una estructura.
4. Determinar la ubicación del nivel freático.
5. Predecir la presión lateral de tierra en estructuras como muros de retención, muros de tablaestacas y cortes apuntalados.
6. Establecer los métodos de construcción para cambiar las condiciones del subsuelo.

2.2.3. Ensayo de penetración estándar S.P.T.

Se trata de uno de los ensayos más utilizados en el ámbito de la geotecnia por su sencillez, rapidez y economía.

El ensayo SPT básicamente consiste en la hincada en el terreno de una punta metálica mediante golpes por lo que da idea de la resistencia del terreno, se contabiliza el número de golpes necesarios para introducir una muestra tubular de acero hueco o con punta ciega, mediante una maza de 63,5 kg que cae repetidamente desde una altura de 76,2 cm. Son importantes estas medidas ya que sirven para diferenciarlos de otros ensayos de penetración.

La muestra debe introducirse en el terreno 60 cm y se contabilizan los golpes cada 15 cm. Tanto la muestra tubular como la punta ciega y el varillaje necesario están estandarizados.

(Braja M. Das, 1983)

2.2.4. Clasificación de suelo

La geología, su amplio conocimiento y entendimiento sobre la naturaleza y comportamiento de los suelos, aporta valiosos datos que sirven de base y punto de partida a la ingeniería civil, conocer sobre el suelo se realizará una edificación o construcción es vital.

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. (Braja M. Das, 1983)

Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son

- 1) el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
- 2) el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la ASTM).

El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones.

2.3. Consideraciones en el diseño estructural

El proceso de diseño comprende el diseño arquitectónico, el desarrollo del concepto estructural y las normas de diseño a tomar en cuenta.

2.3.1. Normas empleadas

El análisis y diseño estructural se realizó conforme se indica en las siguientes normas:

- Hormigón armado Norma Boliviana NB 1225001-1
- Cargas consideradas: NB 1225001-2
- Acción de viento NB 1225003-1
- Suelos y Cimentaciones Norma ASTM 1586

2.3.2. Hormigón Armado

El hormigón armado es aquel que contiene acero de refuerzo distribuido para resistir los esfuerzos estructurales. Las propiedades varían de acuerdo con el tipo de hormigón y acero, para este edificio se utilizó:

- Resistencia específica a la compresión: $f_c = 21 \text{ MPA}$
- Peso específico: 2400 (Kg/m³)

- Módulo de Elasticidad: $E_c = 3.830 \sqrt{f_c} = 175512.65$ (Mpa)
- Factor de reducción de resistencia a la flexión $\phi = 0.90$
- Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_v = 0.75$

El módulo de elasticidad se utilizará según normativa para hormigones de peso normal la ecuación 19.2.2.1.b de la NB1225001. está directamente relacionado con la capacidad de resistencia de los elementos estructurales a fuerzas externas, por lo tanto, mientras mayor sea el módulo de elasticidad asumido, mayor también será la capacidad de resistencia de la sección transversal del elemento en análisis, también influirá en el límite de fisuración del elemento.

2.3.3. Estudio de suelos

De acuerdo con la información obtenida mediante el estudio de suelos se tiene datos con los cuales se realizó el cálculo de las fundaciones.

- Profundidad de cimentación sótano: - 2,40 (m)
- Capacidad de carga admisible (q adm): 1.29 (Kg/cm²)
- Descripción del suelo: Arena Arcillosa SC
- Peso específico del suelo:
- 18 kn/m³

- Profundidad de cimentación planta baja: -0.45 (m)
- Descripción del suelo: Arcilla limosa SM
- Capacidad de carga admisible (q adm): 0.95 (Kg/cm²)
- Peso específico del suelo: 17.5kn/m³

2.3.4. Acero de Refuerzo:

Debido a que el concreto tiene poca resistencia a la tracción se coloca acero en el hormigón para que soporte estas tracciones, además contribuye a resistir la compresión y corte. El acero que se usa son barras de acero corrugado de Grado 50. Las principales propiedades de estas barras son las siguientes:

- Acero corrugado AH 420 N
- Límite de Fluencia: $f_y = 500\text{MPa} = 50\text{KN/cm}^2$
- Resistencia a la tracción: $E_s = 5000 \text{ kg/cm}^2$ (Mpa)

2.3.5. Métodos de diseño:

Existen varios métodos de diseño para el análisis estructural, cada uno con sus propias ventajas y aplicaciones específicas. Se menciona algunos de los métodos más comunes:

2.3.5.1. Método de las fuerzas:

En este método, la estructura se modela como un sistema de elementos sometidos a fuerzas externas. Se utilizan ecuaciones de equilibrio para calcular las fuerzas internas en los elementos de la estructura, como vigas y columnas. Esto permite determinar las tensiones y deformaciones en la estructura y verificar su capacidad para soportar las cargas aplicadas.

2.3.5.2. Método de los desplazamientos:

En lugar de calcular las fuerzas internas en la estructura, este método se centra en determinar los desplazamientos y deformaciones de la estructura bajo cargas específicas. Se utilizan ecuaciones de compatibilidad de deformaciones para calcular los desplazamientos en los diferentes puntos de la estructura. Este método es especialmente útil para analizar estructuras sometidas a cargas dinámicas o cíclicas.

2.3.5.3. Método de elementos finitos (MEF):

Este método se basa en la discretización de la estructura en elementos más pequeños, como tetraedros o hexaedros, y el cálculo de las propiedades de estos elementos mediante ecuaciones de equilibrio y compatibilidad. Se utilizan técnicas numéricas para resolver el sistema de ecuaciones resultante y obtener información detallada sobre las tensiones, deformaciones y desplazamientos en toda la estructura.

2.3.5.4. Método de resistencia última

Este método implica el diseño de la estructura para resistir cargas específicas sin exceder ciertos límites de resistencia de los materiales utilizados. Se utilizan factores de seguridad para tener en cuenta las incertidumbres en las cargas y las propiedades de los materiales, asegurando que la estructura sea segura y confiable en condiciones de carga variadas.

2.3.6. Método de resistencia última

En este método (llamado actualmente diseño por resistencia) las cargas actuantes muertas y vivas se multiplican por ciertos factores de carga (equivalentes a factores de seguridad) y los valores resultantes se llaman cargas factorizadas. Algunos proyectistas usan el método de diseño de esfuerzos de trabajo (WSD) para diseñar estructuras que contienen líquidos (como tanques de agua y diversas estructuras sanitarias).

Los elementos de hormigón armado se diseñaron con el método de Diseño por Resistencia, este método modifica los elementos usando las combinaciones de mayoración de carga y los factores de reducción de resistencia para producir una carga de diseño llamada carga factorizada.

En el método de la resistencia, la evaluación se hace para establecer la condición límite (resistencia Última) para la estructura según el tipo de carga, el requisito básico para el diseño por resistencia se puede expresar como:

Resistencia de diseño \geq Resistencia requerida (U)

$$\phi * Rn \geq U$$

2.3.6.1. Factores de reducción de resistencia

La factorización de las cargas es una forma de ajuste para el control de la seguridad en el diseño por resistencia. El segundo ajuste básico está en modificar la resistencia cuantificada de la estructura, esto conduce a determinar primero su resistencia en algunos términos (resistencia a la compresión, capacidad de momento, límite de pandeo, etc.), y luego reducirla en algún porcentaje.

Estos factores de reducción de resistencia se indican en la NB1225001-1 algunos de estos son:

Tabla 5
Factores de reducción de resistencia

factor	Descripción
0.65 – 0.90	Momento, fuerza axial o combinados
0.75	Cortante
0.75	Torsión

Nota. Tabla 21.2.1 Factores de reducción de resistencia ϕ , Nb1225001-1. Hormigón Estructural.

2.3.7. Análisis de carga

Las cargas de gravedad y viento que se utilizaron para el análisis estructural del edificio y el diseño de los diferentes elementos estructurales cumplen con la Norma NB 1225001-1 y la norma específica de viento NB 1225003, se consideraron tres tipos de cargas:

2.3.7.1. Carga muerta (CM)

Estas son cargas verticales permanentes que soporta la estructura, considera el peso real de los materiales que conforman la edificación, dispositivos de servicio y equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio.

Tabla 6
Peso Específico de materiales asumidos en la estructura

Material	Espesor (m)	Peso específico, KN/m ³	Peso Total KN/m ²
Contrapiso (arena y cemento)	0.05	21.00	1.03
Baldosa cerámica	0.025	18.00	0.45
Cielo falso de cemento	0.02	21.00	0.42
Tabiquería de ladrillo			1.34
Instalaciones Eléctricas			0.05
Instalaciones Sanitaria			0.05

Nota. Elaboración propia

Tabla 7

Carga muerta en escaleras

Material	Espesor (m)	Peso específico, KN/m ³	Peso Total KN/m ²
Baldosa Cerámica	0.007	18	0.126
Mortero (arena y cemento)	0.03	21.00	0.63
Total, carga muerta en escalera			0.76

Nota. Elaboración propia

2.3.7.2. *Carga Viva (CV)*

Es el peso eventual de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación, también llamada sobrecarga, se calcula como una carga uniformemente distribuida basándose en un peso unitario por metro cuadrado proporcionado por la Norma Boliviana.

Tabla 8

Sobrecarga de Servicio L

Tipo de servicio	Sobre carga uniforme (KN/m ²)
Escaleras	5
viviendas en general	3
Terraza	2

Nota. Tabla 3.1. y tabla 3.2 Sobrecarga de servicio L. Norma NB.1225002-1.

2.3.7.3. *Carga de Viento (CV)*

Es la carga producida por las presiones y succiones que el viento origina sobre las superficies.

Para la determinación de la carga de viento se aplicará la norma de viento boliviana de diseño sísmico 1225003 a partir de datos estadísticos del instituto boliviano de meteorología SENHAMI

con una velocidad promedio de viento obtenida de los últimos 5 años en la zona de emplazamiento del proyecto. 70 a 115 km/hr.

