

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Prediseño estructural e instalaciones hidrosanitarias de un edificio de cinco plantas en la ciudad de Machala

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Aníbal Julián Mera Gaibor

Rómulo Ariel León Parra

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedicamos a nuestros padres, como fruto de su apoyo hacia nosotros y para que sientan orgullo de este y futuros proyectos que realicemos. También lo dedicamos a nuestros profesores, para que sientan la motivación de seguir compartiendo sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a Dios, a nuestros padres, por su apoyo incondicional y todo el esfuerzo que hicieron para que estudiemos y nos convirtamos en profesionales. También agradecemos a nuestros profesores, por guiarnos en el camino de la ingeniería y por compartir de manera sabia sus conocimientos para con nosotros. También agradecemos a la universidad y a la facultad, por los recursos, la infraestructura, los equipos y la administración.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Aníbal Mera Gaibor y Rómulo León Parra*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Autor 1

Autor 2

EVALUADORES

.....
Daide Besenzon

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
David Valverde

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La construcción urbana es importante y significativa para el crecimiento y desarrollo de una ciudad o comunidad. En este proyecto se diseña la estructura en hormigón armado y las instalaciones hidrosanitarias para un edificio de cinco plantas. El edificio tiene usos de departamentos y oficinas, y aporta a la plusvalía, al desarrollo y al mejoramiento de la calidad de vida en el entorno local. El diseño del edificio se basó en las normas NEC, ACI y otros textos relevantes para el desarrollo. Se empezó con la recopilación de información de la zona del proyecto y la selección de la alternativa más adecuada, luego se predimensionaron los elementos estructurales y se modeló la estructura en software, donde se asignaron las cargas de diseño y después se realizó el análisis para obtener las cargas que actúan en los elementos. Con los valores obtenidos en el software estructural se diseñaron los elementos de hormigón armado. Se consideró un estudio de suelo de un terreno cercano al proyecto, y se diseñó una zapata corrida de ancho de 1.2 m y con desplante de 1 m. Para el diseño hidrosanitario se estableció un abastecimiento de agua potable mediante sistema con cisterna y bombeo hacia un tanque elevado y posterior distribución a gravedad. Las tuberías de AASS y AALL en su mayoría resultaron de 4 plg de diámetro. El diseño cumple con los criterios de las normas NEC y ACI, tiene un bajo impacto ambiental y el costo por m² es de \$ 291.85.

Palabras clave: estructura en hormigón armado, zapata corrida, instalaciones hidrosanitarias, cisterna y bombeo hacia tanque elevado, distribución a gravedad.

ABSTRACT

Urban construction is important and significant for the growth and development of a city or community. In this project, the reinforced concrete structure and the plumbing facilities for a five-story building are designed. The building has uses of departments and offices, and will contribute to the added value, development, and improvement of the quality of life in the local environment. The building design was based on the NEC, ACI and other relevant development texts. It began with the collection of information on the project area and the selection of the most appropriate alternative, then the structural elements were pre-dimensioned and the structure was modeled in software, where the design loads were assigned and then the analysis was carried out to obtain the charges acting on the elements. With the values obtained in the structural software, the reinforced concrete elements were designed. A soil study of a land near the project was considered, and a 1.2 m wide strip foundation was designed with a 1 m offset. For the hydrosanitary design, a potable water supply was established by means of a cistern system and pumping towards an elevated tank and subsequent gravity distribution. The AASS and AALL pipes were mostly 4 inches in diameter. The design meets the criteria of the NEC and ACI standards, has a low environmental impact and the cost per m² is \$ 291.85.

Key words: reinforced concrete structure, strip foundation, hydrosanitary installations, cistern and pumping to an elevated tank, gravity distribution.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	X
Índice de planos	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Ubicación del proyecto.....	3
1.4.2 Características geológicas del terreno.....	4
1.4.3 Características geotécnicas del suelo.....	4
CAPÍTULO 2.....	6
2 Metodología.....	6
2.1 Análisis y selección de alternativas	6
2.2 Selección de alternativa	7
2.3 Cargas de diseño	8
2.4 Predimensionamiento de miembros estructurales.....	9
2.4.1 Predimensionamiento de columnas	9