Tabla 9
Velocidad básica del viento en ciudades

CIUDAD	V(m/seg.)
Cochabamba	44.3
La Paz	29.5
Oruro	29.4
Potosí	30.2
Santa Cruz	42.6
Sucre	32.4
Tarija	24.0
Trinidad	40.0
Cobija	26.5

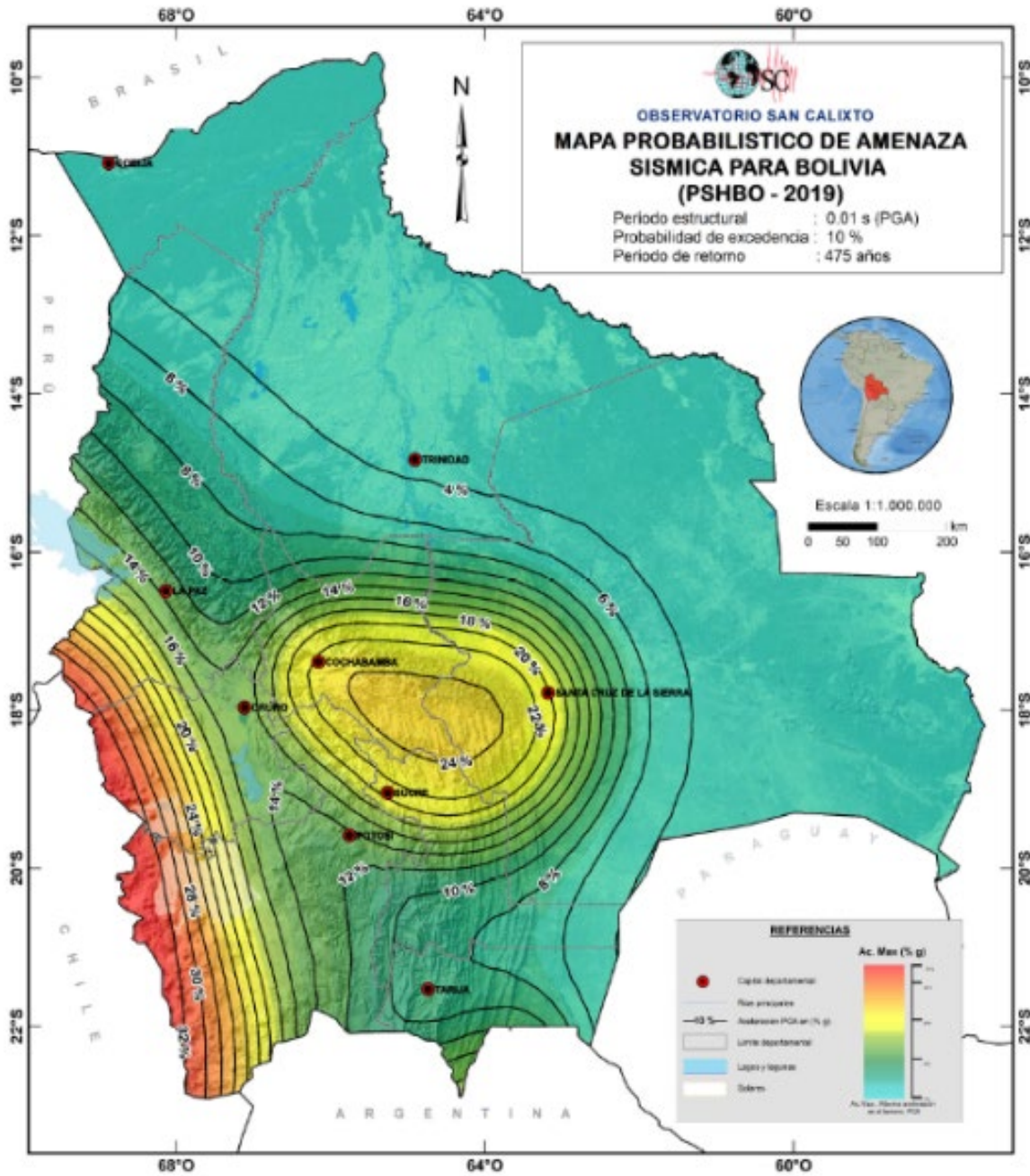
Nota. Tabla 5.3 velocidad básica del viento en ciudades de Guía boliviana de Diseño Sísmico

2.3.7.4. Carga de sismo

La incorporación de un diseño sismo resistente a estructuras de mediana a gran altura está directamente relacionado con su espectro de diseño y la zona de emplazamiento del proyecto, analizando el caso concreto de nuestra estructura, su configuración estructural regular, la baja sismicidad que se encuentra por el 4% de acuerdo a lo descrito en la guía boliviana de diseño sísmico como se muestra en la imagen, por lo tanto se desistirá de incorporarlo en nuestro modelo final, de manera que se haga énfasis en un modelo con cargas de gravedad y la incorporación del viento como fuerza lateral.

Figura 11

Mapa probabilístico de amenaza sísmica para Bolivia



Nota. Figura 2-5 Mapa probabilístico de amenaza sísmica para Bolivia de la Guía boliviana de diseño sísmico para 475 años.

2.3.7.5. Combinaciones de carga

En el cálculo de la estructura se consideraron las combinaciones de carga de acuerdo con lo establecidas en la NB 1225002-1 para lo cual se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Tabla 10

Combinaciones de Carga

Tipo de carga	Combinación de carga	Ecuación
Estructura vacía	$U= 1.4(D+F)$	(9-1)
Estructura con sobrecarga	$U=1.2(D+F+T) +1.6(L+H) +0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$	(9-2)
Estructura de cubierta	$U=1.2D+1.6(Lr \text{ o } S \text{ o } R) +1.0(L \text{ o } 0.87W)$	(9-3)
Acción de viento	$U=1.2D+1.6W+1.0L+0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$	(9-4)
Acción de viento + empuje de suelo	$U=0.9D+1.0W+1.6H$	(9-6)

Nota. *Tabla 5.3.1 — Combinaciones de carga Norma Nb 1225001-1*

Donde:

D= Cargas muertas

E= Efectos de carga producidos por el sismo

F= Cargas debido al peso y presión de fluidos con densidades bien definidas y alturas máximas controlables

H= Cargas debido al peso y empuje del suelo, del agua en el suelo, u otros materiales

L= Cargas vivas

Lr= Cargas vivas de cubierta

R= Cargas por lluvia

S= Cargas por nieve

T= Efectos acumulados por variación de temperatura, fluencia lenta, retracción, asentamiento diferencial y retracción del hormigón de retracción compensada

U= Resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas

W= Cargas por viento

2.3.8. Estructuración y predimensionamiento

Estructurar es definir la ubicación y características de los elementos estructurales principales, como son las losas aligeradas, losas macizas, vigas, columnas y placas con el objetivo de que el edificio no presente fallas ante las solicitaciones de esfuerzos que le transmiten las cargas permanentes y eventuales.

Los criterios básicos de estructuración son la funcionalidad, seguridad, simpleza, estética y la economía del proyecto. Así mismo, se busca regularidad y continuidad estructural que garantice una buena rigidez lateral e hiperestaticidad. (Cabrera, 2003)

2.3.8.1. Elementos estructurales

Los elementos estructurales principales de toda edificación son las losas, vigas, columnas, muros, escaleras y la cimentación

Adicional a estos se tiene otros menos importantes como son los parapetos, tabiques y los muros de contención (sótanos, de cisternas o de tanques)

2.3.8.2. Losas

Las losas son elementos que hacen factible la existencia de los pisos y techos de una edificación tienen dos funciones principales desde el punto de vista estructural, la primera, ligada a las cargas de gravedad, que es la transmisión hacia las vigas de las cargas propias de la losa, y la segunda ligada a las cargas de sismo, que es la obtención de la unidad de la estructura, de manera que esta tenga un comportamiento uniforme en cada piso, logrando que las columnas y muros se deformen una cantidad en cada nivel.

2.3.8.3. Vigas

Son elementos que reciben las cargas de la losa y las transmiten hacia otras o directamente hacia las columnas o muros

Generalmente las vigas forman los dominados ejes de la estructura teniendo a las columnas ubicadas en sus intersecciones. el conjunto formado por las vigas y columnas recibe el nombre de pórticos.

Las vigas pueden ser peraltadas o planas dependiendo de su altura o peralte, se denomina viga peraltada a aquella que tiene una altura mayor al espesor del techo, y por tanto es visible. Las vigas peraltadas pueden ser invertidas cuando sobre salen hacia el arte superior de la losa

2.3.8.4. Columnas

Son elementos generalmente verticales, que reciben las cargas de las losas y las vigas con el fin de transmitirlos hacia la cimentación, y que permiten que una edificación tenga varios niveles

Las columnas se construyen de diferentes secciones, siendo común el uso de columnas circulares, cuadradas o rectangulares.

Las columnas son elementos principalmente sometidos a esfuerzos de compresión y simultáneamente a los de flexión (flexo compresión) debido a que tienen momentos flectores transmitidos por las vigas y reciben las cargas axiales de los diferentes niveles de la edificación. La sección transversal de la columna dependerá de la magnitud de la carga vertical que recibe y de la magnitud de los momentos flectores actuantes.

2.3.8.5. Muro de sótano

Los muros de sótano se lo define como un elemento estructural que está confinado y anclado en sus dos extremos, por lo que necesariamente se tiene que empotrar en la losa.

En caso de no llegar al nivel de coronación de la losa, ya no se considera como muro de sótano, y pasa a comportarse como un muro de contención, dentro de los problemas debido a este cambio pueden ser que la sección transversal del muro ya no será tan esbelta como un muro de sótano, es decir que estará con un espesor de entre 50 a 1m.

En cambio, si trabajamos con muros de sótano, se logrará optimizar la sección transversal a 25 cm y ganando espacio en el sótano como tal.

2.3.8.6. Fundaciones

Dentro del análisis de fundaciones se tuvo una gran limitante respecto a la capacidad portante de nuestro suelo, por lo que se optó por bajar el nivel de fundación hasta llegar a una capacidad portante adecuada para fundar la estructura.

Para el cálculo y la determinación de los parámetros del suelo para nuestras fundaciones se consideró según estudios de suelo una capacidad portante de 0.95 kg/cm². A una profundidad de 3.6 m debajo del nivel del terreno.

2.3.8.7. Recubrimiento especificado para elementos de hormigón armado

Los elementos de hormigón no pretensados construidos en sitio deben tener un recubrimiento de hormigón especificado para la armadura igual al menos al dado en la Tabla 11.

Tabla 11.
Recubrimiento para elementos de hormigón armado

Exposición del hormigón	Elemento	Armadura	Recubrimiento especificado, mm
Construido contra el suelo y permanentemente en contacto con él	Todos	Todos	40
Expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo	Todos	$d_b > 16 \text{ mm}$	30
		$d_b \leq 16 \text{ mm}$, alambre MW200 ó MD200, y	25
No expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo	Losas, viguetas y muros	$d_b > 40 \text{ mm}$	25
		$d_b \leq 40 \text{ mm}$	20
	Vigas, columnas, pedestales y amarres a tracción	Armadura principal, estribos, espirales y estribos cerrados para confinamiento	20

Nota. Fuente: Tabla 20.6.1.3.1 Recubrimiento especificado para elementos de hormigón construidos en sitio no pretensados NB 225001.

2.3.9. Determinación del módulo de balasto

Para la determinación del módulo de balasto que es un factor importante en la interacción suelo estructura de empleo la fórmula de Bowles, esta fórmula relaciona el esfuerzo admisible del suelo y un factor de seguridad que se encuentra en el rango de 2.5 a 3, dándonos como resultado un valor de 950 kg/m³.

En este capítulo se indican criterios y recomendaciones prácticas para el dimensionamiento de los diferentes elementos estructurales, éstos han sido establecidos basándose en la práctica de muchos ingenieros y a lo estipulado en la NB 1225001-1o entre los Requisitos Arquitectónicos y de Ocupación.

Estos criterios son utilizados para edificaciones usuales y regulares donde las cargas vivas no son excesivas, y teniendo en cuenta las condiciones sísmicas del lugar donde se construya la edificación.

El análisis de estos elementos se hace considerando las condiciones más desfavorables, luego se verá si las dimensiones asumidas son convenientes o tendrán que cambiarse para luego pasar a diseñarlos.

2.4. Costos y presupuesto

Los costos de una obra son los gastos relacionados con la construcción de esta, incluyendo los materiales, la mano de obra, los equipos y herramientas, el transporte, los permisos y licencias, entre otros.

El presupuesto de una obra es una estimación de los costos totales que se espera tener durante la ejecución del proyecto. Se utiliza como una guía para planificar los gastos y controlar el presupuesto a lo largo del proceso de construcción.

Existen diferentes tipos de costos en una obra, tales como:

2.4.1. Costos directos:

Los costos directos son aquellos que pueden ser directamente asociados a un proyecto o actividad en particular. Incluyen los recursos y gastos específicos necesarios para llevar a cabo ese proyecto, como los materiales, la mano de obra directa y los equipos.

Estos costos son fáciles de identificar y asignar directamente al proyecto en cuestión. Los costos directos son importantes en la elaboración de un presupuesto, ya que ayudan a determinar el costo total del proyecto.

2.4.2. Costos indirectos:

Los costos indirectos de un presupuesto son aquellos gastos que no pueden ser directamente asignados a un producto, proyecto o departamento específico. Estos costos no están directamente

relacionados con la producción de bienes o servicios, pero son necesarios para el funcionamiento general de la organización.

Algunos ejemplos de costos indirectos pueden incluir:

Gastos de administración: como el salario del personal administrativo, los bienes y servicios utilizados en la gestión y supervisión de la empresa, los suministros de oficina, entre otros.

Gastos generales:

como el alquiler o arrendamiento de oficinas, servicios públicos, seguros, reparaciones y mantenimiento de edificios, impuestos y licencias, entre otros.

2.4.3. Gastos financieros:

como los intereses de los préstamos, los honorarios de los servicios legales y contables, los costos de auditoría, las comisiones de los bancos, entre otros.

Comprende los impuestos fijados por ley con sus respectivas alícuotas. En la estructura de precios unitarios el Impuesto a las Transacciones (IT) se aplica sobre todos los componentes y el Impuesto al Valor Agregado (IVA) se aplica solamente sobre la mano de obra conforme el formulario B-2 del Modelo del Documento Base de Contrataciones (CDCC, 2010)

2.4.4. Cómputos métricos

Los cómputos métricos son una herramienta utilizada en la construcción y la ingeniería para el análisis y la cuantificación de los materiales, recursos y costos necesarios para la realización de un proyecto. Estos cómputos se basan en la medición y la valoración de las partidas y unidades de obra requeridas, como, por ejemplo, los metros cuadrados de pared, los metros lineales de cables eléctricos o las toneladas de acero necesarias.

Los cómputos métricos permiten tener una estimación precisa de los materiales y recursos necesarios para la ejecución de una obra, así como una valoración económica de los mismos.

También son utilizados para la elaboración de presupuestos, la planificación de los trabajos y la gestión de los recursos durante la construcción de un proyecto.

2.4.5. Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios son un elemento fundamental en la elaboración de presupuestos de construcción. Consisten en descomponer cada uno de los conceptos o partidas de una obra en sus elementos más básicos y cuantificables, de manera que se pueda determinar el costo unitario de cada uno de ellos. Esto permite calcular de forma más precisa el costo total de la obra, así como también comparar precios y evaluar diferentes opciones para tomar decisiones informadas.

En los análisis de precios unitarios se consideran todos los factores que influyen en el costo de cada concepto o partida, como la cantidad de mano de obra, materiales, equipos utilizados, consumos de energía, transporte, entre otros. La descomposición de cada partida en elementos más básicos facilita la determinación de los costos asociados a cada uno de ellos, lo cual permite tener un nivel de detalle mayor en la estimación del costo total de la obra.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología del levantamiento topográfico

- Visita y reconocimiento del área donde se emplazará el proyecto
- Arrastre de coordenadas
- Levantamiento topográfico
- Trabajo de gabinete

3.1.1. Ubicación del proyecto

El predio está ubicado en la Ciudad de Cobija del Departamento de Pando, en el extremo noroeste del Estado Plurinacional de Bolivia, limitando al norte con Brasil; al sur con el departamento de La Paz; al este con el departamento de Beni y Brasil y al oeste con Perú, Longitud, $11^{\circ}00'38''S$ y Latitud $68^{\circ}47'08''W$, así mismo el área del proyecto se localiza en el nuevo Campus Universitario San Pedro de la Universidad Amazónica de Pando.

Figura 12

Ubicación del proyecto



Nota. Imagen Satelital – Campus Universitario San Pedro Google Earth

3.1.2. Visita y reconocimiento del área de trabajo

Se efectuó el reconocimiento del área donde se realizará el proyecto, posteriormente se inició con la limpieza y desbroce para no tener dificultades al momento de realizar el trabajo de campo.

Para el desarrollo de las actividades de campo, se conformó un grupo de topografía, que tuvo a su cargo el trazado de la poligonal de base para el levantamiento topográfico del área en estudio y detalles adyacentes.

3.1.3. Materiales y equipo de trabajo

Los instrumentos en topografía componen las principales herramientas de trabajo para tomar medidas topográficas, así como del material auxiliar que se emplearán en topografía para la toma de medidas. Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó:

Personal:

- Un topógrafo
- Dos alarifes

Equipo de campo:

- Estación Total Leica TC 405
- Trípode
- Nivel de ingeniero
- Prisma
- Flexómetro
- Mira o regla para nivel trípode
- Clavos estacas y libreta de anotaciones

3.1.4. Arrastre de coordenadas

Se realizó la búsqueda de puntos estratégicos con un equipo de trabajo de 3 personas, un topógrafo, dos alarifes.

Se obtuvo referencias de puntos conocidos BM (Bench Mark) con XYZ como datos las coordenadas UTM del punto de partida que pertenece a la red geográfica IGM como se muestra en la tabla 3.

Figura 13

Coordenadas de partida con los datos de los Bench Mark (BM).

PUNTO	COORDENADAS (X)	COORDENADAS (Y)	ALTURA (Z)
BM DC-03	524078.817	8782550.96	203,234
BM CB-01	524277.4	8782538.636	202,511
BM CO-46	523763.8	8782550.26	201.029

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en la Urbanización San Pedro, donde está ubicado el campus universitario, se efectuó por el método de radiación tal como se encuentra en el terreno, con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, se tomaron los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio, a través del método de radiación simple.

El método topográfico de radiación simple consiste en hacer un barrido horizontal con el anteojo de la estación, para realizar la medición de todos los puntos que constituyan la superficie a medir.

El método exigió visibilidad desde el punto de estacionamiento a todos aquellos puntos que definan la superficie a levantar, para este trabajo se hizo un recorrido del terreno, para tener un conocimiento más real del alcance del levantamiento, cabe señalar que los mojones están debidamente ligados a coordenadas reales, que se obtuvieron a partir de un sistema GPS.

La poligonal se trazó utilizando el método de ceros atrás, los vértices de las poligonales se observaron mediante lecturas directas del aparato y las distancias entre vértices se determinan midiendo adelante y atrás para evitar posibles errores en la medición de esta y una vez terminado el trabajo de campo se procedió al trabajo de gabinete.

Figura 14

Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Trabajo de gabinete

Al obtener la información de campo se continuó con los trabajos correspondientes al procesamiento de datos. Para ello, se procedió a extraer los archivos a través de los programas LEICA Geo Office Tools, con el fin de realizar el cálculo, ajuste de la misma y transportados a Excel como nube de puntos, seguidamente para el procesamiento de datos se utiliza el software AutoCAD Civil 3D, a partir de los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico, se generó las curvas de nivel a cada un metro, de las cuales se procedió a generar un modelo de elevación del terreno que se observa en la siguiente imagen y es detallada en el Anexo

Se generó un modelo de elevación del terreno a partir de las curvas de nivel, dicho modelo fue esencial en para generar el perfil longitudinal del diseño.

3.2. Estudio geotécnico

El estudio geotécnico solicitado por el proyecto diseño y modelación estructural de un edificio de 5 niveles con semisótano para residencia estudiantil en la universidad amazónica de pando, en el cual las muestras de suelo son extraídas mediante un sondeo mecánico de exploración a percusión (Ensayo “SPT”), los ensayos se realizaron mediante el laboratorio de geotecnia de la de la carrera de ingeniería civil.

Para lo cual se realizaron actividades previas entre ellas la recolección de información y el reconocimiento del área de emplazamiento.

3.2.1. Localización geográfica

La ubicación de donde se extrajo la muestra de suelo para hacer el estudio geotécnico fue el departamento de Pando, municipio de Cobija, la urbanización San Pedro. El sondeo SPT 01 y SPT 02, a una altura de inicio de 199 m.s.n.m. y tiempo de ensayo del 18/11/2019 al 20/11/2019, con una temperatura durante el ensayo de 34°C

3.2.2. Trabajo de campo

El propósito que se tenía al realizar la exploración del suelo mediante el ensayo de campo SPT (estándar Penetration test), identificando y analizando los estratos, fue el de obtener información que ayude al elaborador del proyecto, y así determinar el tipo de fundación adecuada para la estructura a realizarse, determinar la capacidad portante del terreno, estimar asentamientos de la estructura, niveles freáticos y hallar soluciones a los métodos constructivos para las condiciones del suelo a trabajar.

3.2.3. Metodología de trabajo

La extracción de muestra consiste en contabilizar el número de golpes utilizados para introducir a una determinada profundidad un tubo de pared delgada, mediante un golpe dinámico, que le permite obtener una muestra para ser analizada en laboratorio.

Figura 15

Inicio de ensayo SPT 01



Nota. Inicio de sondeo geotécnico in situ del punto SPT 01- SPT 02

3.2.4. Ensayos de laboratorio

Las muestras obtenidas a través del ensayo en campo con el SPT fueron analizadas en el laboratorio para determinar las características geotécnicas siguiendo la norma de estudio de suelos de la Sociedad Americana para ensayos de materiales ASTM y AASHTO para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Ensayo de caracterización de suelo
- Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) ASTM D2216
- Análisis granulométrico por tamizado según ASTM D422 – AASHTO T88
- Determinación del límite líquido de los suelos según ASTM D4318 –AASHTO T89

- Determinación del límite plástico e índice de plasticidad ASTM D4318 – AASHTO T90

3.2.5. Contenido de humedad

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Para obtener la propiedad del suelo se realizó el secado en horno de las muestras obtenidas en campo del punto 1 como lo indica la norma ASTM D2216

El contenido volumétrico de agua, w%, se define matemáticamente como:

$$\text{Contenido de humedad} = w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

Ws: peso de los sólidos del suelo

Ww: peso del agua

3.2.6. Granulometría

El análisis granulométrico se realizó mediante la clasificación de partículas por medio del tamizado de las muestras del sondeo, el objetivo principal es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo para establecer la clasificación de suelos como lo indica la norma ASTM D422, el resultado del tamizado se muestra en el Anexo

3.2.6.1. Equipos y herramientas

- Horno de secado
- Balanza de 0.1 g
- Bandejas, cepillo y brocha
- Serie de Tamices según Tabla N° x
- Pipeta,
- Vasijas

- -Tamiz N° 200

Tabla 12

Diámetro de tamices para ensayo granulométrico

#Tamiz	Diámetro (mm)
N°4	4.75
N°10	2.00
N°40	0.425
N°50	0.300
N°100	0.150
N°200	0.075

Nota: Serie de tamices empleadas para el ensayo según norma ASTM D422

3.2.7. Límites

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS).

Para realizar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que la malla #40 (0.42 mm). Esto quiere decir que no solo se trabaja con la parte fina del suelo (< malla #200), sino que se incluye igualmente la fracción de arena fina.

Equipo

- Máquina de Casagrande (referencia: norma ASTM N.º D 4318-95a)
- Acanalador (misma referencia)
- Balanza de sensibilidad 0.1g

- Varios: espátula de acero flexible, cápsulas de porcelana, placa de vidrio, horno regulable a 110° y agua destilada.

3.2.8. Límite líquido

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, corresponde a una frontera convencional entre los estados semi-líquido y plástico en el cual el suelo fluirá suficientemente como para cerrar una ranura de ancho determinado en la muestra de suelo usando un recipiente especificado es golpeado con un número determinado de veces, según ASTM D4318

3.2.9. Límite plástico

Es el estado más bajo de contenido de humedad que corresponde a una frontera convencional entre los estados plástico y semisólido en el cual el suelo puede enrollarse en bastoncitos de 1/8'' de diámetro según ASTM D4318

Índice de Plasticidad (IP): es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico: $IP = LL - LP$

3.2.10. Clasificación de suelos

Una vez realizados los ensayos de límites de consistencia y granulometría se realizó la clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). En la tabla 13 se muestra los símbolos que utiliza el sistema unificado.