2.4.2	Predimensionamiento de Vigas	10
2.4.3	Predimensionamiento de la losa	12
2.5	Espectro de diseño	13
2.5.1	Parámetros del espectro de diseño	13
2.6	Análisis en software de diseño estructural	15
2.6.1	Sección de columnas	15
2.6.2	Sección de vigas	16
2.6.3	Losa equivalente	16
2.6.4	Parámetros del software	18
2.6.4.1	Fuente de masa	18
2.6.4.2	Coefficiente sísmico	19
2.6.4.3	Diafragmas	19
2.7	Diseño de elementos estructurales	20
2.7.1	Diseño de columnas	20
2.7.2	Diseño de vigas	21
2.7.2.1	Diseño a flexión	22
2.7.2.2	Diseño a cortante	22
2.7.3	Diseño de losa	24
2.7.4	Diseño de escalera	24
2.8	Diseño de la cimentación	26
2.8.1	Capacidad de carga del suelo	27
2.8.2	Asentamientos	30
2.8.2.1	Asentamiento elástico	30
2.8.2.2	Asentamiento por consolidación	31
2.9	Diseño Hidrosanitario	33
2.9.1	Diseño de instalaciones de agua potable (AAPP)	33
2.9.1.1	Capacidad de la cisterna y el tanque elevado	34
2.9.1.2	Dimensionamiento de las tuberías de suministro de AAPP	36
2.9.2	Diseño de instalaciones de aguas residuales (AASS)	41

2.9.2.1	Diámetro de bajantes	41
2.9.2.2	Diámetro de ramas horizontales	44
2.9.2.3	Tuberías de ventilación	45
2.9.3	Diseño de instalaciones de aguas lluvias (AALL)	46
2.9.3.1	Diámetro de bajantes	46
2.9.3.2	Colectores horizontales	47
CAPÍTULO 3.....		49
3	Resultados y análisis	49
3.1	Resultados del diseño estructural	49
3.2	Carga sísmica y cortante basal	50
3.3	Derivas de piso	50
3.4	Irregularidad torsional e índice de estabilidad	50
3.5	Elementos estructurales	52
3.5.1	Columnas	52
3.5.2	Vigas	53
3.5.3	Losas	55
3.5.4	Escalera	56
3.6	Cimentación	57
3.7	Instalaciones hidrosanitarias	58
CAPÍTULO 4.....		59
4	Evaluación de impacto ambiental	59
4.1	Objetivo de la evaluación del impacto ambiental	59
4.1.1	Objetivo general	59
4.1.2	Objetivos específicos	59
4.2	Descripción de las actividades del proyecto	59
4.3	Línea base ambiental	60
4.3.1	Medio físico	61
4.3.1.1	Clima	61
4.3.1.2	Temperatura	61

4.3.1.3	Precipitación.....	61
4.3.1.4	Humedad.....	62
4.3.1.5	Viento.....	63
4.3.2	Medio Biótico	64
4.3.2.1	Flora.....	64
4.3.2.2	Fauna.....	64
4.3.3	Medio socioeconómico	65
4.4	Identificación de impactos ambientales causados en las fases del proyecto ...	67
4.5	Valoración del impacto ambiental.....	69
4.6	Matriz de evaluación de impactos ambientales	70
4.7	Medidas de prevención	73
4.8	Conclusiones de la evaluación del impacto ambiental	74
CAPÍTULO 5.....		75
5	Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1	Conclusiones.....	75
5.2	Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....		1
APÉNDICES.....		3
Planos arquitectónicos		3
Planos ESTRUCTURALES		7
Planos HIDROSANITARIOS		10