Tabla 13*Símbolos para la clasificación de suelos*

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Nota: Símbolos para la clasificación de suelos según (USCS). Braja M. Das (1983). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7ma. Ed.). Sistema de clasificación de suelos. pág. 19.

3.2.11. Ensayo de penetración estándar S.P.T.

El ensayo de penetración estándar (SPT) ensayo in situ, utilizado para obtener la información geotécnica del suelo, consiste en la hinca dinámica y extracción de muestras, mediante golpes da a conocer de la resistencia del terreno ya que se contabilizan el número de golpes necesarios para clavar el ensayo y llegar al estrato indicado

Tabla 14*Metodología de trabajo del ensayo*

Ensayo de Penetración Standard SPT	
Tipo de ensayo	Ensayo in situ, en el interior del sondeo
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> -Maza: 63.5 Kg (140 libras) - Muestreador tubo partido. -Varillaje. -Equipo de perforación. -Cabezal de golpeo
Procedimiento	Número de golpes (N) para hincar la toma muestras en tramos de 15 cm
Correlaciones	<ul style="list-style-type: none"> -Parámetros geotécnicos. -Compacidad. -Ángulo de rozamiento interno. -Densidad relativa.

3.2.12. Factores de corrección para el valor de número de golpes ‘n’

En este ensayo son varios los factores contribuyen a la variación del número de penetración estándar (N), de tal manera se realiza la corrección por los procedimientos de campo y con base en las observaciones de campo, para la corrección del valor de N se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_{60} = \frac{N * nH * hB * nS * nR}{60}$$

Donde:

N₆₀= número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo

N= número de penetración medido

NH= eficiencia del martinete (%)

NB= corrección por el diámetro de la perforación

NS= corrección del Muestreador

NR= corrección por longitud de la barra

las variaciones de NH, NB, NS y NR con base en recomendaciones de Seed y colaboradores (1985) y Skempton (1986) se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 15

Variaciones de NH

País	Tipo de Martinete	Liberación de Martinete	η_H (%)
Japón	Toroide	Caída Libre	78
	Toroide	Cuerda y Polea	67
Estados Unidos	De Seguridad	Cuerda y Polea	60
Argentina	Toroide	Cuerda y Polea	45
	Toroide	Caída Libre	60
China	Toroide	Cuerda y Polea	50

Variaciones de NB

Diámetro (mm.)	η_B
60-120	1
150	1.05
200	1.15

Variaciones de NS

Variable	η_S
Muestreador estándar	1.0
Con recubrimiento para arena y arcillas	0.8
Con recubrimiento para arena suelta	0.9

Variaciones de NR

Longitud de barra (m.)	η_R
>10	1
6-10	0.95
4-6	0.85
0.-4	0.75

Nota. Tabla 2.5 Variaciones de NH, NRNB, NS. Braja M. Das (1983). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7ma. Ed.). Perforaciones exploratorias en el campo. Tabla 2.4, pág. 84.

3.2.13. Capacidad portante del suelo

Es la capacidad que tiene el terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él sin que sufran fallos por cortante o asentamiento, Fernando Schnaid nos dice en su libro establecieron un método

de cálculo de capacidad portante específica para suelos residuales expresa en términos de valores medios con un nivel de confiabilidad del de 99% para los cuales se calcula el Q_{adm} Ensaio de campo e suas aplicacoes a engenharia e fundacoes', (Consoli, 2006).

Se determina con la siguiente ecuación:

$$Q_{adm} = 9.54 * N_{spt 60} \text{ (KN/m}^2\text{) valores medios}$$

3.2.14. Determinación del módulo de balasto

Para la determinación del módulo de balasto que es un factor importante en la interacción suelo estructura de empleo la fórmula de BOWLES

Esta fórmula relaciona el esfuerzo admisible del suelo y un factor de seguridad que se encuentra en el rango de 2 a 3

$$k_s = 40 * F_s * q_{adm} \text{ en (kN/m}^3\text{)}$$

$$k_s = 40 * 3 * 95 \text{ kn/m}^3$$

$$k \left(\frac{KN}{m^3} \right) = 11.400 \text{ kN/m}^3$$

Con un valor de $\sigma_{adm} = 0.95 \text{ kg/cm}^2$

$$k_s = \text{coeficiente de balasto}$$

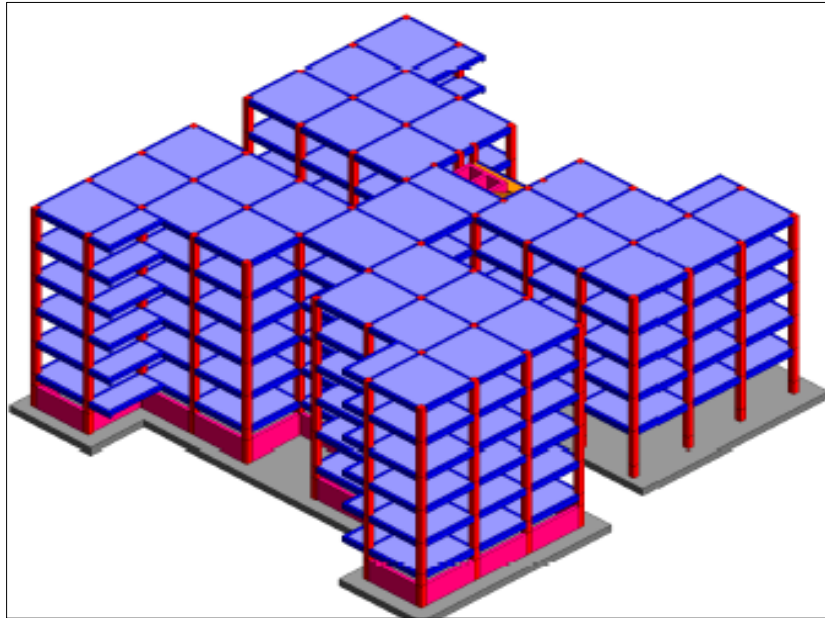
$$F_s = \text{factor de seguridad}$$

$$q_{adm} = \text{capacidad portante}$$

3.3. Predimensionamiento de elemento estructurales

Figura 16

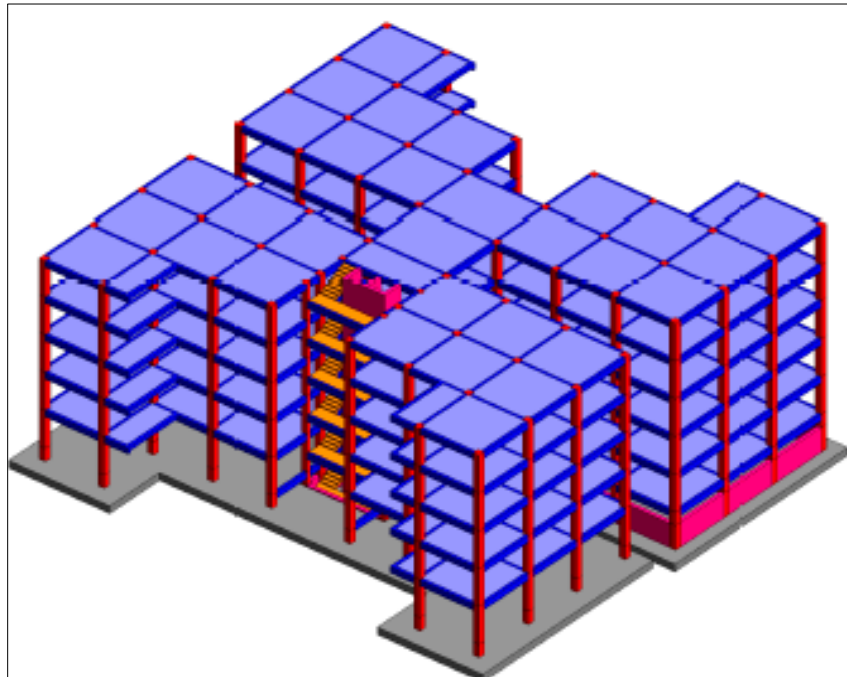
Modelación Estructural en el Software CypeCad vista frontal



Fuente: Elaboración propia

Figura 17

Modelación Estructural en el Software CypeCad vista posterior



Fuente: Elaboración propia

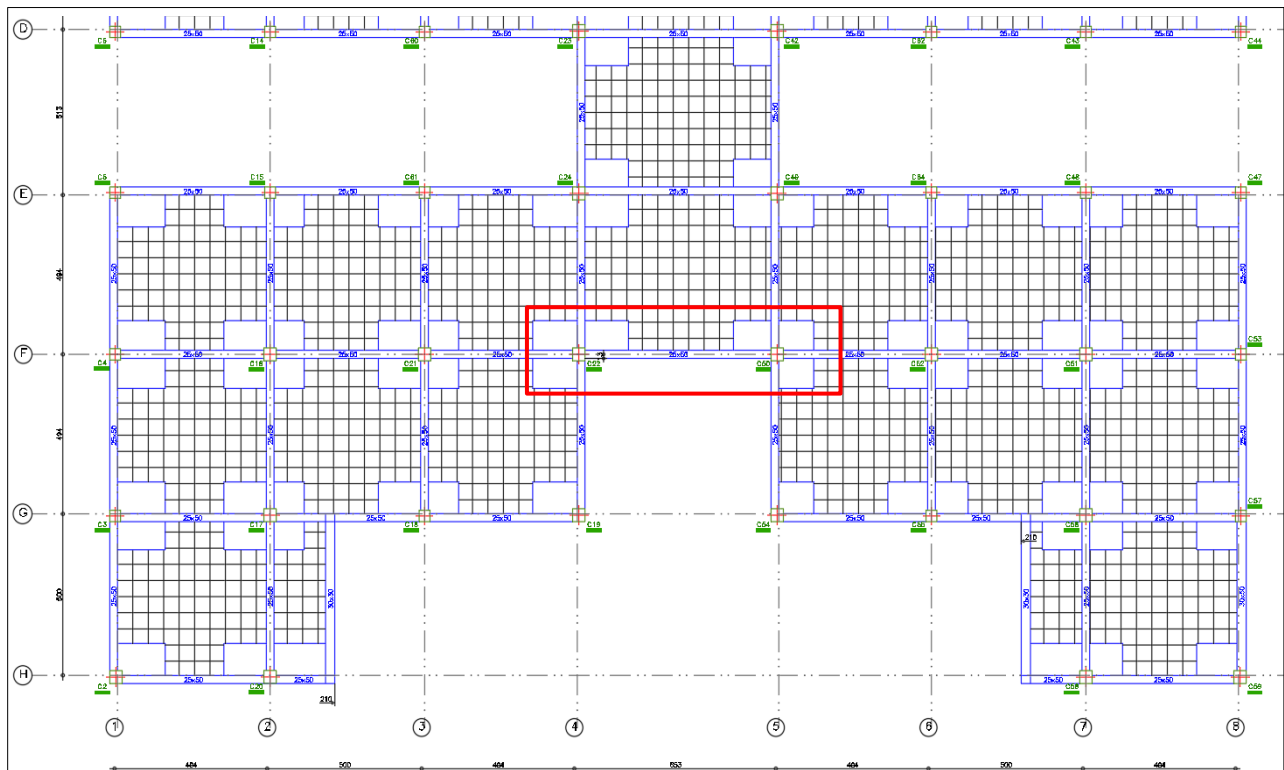
El análisis de estos elementos se realizó considerando las condiciones más desfavorables, luego se determinó si las dimensiones asumidas eran convenientes o tendrían que cambiarse para luego pasar a diseñarlos.