ABREVIATURAS

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

ACI: American Concrete Institute

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

IPC: International Plumbing Code

SPT: Standard penetration test

A.A.P.P: Aguas potable

A.A.S.S: Aguas servidas

A.A.L.L: Aguas lluvias

m.c.a Metros de columna de agua

SIMBOLOGÍA

m: metro

cm: centímetro

Kg: kilogramo

N: Newton

MPa: mega Pascal

Ton: tonelada

plg: pulgada

f'_c : Resistencia de hormigón

f_y : Resistencia del acero de refuerzo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación del terreno (Google Maps)	3
Figura 1.2: Distancia del estudio de suelo al terreno (Google Earth)	4
Figura 2.1: Área tributaria para columna (Autores).....	10
Figura 2.2: Ancho tributario de viga (Autores)	11
Figura 2.3 Sección de losa nervada	13
Figura 2.4 Sección de columna en software.....	15
Figura 2.5 Sección de vigas en software.....	16
Figura 2.6 Sección de losa nervada	17
Figura 2.7 Sección de losa maciza equivalente.....	18
Figura 2.8 Sección de losa en software.....	18
Figura 2.9 Fuente de masa en software	19
Figura 2.10 Diafragmas en software.....	19
Figura 2.11 Esquema de cimentación (Estudio de suelo)	26
Figura 2.12 Descripción de la perforación (Estudio de Suelo).....	27
Figura 2.13 Coeficiente para incremento de esfuerzos	32
Figura 3.1 Modelado en software estructural.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas WGS84 del polígono de terreno.....	3
Tabla 2.1: Comparación de parámetros de alternativas (Autores)	8
Tabla 2.2: Valores de carga viva (NEC-SE-CG 2014, tabla 8)	8
Tabla 2.3: Valores de carga muerta (NEC-SE-CG 2014, tabla 9)	8
Tabla 2.4: Determinación de las cargas (Autores).....	8
Tabla 2.5 Parámetros de espectro elástico de diseño	14
Tabla 2.6 Valores de C_t y α (NEC-SE-DS)	14
Tabla 2.7 Separación de estribos (ACI).....	23
Tabla 2.8 Acero por cortante mínimo (ACI)	23
Tabla 2.9 Cálculos de asentamiento (Schmertmann).....	31
Tabla 2.10 Dotaciones de agua potable (NEC 2011)	34
Tabla 2.11 Presiones recomendadas para aparatos sanitarios (NEC 2011)	34
Tabla 2.12 Almacenamiento de agua potable	34
Tabla 2.13 Dimensiones de la cisterna.....	35
Tabla 2.14 Dimensiones del tanque elevado.....	35
Tabla 2.15 Especificaciones de tuberías de AAPP (Fabricante)	36
Tabla 2.16 Unidades de suministro para piezas sanitarias (Pérez C. Rafael, 2010)	37
Tabla 2.17 Coeficientes de simultaneidad (Pérez C. Rafael, 2010)	37
Tabla 2.18 Parámetros para cálculo de la sección 1-2.....	38
Tabla 2.19 Longitud equivalente, sección 1-2	38
Tabla 2.20 Resumen del recorrido hidráulico	39
Tabla 2.21 Altura relativa del tanque y diámetro de la bajante	40
Tabla 2.22 Resumen del cálculo de impulsión	40
Tabla 2.23 Resumen del cálculo de succión	40
Tabla 2.24. Unidades de descarga hidráulica para cada pieza sanitaria. IPC, tabla 709.1.	42
Tabla 2.25. Valores de UEH y diámetros mínimos de descarga.	42
Tabla 2.26. UEH máximas para cada tubería según número de pisos de la edificación.	43
Tabla 2.27. UEH máxima por bajante.....	43
Tabla 2.28. Estimación de diámetro de bajante con mayor UEH.	44
Tabla 2.29. Caudales según unidades de descarga. RPC. Tabla 5.3	44

Tabla 2.30. Valores máximos de UEH según la pendiente.	45
Tabla 2.31. Comprobación de diámetro y pendiente del colector horizontal hacia bajante.	45
Tabla 2.32. Comprobación de diámetro y pendiente de colector horizontal en pozos de inspección.....	45
Tabla 2.33. Proyección horizontal de área servida en m ² . RPC Tabla 5.48.	46
Tabla 2.34. Estimación de diámetro para bajantes.....	46
Tabla 2.35. Dimensionamiento colector horizontal.....	47
Tabla 2.36. Diámetro de colector horizontal en pozo de inspección.....	48
Tabla 3.1 Cortante basal y distribución de fuerzas laterales	50
Tabla 3.2 Derivas de pórticos en la dirección X.....	50
Tabla 3.3 Derivas de pórticos en la dirección Y.....	50
Tabla 3.4 Factores de amplificación de excentricidad en la dirección X.....	51
Tabla 3.5 Factores de amplificación de excentricidad en la dirección Y.....	51
Tabla 3.6 Resumen del cálculo de índice de estabilidad en la dirección X	51
Tabla 3.7 Resumen del cálculo de índice de estabilidad en la dirección Y	52
Tabla 3.8 Resumen de diseño de columnas a flexión	52
Tabla 3.9 Resumen del diseño a flexión de vigas en dirección X.....	53
Tabla 3.10 Resumen del diseño a flexión de vigas en dirección Y.....	53
Tabla 3.11 Resumen de diseño a cortante de vigas en dirección X.....	54
Tabla 3.12 Resumen de diseño a cortante de vigas en dirección Y.....	54
Tabla 3.13 Resumen del cálculo de acero de losa nervada de 25 cm de espesor.....	55
Tabla 3.14 Resumen del cálculo de acero de losa nervada de 20 cm de espesor.....	56
Tabla 3.15. Valores de momentos en escalón y descansos de escalera.	57
Tabla 4.1 Temperatura promedio mensual (INAMHI 2012)	61
Tabla 4.2 Precipitaciones mensuales (INAMHI 2012)	62
Tabla 4.3 Humedad relativa (INAMHI 2012).....	63
Tabla 4.4 Velocidad media del viento (INAMHI 2012)	63
Tabla 4.5 Auto identificación de etnias (Alcaldía de Machala 2015).....	65
Tabla 4.6 Tasa de nivel de educación (Alcaldía de Machala 2015).....	66
Tabla 4.7 Porcentaje de edades de la PEA (Alcaldía de Machala 2015)	66
Tabla 4.8 Categorías ocupacionales (Alcaldía de Machala 2015).....	67
Tabla 4.9 Aspectos ambientales en la fase de construcción	68
Tabla 4.10 Aspectos ambientales en la fase de operación	69