En la estructuración se define la ubicación de los elementos estructurales, como vigas, columnas, losas, muros, etc. En base de los planos arquitectónicos, una vez definida la estructuración se procede con el predimensionamiento.

3.3.1. Predimensionamiento de vigas

Figura 18

Disposición de vigas Modelado estructural



Las vigas se diseñaron para resistir esfuerzos por flexión y por cortante considerando las cargas de gravedad, cargas muertas y vivas que sea aplicadas en ellas, como ejemplo de diseño, se analiza

la viga V-308 del tramo E de la viga (4-5) de la planta baja al ser el tramo más largo en toda la estructura y soporte mayor carga.

Tabla 16

Altura mínima de vigas no pretensadas

Condicion de apoyo	Altura minima, h
Simplemente apoyada	L/16
Con un extremo continuo	L/18.5
Ambos extremos continuos	L/21
En voladizo	L/8

Nota. Tabla 9.3.1.1 pg. 177 — Altura mínima de vigas no pretensadas NB 1225001 pg.177

Relaciones aplicables para hormigón de peso normal y $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Donde L = Luz más critica

$$\text{Caso Ambos extremos continuos: } \frac{L}{21} = \frac{6.53 \text{ m}}{21} = 0.31 \text{ m}$$

Asumimos h de viga: 50 cm

Base de la viga

$$\frac{1}{3} h \text{ viga} \leq B \text{ viga} \leq \frac{1}{2} h \text{ viga}$$

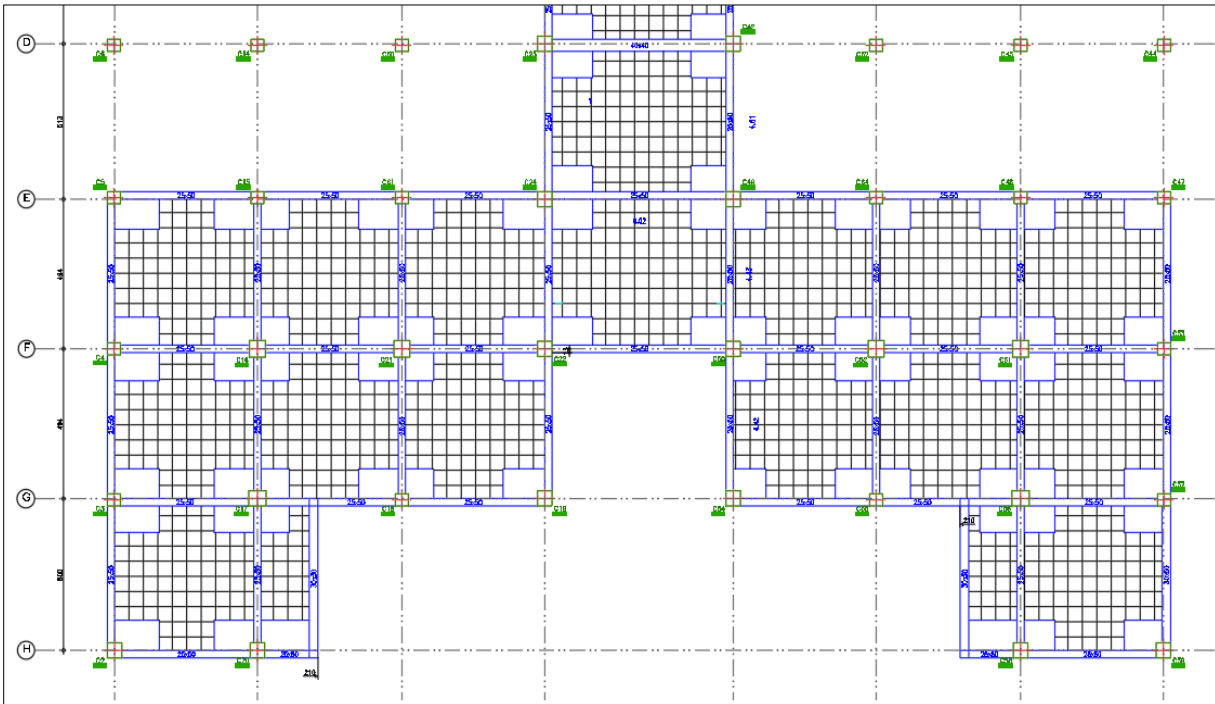
$$\frac{1}{3} 0.50 \text{ m} \leq B \text{ viga} \leq \frac{1}{2} 0.50 \text{ m}$$

$$0.17 \leq B \text{ viga} \leq 0.25$$

Asumimos b de viga: 0.25 cm

3.3.2. Predimensionamiento de losa

Figura 19
Disposición losa reticular modelación estructural



Las losas de hormigón armado son elementos estructurales encargados de recibir las cargas de ocupación como ser cargas vivas y cargas muertas y transmitir las a las vigas, se utilizó la losa reticular en dos direcciones para todos los niveles del edificio, se realiza un predimensionamiento realizando un análisis para verificar si se cumple las condiciones

Nota: Ecuación NB-1225001-01, que nos indica si es una losa en dos direcciones.

Se analiza la losa del tramo (D-E) (4-5)

Para poder determinar si la losa será en una o dos direcciones se realiza la siguiente relación:

$$\frac{L_{max}}{L_{min}} < 2 \text{ losa en dos direcciones}$$

$$\frac{L_{max}}{L_{min}} > 2 \text{ losa en una dirección}$$

$$L \text{ min: } 4.63 \text{ m}$$

$$L \text{ Max: } 6.03 \text{ m}$$

$$\frac{6.03 \text{ m}}{4.63 \text{ m}} < 2 \text{ losa en dos direcciones}$$

$$1.30 < 2 \text{ losa en dos direcciones}$$

Se asume una Losa en dos direcciones

Tabla 17

Espesor mínimo de las losas de dos direcciones

α_{fm} [1]	Espesor mínimo, h, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	Se aplica 8.3.1.1	(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	$h \geq \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1380} \right)}{36 + 5 \beta (\alpha_{fm} - 0,20)}$	(b) [2] [3]
	$h \geq 150$	(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	$h \geq \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1380} \right)}{36 + 9 \beta}$	(d) [2] [3]
	$h \geq 100$	(e)

Nota. Tabla 8.3.1. Tabla 8.3.1.2 — Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en

[1] α_{fm} es el valor promedio de αf para todas las vigas en el borde de un panel y αf se calcula de acuerdo con 8.10.2.7.

[2] Incorresponde a la luz libre en la dirección larga, medida entre caras de las vigas (mm).

[3] El término β es la relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa. todos los lados

$$\begin{aligned} \alpha_{fm} &= 0,52 \\ \ell_n &= 5750 \text{ mm} \\ f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ \beta &= 1,3218 \end{aligned}$$

ℓ_n =luz libre en direcccion larga de la viga

β = relacion entre luz larga y luz corta de la losa

$$h \geq \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1380})}{36 + 5 * \beta(\alpha fm - 0.20)}$$

$$h \geq \frac{6.03(0.8 + \frac{4200}{1380})}{36 + 5 * 1.32 (0.52 - 0.20)}$$

$$h \geq 175.69 \text{ mm}$$

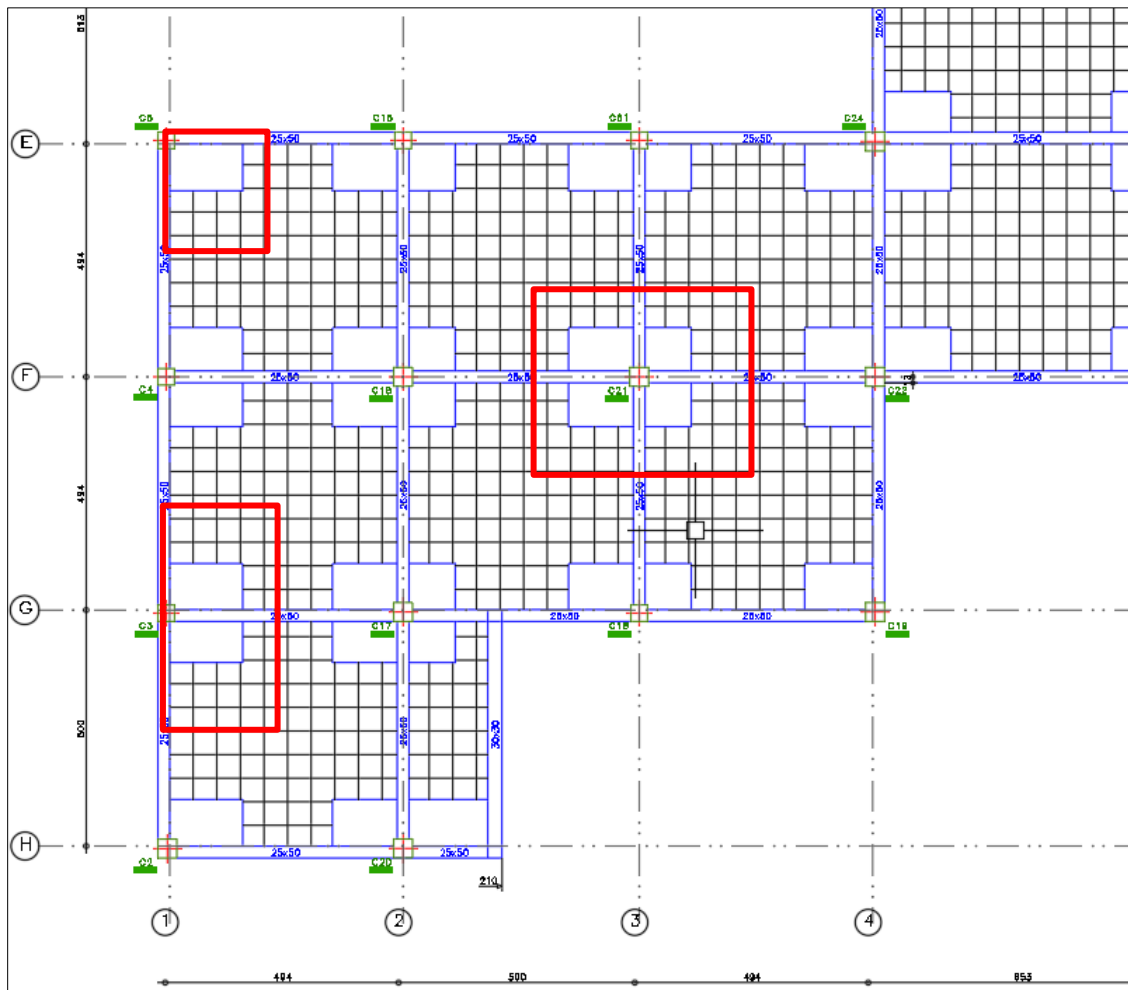
Por lo tanto la altura mínima de losa permitida sería de 17,6 cm

Asumimos : Losa de 30cm

3.3.3. Diseño de columnas

Figura 20

Disposición columna central- área de influencia



$$Area\ col = \frac{P(servicio)}{n * Fc}$$

Ac: Área de la columna

P: Carga axial de servicio

f_C: Resistencia característica del hormigón

n: Factor que depende de la ubicación de la columna

Datos:

$$Pp = 400 \quad kg/m^2$$

$$Pcm = 400 \quad kg/m^2$$

$$Pcv = 300 \quad kg/m^2$$

$$p\ serv=1100 \quad kg/m^2$$

valores de n

$$n= 0.35 \quad esquina$$

$$n= 0.40 \quad borde$$

$$n= 0.50 \quad central$$

Para columnas centrales

$$L\ influencia\ x = 5.0 \quad m$$

$$L\ influencia\ y = 5.0 \quad m$$

$$P\ servicio/m^2 = 1100 kg/m^2$$

$$P\ serv/cda.piso = 27500 \quad kg$$

$$P\ serv/6pisos = 165000 \quad kg$$

$$Area\ col = \frac{P(servicio)}{n * Fc}$$

$$Area\ col = 1857.14 \quad cm^2$$

$$Area\ col = \frac{195000 \quad kg}{0,50 * 210 \quad Mpa}$$

*Area col = 50cm * 60 cm para columnas centrales*

Para columnas de borde

$$L \text{ influencia } x = 2.50 \text{ m}$$

$$L \text{ influencia } y = 5.00 \text{ m}$$

$$P \text{ servicio}/m^2 = 1100 \text{ kg}/m^2$$

$$P \text{ serv}/\text{cda.piso} = 13750 \text{ kg}$$

$$P \text{ serv}/6\text{pisos} = 82500 \text{ kg}$$

$$\text{Area col} = \frac{P(\text{servicio})}{n * Fc}$$

$$\text{Area col} = \frac{822500 \text{ kg}}{0,40 * 210 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Area col} = 982.14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area col} = 45\text{cm} * 40 \text{ cm para columnas de borde}$$

Para columnas de esquina

$$L \text{ influencia } x = 2.50 \text{ m}$$

$$L \text{ influencia } y = 2.50 \text{ m}$$

$$P \text{ servicio}/m^2 = 1100 \text{ kg}/m^2$$

$$P \text{ serv}/\text{cda.piso} = 6875 \text{ kg}$$

$$P \text{ serv}/6\text{pisos} = 41250 \text{ kg}$$

$$\text{Area col} = \frac{P(\text{servicio})}{n * Fc}$$

$$\text{Area col} = \frac{41250 \text{ kg}}{0,35 * 210 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Area col} = 561.22 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area col} = 50\text{cm} * 50 \text{ cm para columnas esquinas}$$

4. RESULTADOS

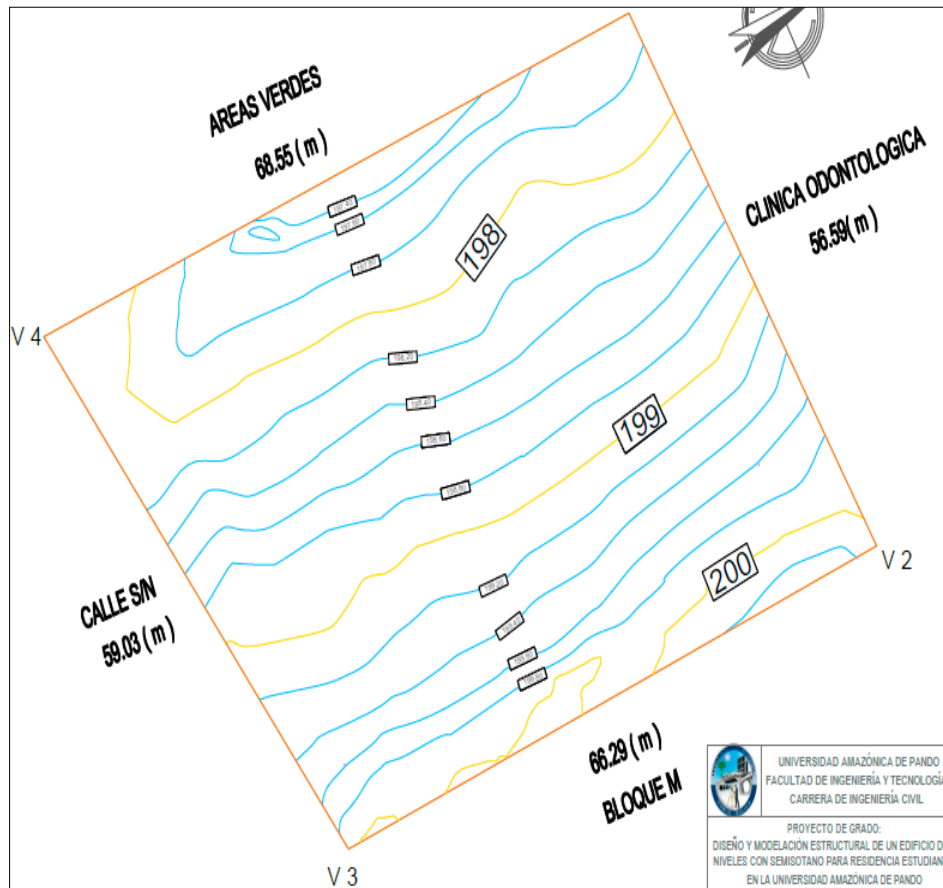
Con los datos de los ensayos realizados en el trabajo de campo y durante los análisis de predimensionamiento, se obtuvieron las siguientes tablas respectivas para realizar el diseño estructural.

4.1 Topografía

4.1.1 Curvas de nivel

El lugar donde se emplazará el proyecto es el óptimo, ya que la topográfica tiene mayor altura. De acuerdo con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se tiene una superficie con ondulaciones suaves y moderadas, las cuales oscilan desde 197 msnm a 200 msnm.

Figura 21
Curvas de Nivel Elaboradas en Software AutoCAD Civil 3D



Nota: elaboración propia

4.1.2 Resultados del levantamiento topográfico

- La zona donde se realizó el levantamiento topográfico, donde se tiene una topografía con ondulaciones moderadas, y presenta variaciones topográficas medias, no presenta áreas complejas en relación con el relieve y sus características de pendiente.

4.2. Estudio de suelos

4.2.1. Resultados de la excavación del estudio de SPT

Tabla 18

Profundidad de excavación del trabajo de campo SPT - 01

Muestra	Profundidad(m)	Color	Consistencia o compacidad
M-1	1.43	Gris claro	Muy blanda
M-2	2.80	Gris claro	Muy blanda
M-3	3.60	Marrón claro	firme
M-4	5.00	Marrón claro	firme
M-5	6.60	Marrón fuerte	Dura
M-6	8.00	Gris oscuro	Dura
M-7	10.00	Marrón gris oscuro	Dura

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Profundidad de excavación del trabajo de campo SPT - 02

Muestra	Profundidad(m)	Color	Consistencia o compacidad
---------	----------------	-------	---------------------------

M-1	1.50	Gris claro	Blanda
M-2	2.90	Gris claro	Blanda
M-3	3.85	Marrón claro	firme
M-4	5.10	Marrón claro	firme
M-5	6.50	Marrón claro	Dura
M-6	8.20	Gris oscuro	Dura
M-7	10.10	Marrón oscuro	Dura

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Contenido de humedad

Tabla 20

Contenido de humedad (%) SPT-01

Muestra	Contenido de humedad (%)
M-1	20.6
M-2	19.4
M-3	20.4
M-4	21.8
M-5	24.7
M-6	21.6
M-7	21.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21*Contenido de humedad (%) SPT-02*

Muestra	Contenido de humedad (%)
M-1	21.0
M-2	20.6
M-3	20.9
M-4	22.4
M-5	22.5
M-6	21.2
M-7	22.4

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Clasificación de suelos**Tabla 22***Clasificación de muestras (USCS), Punto 01.*

Muestra	Profundidad (m)	Clasificación de suelo	Tipo de suelo
M-1	1.43	Gris claro	Arena arcillosa
M-2	2.80	Gris claro	Arena limosa
M-3	3.60	Marrón claro	Arcilla de baja plasticidad
M-4	5.00	Marrón claro	Arcilla de baja plasticidad
M-5	6.60	Marrón fuerte	Arcilla de alta plasticidad
M-6	8.00	Gris oscuro	Arcilla de alta plasticidad
M-7	10.00	Marrón gris oscuro	Arcilla de alta plasticidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Clasificación de muestras (USCS), Punto 02*

Muestra	Profundidad (m)	Clasificación de suelo	Tipo de suelo
M-1	1.50	Gris claro	Arena arcillosa
M-2	2.90	Gris claro	Arena limosa
M-3	3.85	Marrón claro	Arcilla de baja compresibilidad
M-4	5.10	Marrón claro	Arcilla de baja compresibilidad
M-5	6.50	Marrón fuerte	Arcilla de alta compresibilidad
M-6	8.20	Gris oscuro	Arcilla de alta compresibilidad
M-7	10.10	Marrón gris oscuro	Arcilla de alta compresibilidad

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Sondeo SPT trabajo de campo**Tabla 24***Sondeo SPT 01 trabajo de campo*

Muestra	Profundidad (m)	N (valor obtenido in situ)			N (SPT) 30cm
		15 cm	15 cm	15 cm	
M-1	1.43	3	5	8	13
M-2	2.80	5	8	12	20
M-3	3.60	7	9	13	22
M-4	5.00	7	10	13	23
M-5	6.60	6	9	12	21
M-6	8.00	8	11	15	26
M-7	10	10	13	17	30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25*Sondeo SPT 02 trabajo de campo*

Muestra	Profundidad (m)	N (valor obtenido in situ)			N (SPT) 30cm
		15 cm	15 cm	15 cm	
M-1	1.43	4	6	7	13
M-2	2.80	6	9	12	21
M-3	3.60	8	10	13	23
M-4	5.00	9	10	14	24
M-5	6.60	7	9	15	25
M-6	8.00	6	11	16	27
M-7	10	10	12	17	29

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Valores corregidos para N60

Con los valores adoptados de acuerdo con las tablas se realizó la corrección de los valores N tomados mediante el ensayo de campo SPT, así mismo se obtienen los valores corregidos N60

Tabla 26*Valores corregidos para N60*

Muestra	N(SPT)	N60
M-1	13	10
M-2	20	13
M-3	22	14
M-4	23	14
M-5	21	13
M-6	26	15
M-7	30	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27*Valores corregidos para N60 spt 02*

Muestra	N(SPT)	N60
M-1	13	10
M-2	21	13
M-3	23	14
M-4	24	15
M-5	25	16
M-6	27	15
M-7	29	15

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Resultados del trabajo de campo

A través de las muestras obtenidas y analizadas en laboratorio, se puede indicar lo siguiente.