Tabla 4.11 Aspectos ambientales en la fase de cierre	69
Tabla 4.12 Matriz de evaluación de impactos ambientales	70
Tabla 4.13 Matriz de prevención de impactos ambientales	73

ÍNDICE DE PLANOS

Plano Arq. 1 Planta baja

Plano Arq. 2 Segunda planta

Plano Arq. 3 Tercera y cuarta planta

Plano Arq. 4 Planta terraza y Tapa gradas

Plano Arq. 5 Fachada y perspectiva

Plano Es. 1 Cimentación y cisterna

Plano Es. 2 Detalle de losa y viga

Plano Es. 3 Detalla de columnas y losa

Plano Es. 4 Piso 3 y terraza

Plano HS. 1 Planta baja y 2da planta

Plano HS. 2 Plantas 3 y 4, Terraza

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Machala se planea construir un edificio de uso múltiple previsto para oficinas y departamentos. De acuerdo con la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), es conocido que la zona costera tiene mayor influencia sísmica, por lo que el diseño se basará en esta normativa; y adicionalmente la norma ACI 318 (American Concrete Institute). Este trabajo aborda un análisis lineal al tratarse de una edificación mediana a pequeña, pero con cierto grado de irregularidad de tal manera que se compense con factores de seguridad. El proceso de diseño se inicia con el predimensionamiento los elementos estructurales, columnas y vigas; teniendo en cuenta requerimientos mínimos establecidos en las normas NEC-SE-DS y ACI-318, y los resultados obtenidos a través de un software estructural, con la finalidad de cumplir con los criterios de estado límite de resistencia y de servicio. El diseño Hidrosanitario estará basado en la NEC-11; Norma Hidrosanitaria NHE Agua, de tal manera que el diseño sea óptimo y funcione adecuadamente.

1.1 Antecedentes

Se pre diseñará la estructura e instalaciones de un edificio de cinco plantas, la información sobre la localización del terreno y el área disponible para la construcción es proporcionada por la cliente. Los datos sobre las características geotécnicas del suelo del terreno no están disponibles por falta de un análisis geotécnico, pero se trabajará con una información geotécnica proporcionada por la cliente, de un terreno cercano al dispuesto para este proyecto. Se opta de manera tentativa, que la estructura sea de hormigón armado por preferencia de la cliente.

1.2 Justificación del problema

La construcción de nueva infraestructura es necesaria para el desarrollo de una ciudad, según las cifras demográficas establecidas por el INEC (Instituto nacional de estadísticas y censo), Machala tenía una población de 273390 habitantes en el año 2015.