Tabla 28*Resultados obtenidos del trabajo de campo spt 01*

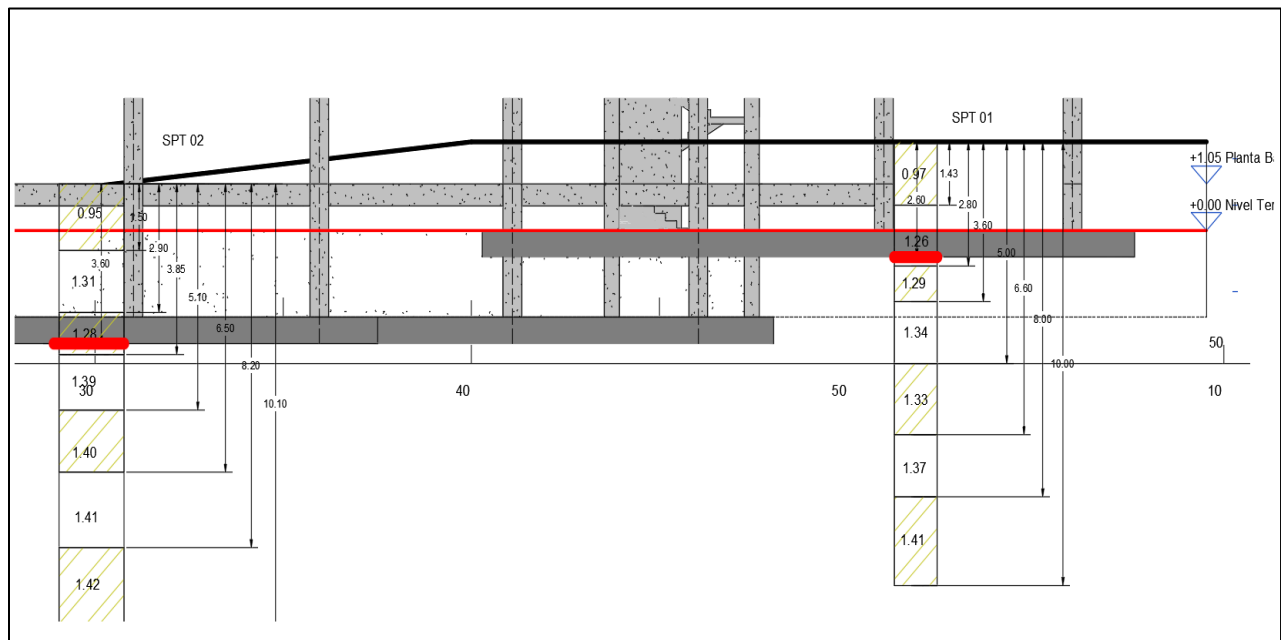
Muestra	Profundidad (m)	Clasificación de suelo (simb.)	Q admisible (kg/cm ²)	Peso específico (kn/m ³)
M-1	1.43	SC	0.97	18
M-2	2.80	SC	1.26	17.5
M-3	3.60	CL	1.29	18.25
M-4	5.00	CL	1.34	18.28
M-5	6.60	CL	1.33	18.55
M-6	8.00	CL	1.37	18.53
M-7	10.00	CL	1.41	18.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29*Resultados obtenidos del trabajo de campo 02*

Muestra	Profundidad (m)	Clasificación de suelo (simb.)	Q admisible (kg/cm ²)	Peso específico (kn/m ³)
M-1	1.50	SC	0.95	17.98
M-2	2.90	SC	1.31	17.85
M-3	3.85	CL	1.28	18.24
M-4	5.10	CL	1.39	18.22
M-5	6.50	CL	1.40	18.34
M-6	8.20	CL	1.41	18.35
M-7	10.10	CL	1.42	18.32

Fuente: Elaboración propia

Figura 22*Detalle de profundidades de los ensayos y las fundaciones*

4.3. Diseño y Análisis estructural

El diseño de elementos de hormigón armado es un proceso fundamental en la ingeniería civil que busca crear estructuras seguras, duraderas y eficientes. El proceso de diseño de elementos de hormigón armado implica una serie de pasos interconectados que van desde la planificación y análisis estructural hasta la selección de materiales, dimensionamiento y detallado de las armaduras.

En este proceso, se consideran factores cruciales como las cargas que la estructura debe soportar, las condiciones ambientales, las restricciones de diseño y las regulaciones de construcción.

Para el análisis de los elementos se utilizaron las normas:

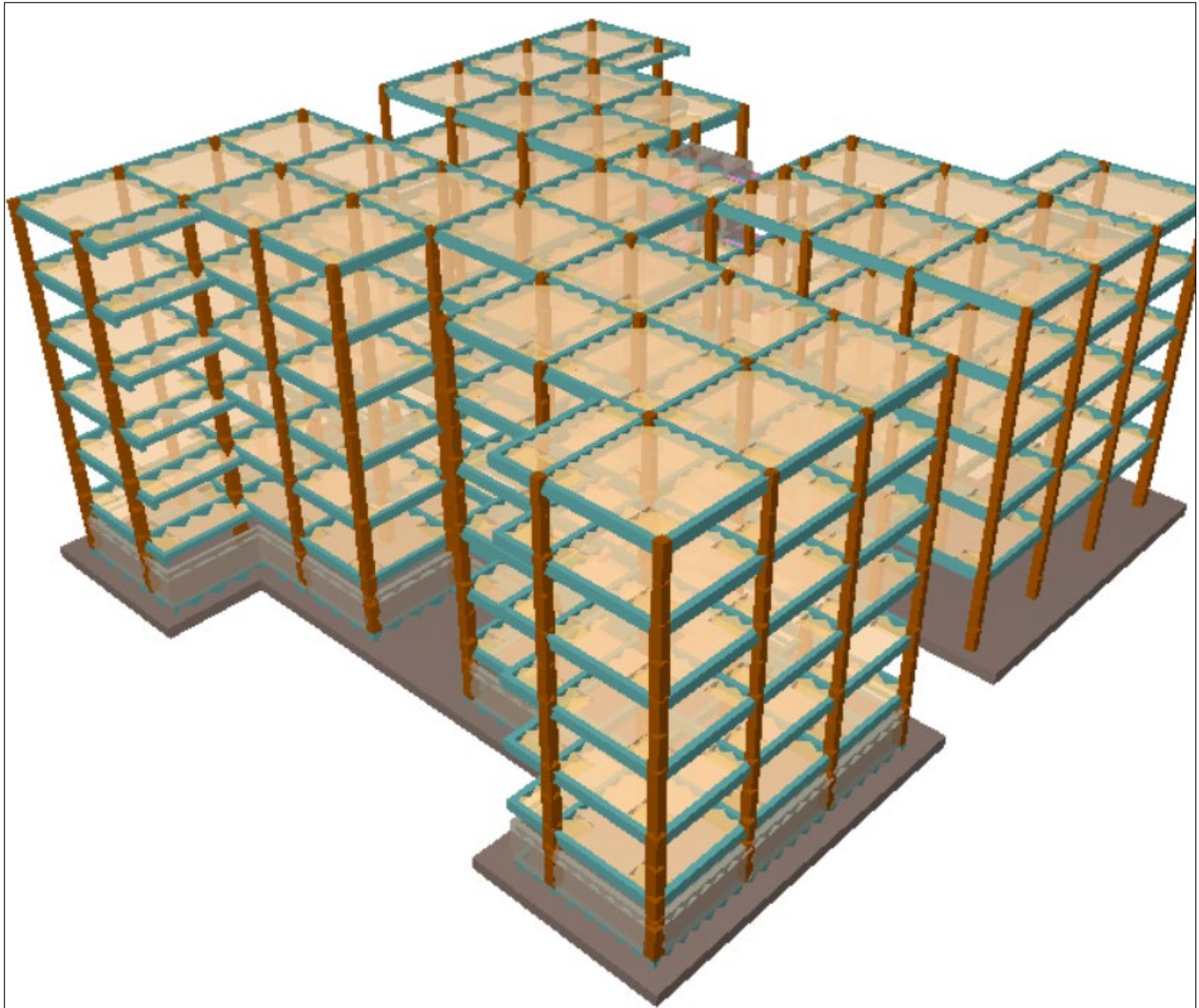
- NB 1225001-1 Norma Boliviana Hormigón Estructural

Modelado estructural en el programa CYPECAD v2018m

Se realizó el análisis estructural del edificio mediante de un software “CYPECAD v2018m”, para las diversas combinaciones de carga. En el diseño estructural, en todos los casos se respetan los requerimientos mínimos de refuerzo establecidos en la norma NB-1225001-1 para cada elemento estructural