Actualmente (2020) la ciudad está habitada por 289141 personas (INEC) y tiene una tasa de crecimiento de 1.37%. Considerando la cifra exacta del censo del año 2010 que es 256022 personas (INEC 2010), se estima la población dentro de 5 años (2025) aplicando el método geométrico de proyección poblacional:

$$P = P_0 * (1 + r)^{(t-t_0)} \quad (1.1)$$
$$P = 256022 * (1 + 0.0137)^{(2025-2010)}$$
$$P = 313993 \text{ habitanes}$$

Machala es una de las ciudades con mayor número de habitantes, este proyecto aportará con el desarrollo urbanístico y al mejoramiento en el entorno social del sitio en que se planea su construcción. Se trabajará bajo las condiciones técnicas establecidas en la NEC-SE-DS, incluyendo el análisis sísmico debido posibles sismos como el siniestro del 16 de abril de 2016.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Pre diseñar la estructura, la arquitectura y las instalaciones hidrosanitarias de un edificio de cinco plantas, en la ciudad de Machala.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar el diseño arquitectónico
2. Realizar el diseño estructural.
3. Realizar el diseño hidrosanitario.
4. Elaborar un análisis del impacto ambiental.
5. Estimar el costo general de construcción.

Nota. Para los puntos 1, 2 y 3 incluye pliegos de planos.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Ubicación del proyecto

El proyecto Burneo es un edificio de uso mixto, ubicado la parroquia La Providencia del cantón Machala, la parroquia tiene aproximadamente 87799 habitantes (Notorio Machala 2013). El terreno tiene una superficie de 517 m², de forma trapezoidal y se localiza en las calles Guayaquil y Loja, cerca del centro. El área designada para la construcción será el 39% del terreno y el uso del edificio será para oficinas y departamentos. El tráfico de la zona es, en su mayoría; del tipo liviano y a los alrededores del terreno existen pocos edificios de magnitud similar.



Figura 1.1 Ubicación del terreno (Google Maps)

Tabla 1.1 Coordenadas WGS84 del polígono de terreno

Shape	X	Y	Tpo
1	616856	9638937	Polígono
2	616868	9638963	Polígono
3	616892	9638951	Polígono
4	616870	9638933	Polígono
5	616856	9638937	Polígono

1.4.2 Características geológicas del terreno

El suelo de la ciudad de Machala es de tipo arcilloso, con clasificación geológica de arcilla marina de estuario. La agricultura es una de las principales actividades para el desarrollo económico de la ciudad, donde el 54% del total de territorio es usado para el cultivo de banano y cacao. La zona urbana representa el 9.9% del territorio total (Alcaldía de Machala, 2018)

Un estudio de suelo cercano al terreno y que se dispone a usar para este proyecto, indica que la geología de la zona urbana constituye un suelo fino estratificado de forma alternada por capas de arcilla y arena y corresponde a suelo aluvial de origen cuaternario.

El factor de aceleración de la zona de $Z=0.40$ y se usará este valor para el posterior análisis de diseño estructural. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2014)

1.4.3 Características geotécnicas del suelo

El estudio de suelo dispuesto para este proyecto se localiza a una distancia aproximada de 455 m, la distancia se la determinó con Google Earth.



Figura 1.2: Distancia del estudio de suelo al terreno (Google Earth)

El estudio de suelo consta de dos perforaciones con ensayos SPT (Standard penetration test) de 12 metros de profundidad y con toma de muestra cada 1.5 metros. El estudio identifica 3 estratos de suelo como arcilla limosa, arena de baja plasticidad y limo.

La capacidad portante difiere entre los dos sondeos, con valores de 2.27 Kg/cm^2 y 0.49 Kg/cm^2 , donde recomienda hacer un mejoramiento del suelo para establecer una capacidad portante más uniforme.

Según el estudio de suelo, el tipo de suelo de D. Con esta información, se establecen los coeficientes de perfil del suelo obtenidos de la NEC-SE-DS, para luego determinar la aceleración sísmica de la estructura:

- F_a : 1.2
- F_d : 1.19
- F_s : 1.28

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

2.1 Análisis y selección de alternativas

Para la selección de alternativas se tiene el material de la estructura como el principal parámetro a considerar y comparar, porque toda estructura está construida principalmente con algún material. Los materiales más usados en la construcción son el hormigón armado y el acero estructural, siendo el hormigón armada muy común en Ecuador y considerado tradicional, mientras que el acero se está usando más recientemente y va formando su nicho con el pasar de los años. (Coello H. y Jaramillo J. 2019)

Se establecen 3 alternativas de materiales de construcción de la estructura:

1. Hormigón armado (columnas y vigas)
2. Columnas de hormigón armado y vigas de acero A36
3. Acero A36 (columnas y vigas)

Los parámetros de comparación son los siguientes:

- Resistencia
- Peso
- Costo (material)
- Disponibilidad
- Tiempo de construcción
- Mano de obra
- Mantenimiento

Resistencia: Ambos materiales tienen una buena resistencia, entre 200 y 400 MPa, pero el acero puede presentar reducciones de capacidad por esbeltez, el HA (hormigón armado) tolera menos las cargas sísmicas debido a su rigidez, pero en las uniones su capacidad no se ve afectada en comparación con el acero (Rojas y Arenas, 2007). Se asigna una ponderación alta de 3, para las tres alternativas.