Figura 23

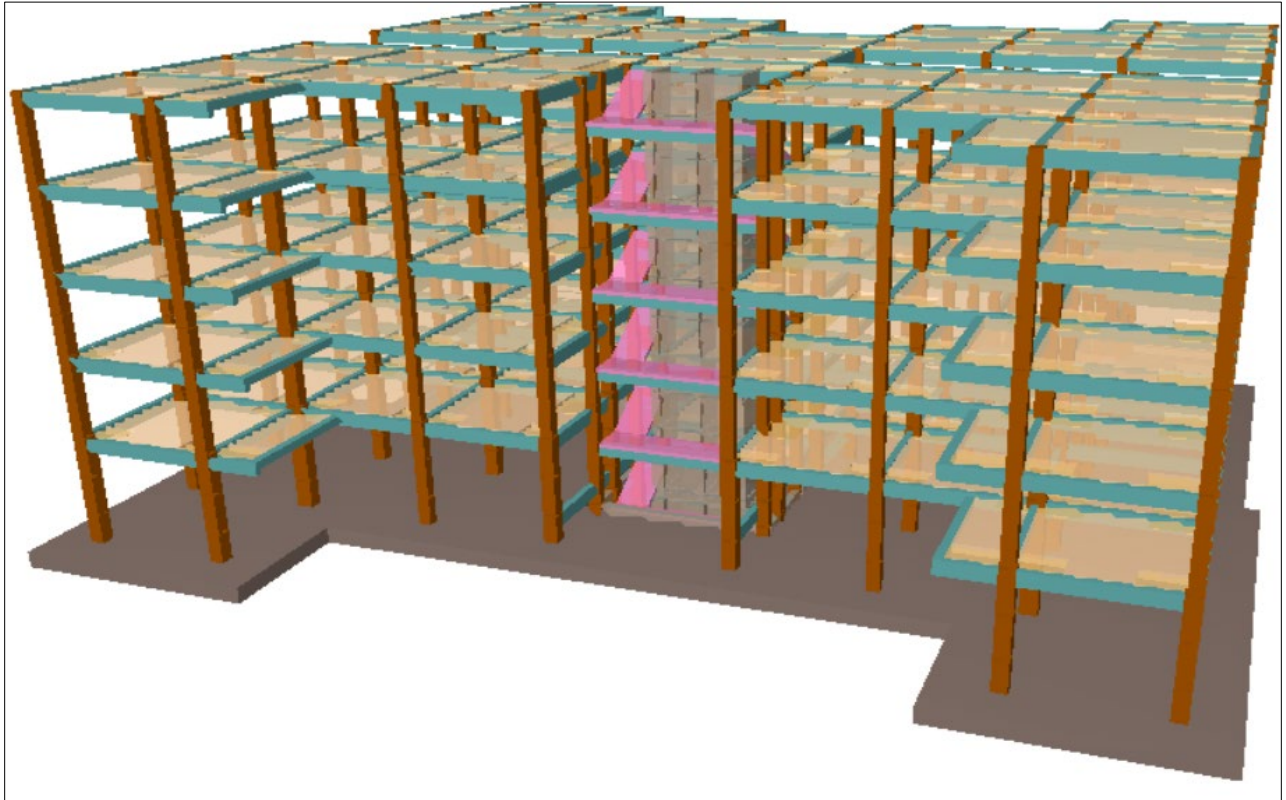
Modelo estructural en 3D del edificio



Nota: Elaboración propia

Figura 24

Modelo estructural en 3D del edificio



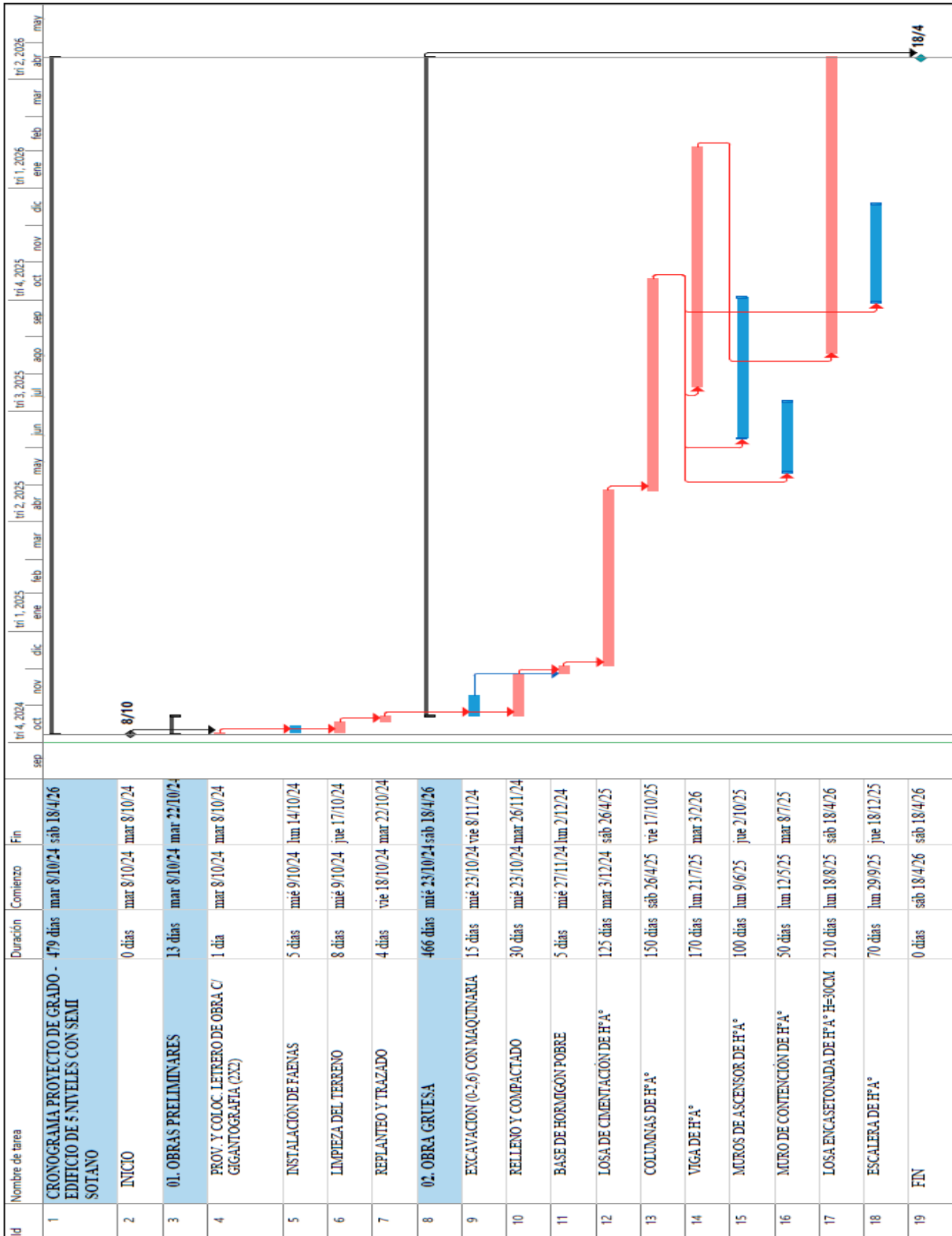
Nota: Elaboración propia

4.4. Presupuesto general del proyecto

4.4.1. Presupuesto general

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Precio Total
01. OBRAS PRELIMINARES					
1	PROV.Y COLOC. LETRERO DE OBRA C/GIGANTOGRAFIA (2X2)	GLB		1	2,314.83
	2,314.83				
2	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1	11,840.69	11,840.69
3	LIMPIEZA DE TERRENO	GLB	1,450.73	2.93	4,250.64
4	REPLANTEO Y TRAZADO	M2	1,450.73	6.09	8,834.95
	Subtotal 01. OBRAS PRELIMINARES				27,241.10
02. OBRA GRUESA					
5	EXCAVACION (0-2.6.) CON MAQUINARIA	M3	3,814.21	124.67	475,517.44
6	BASE DE HORMIGON POBRE	M3	61.37	1,520.87	93,335.79
7	LOSA DE CIMENTACION DE H°A°	M2	491.01	5,507.30	2,704,139.37
8	COLUMNAS DE H°A°	M3	199.65	5,434.78	1,085,053.83
9	VIGA DE H°A°	M3	303.56	5,210.63	1,581,738.84
10	MUROS DE ASCENSOR DE H°A°	M2	77.26	5,527.18	427,029.93
11	MURO DE CONTENCIÓN DE H°A°	M2	64.82	4,924.86	319,229.43
12	LOSA ALIVIANADA DE H° A° E=30CM	M2	134.08	1,793.64	240,491.25
13	ESCALERA DE H° A	M3	8.6	6,023.54	51,802.44
	Subtotal 02. OBRA GRUESA				6,978,338.32
	COSTO TOTAL				7,005,579.42
	Son: Siete millones cinco mil quinientos setenta y nueve 42/100 Bolivianos				

4.4.2. Cronograma GANT y ruta critica



5. CONCLUSIONES

- El estudio geotécnico y el levantamiento topográfico realizados en el área de emplazamiento del proyecto proporcionaron datos cruciales sobre las características del suelo y la topografía del sitio. Los resultados revelaron una topografía mayormente plana, con un desnivel de aproximadamente 3 metros en la zona destinada al semisótano, con cotas entre los 197 m.s.n.m y 200 m.s.n.m como se puede observar en las curvas de nivel mostradas en Figura 10
- La zona donde se realizó el levantamiento topográfico, se tiene una topografía con ondulaciones moderadas, y presenta variaciones topográficas medias, no presenta áreas complejas en relación con el relieve y sus características de pendiente.
- El estudio geotécnico se realizó con el ensayo de penetración estándar o SPT (del inglés Standard Penetration Test), se llevaron a cabo dos sondeos de 10m y 10.10m de profundidad, el terreno atravesado del Sondeo 01 consiste en arena arcillosa (SM) a los 1.43 m donde se realizó la primera fundación, posteriormente, en el sondeo 02 presenta un estrato de material Arenoso arcilloso (SM), a los 2.80m donde se llevara a cabo la segunda fundación . Los niveles freáticos fueron detectados a los 4.80 m. durante la realización del ensayo.
- Estos estudios fueron fundamentales para establecer una base sólida en el diseño estructural, garantizando que la edificación se cimente de manera adecuada según las condiciones del terreno. Tras finalizar los análisis de laboratorio de las muestras extraídas, se determinó que la capacidad portante del suelo es 0.95kg/cm² a 1.29 kg/cm².

- Determinada la capacidad portante del suelo se procedió a realizar el diseño y modelación de la estructura conforme a la norma boliviana NB 1225002-1, utilizando el software CypeCad V2018m. Para determinar el tipo de fundación más adecuado para el proyecto, se estudiaron diversas alternativas como zapatas aisladas, zapatas combinadas y vigas de fundación. Sin embargo, debido a la baja capacidad portante del suelo, ninguna de estas opciones resultó ser la más apropiada. Por consiguiente, se decidió emplear una losa de fundación, misma que tiene las siguientes dimensiones en el sector del sótano una altura de 0.60 m, con estas dimensiones se asegura la estabilidad estructural.
- La utilización del software CypeCad V2018m permitió la modelación precisa y detallada de todos los elementos estructurales del edificio. Este proceso facilitó un análisis exhaustivo de las cargas y esfuerzos a los que estará sometida la estructura. La precisión alcanzada en la modelación no solo optimizó el diseño de los elementos estructurales, sino que también garantizó su resistencia y funcionalidad, asegurando que la estructura cumpla con los estándares de seguridad y desempeño requeridos por la norma NB-1225001-1.

Los resultados más destacados del diseño incluyen:

- Vigas: Distribuidas a lo largo de los 5 niveles, con secciones que varían entre 25x50 cm y 40x40 cm. Esta distribución asegura una adecuada transferencia de cargas y estabilidad estructural.
- Columnas: Se diseñaron 59 columnas con secciones que varían de 50x60 cm (subsuelo, planta baja y primer piso) a 55x45 cm (segundo piso hasta el quinto piso). Estas dimensiones fueron determinadas para soportar las cargas verticales y proporcionar estabilidad a la estructura.

- Losa: Debido a las relaciones de luces presentes y conforme a la norma boliviana NB-1225001-1, se optó por una losa en dos direcciones con una altura de 30 cm en todos los niveles. Esta elección garantiza una distribución uniforme de las cargas y una adecuada rigidez del sistema de losas.
- Muros del ascensor: se diseñaron con anchos de 50cm y 40 cm desde la fundación hasta 30 cm que corresponde al último piso.
- Para corroborar lo anterior mencionado se desarrollaron planos estructurales detallados que especifican las dimensiones y características de cada elemento estructural, asegurando una correcta ejecución durante la construcción del proyecto.
- Utilizando el software Quark, se elaboró un presupuesto detallado de los elementos estructurales del edificio. Este presupuesto incluyó el costo de materiales, mano de obra y equipos necesarios para la construcción, proporcionando una estimación precisa del costo total del proyecto, así mismo se realizó la elaboración de un cronograma detallado de ejecución, sincronizando las etapas de construcción y asegurando una gestión eficiente del proyecto.
 - El presupuesto de la estructura de hormigón armado de la obra es de 7,005,579.42 Son: Siete millones cinco mil quinientos setenta y nueve 42/100 bolivianos El tiempo estimado para culminar la obra es de 376 días calendarios. Según el cronograma Gantt y la ruta crítica.

6. RECOMENDACIONES

- Es esencial implementar un control riguroso y un seguimiento exhaustivo durante la toma de muestras, complementados con la realización de ensayos de laboratorio y el trabajo de gabinete. Esto garantizará la obtención de datos que sean precisos y reales, que son fundamentales para asegurar un análisis geotécnico y topográfico en el área de estudio del proyecto.
- Para tener un conocimiento sobre el funcionamiento del software CypeCad es necesario realizar capacitaciones, actualizaciones con la finalidad de no cometer errores al momento de cargar los datos correctos al software utilizado. Además, es crucial realizar verificaciones y ajustes periódicos durante la fase de construcción para asegurar que las condiciones reales del sitio y los materiales utilizados se alineen con los parámetros establecidos en el diseño estructural. Esto garantizará que la edificación mantenga la resistencia y funcionalidad necesarias, promoviendo así la seguridad y el confort de los usuarios a largo plazo.
- Si bien se utilizó el software Quark para la elaboración del presupuesto, se recomienda realizar una cotización detallada de los precios unitarios del mercado local. Asimismo, es esencial llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre los rendimientos de la mano de obra, maquinaria y equipos. Con estos datos, se debe elaborar un cronograma de ejecución que sea acorde al proyecto. Esta práctica garantizará que no solo cumpla con los parámetros de diseño estructural establecidos por la norma, sino que también se ejecute dentro de los límites presupuestarios y cronograma previsto.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alvaro Torrez Nieto, E. V. (2001). *Topografía*.

Braja M. Das. (1983). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Cengagi Learning.

Cabrera. (2003). *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura*.

Cabrera. (s.f.). *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura*. 2003.

Calmett, A. C., & Antenucci, F. S. (2017). Tesis para optar el título profesional de arquitecto. *Centro residencial y cultural para estudiantes de la universidad*, 40.

Consoli, R. e. (2006). *Ensaio de campo e suas aplicacoes a engenharia e fundacoes'*, Ruver e Consoli .

E, C. (s.f.). *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura*. 2003.

Mario, M. (2010). *topografía aplicada a obras* . Mexico.

Paul R. Wolf, C. B. (1992). *Topografía Moderna*. Mexico: Alfaomega.

Pro ambiente SRL. (2013). *Demando de vivienda, encuestas a estudiantes*. Cobija-Pando.

Sowers, S. y. ((1970)). Perforaciones exploratorias en campo.