Peso: Los elementos estructurales de HA son más voluminosos y pesados que los de acero (Córdova R., 2014), se asigna una ponderación baja de 1 para el HA, media de 2 para la alternativa mixta (Hormigón y acero estructural) y alta de 3 para los pórticos de acero.

Costo (materiales): Los componentes para elaborar el HA son más económicos que los perfiles de acero estructural, así como el transporte y almacenamiento, la fabricación del hormigón puede ser en campo a diferencia de los perfiles de acero que son elaborados en plantas especializadas (Ramos y Ayala, 2016). Se asigna una ponderación media de 2 (favorable) para el HA, porque el costo puede aumentar con el tiempo de la obra; media de 2 para alternativa mixta y baja de 1 (desfavorable) para el acero.

Disponibilidad: Los materiales para elaborar el HA son fáciles de encontrar en la industria de la construcción, pudiéndose conseguir en la mayor parte del mundo (Córdova R., 2014); mientras que el acero estructural no es fácil de obtener y menos si se lo necesita de manera inmediata, algunos perfiles deben ser importados e incluso puede que se prohíba su uso en algunas partes (Rojas y arenas, 2007). Se asigna una ponderación de 3 para el HA, media de 2 para la alternativa mixta y baja de 1 para el acero.

Tiempo de construcción: El tiempo de construcción de estructuras de HA es más largo debido a que el hormigón debe endurecerse y adquirir resistencia, mientras que, el acero no requiere tiempo adicional luego del montaje (Córdova R., 2014). Se asigna una ponderación de 1 para el HA, 2 para la alternativa mixta y 3 para el acero.

Mano de obra: El personal de mano de obra para la construcción de estructuras de HA no requiere especialización y el proceso no es complejo, mientras que; las construcciones con acero necesitan de personal técnico calificado y el proceso de construcción exige un alto control de calidad (Ramos y Ayala, 2016). Se asigna una ponderación de 2 para el HA, y de 1 para las alternativas mixta y de acero.

Mantenimiento: El HA requiere muy poco o casi nulo mantenimiento, en cambio; el acero necesita un mantenimiento periódico con pinturas, debido a que es vulnerable a la corrosión (Córdova R., 2014). Se asigna una ponderación de 3 para el HA, 2 para la alternativa mixta y 1 para el acero.

2.2 Selección de alternativa

A continuación, se comparará cada alternativa según las ponderaciones precedentes analizadas:

Tabla 2.1: Comparación de parámetros de alternativas (Autores)

Material	Resistencia	Peso	Costo material	Disponible	Tiempo	Mano de obra	Mantenimiento	Total
Hormigón armado	3	1	2	3	1	2	3	15
H.armado y acero	3	2	2	1	2	1	2	13
Acero	3	3	1	1	3	1	1	13

En base a la tabla, la alternativa de HA tiene un puntaje mayor y se la escoge para el prediseño del edificio.

2.3 Cargas de diseño

Se establecen como cargas vivas y cargas muertas los valores indicados en la NEC.

Tabla 2.2: Valores de carga viva (NEC-SE-CG 2014, tabla 8)

Carga viva		
Oficinas	2.40	kN/m ²
Departamentos	2.00	kN/m ²
Terraza (recreación)	3.00	kN/m ²

Tabla 2.3: Valores de carga muerta (NEC-SE-CG 2014, tabla 9)

Carga Muerta		
Hormigón armado	24.00	kN/m ³
Baldosa cerámica	18.00	kN/m ³
Bloque hueco de hormigón	12.00	kN/m ³
Mortero	20.00	kN/m ³
Cielorraso	20.00	kN/m ²

Tabla 2.4: Determinación de las cargas (Autores)

Carga viva Oficinas (C_{vo})	240	Kg/m²
Carga viva Apartamentos (C_{va})	200	Kg/m²
Carga viva Terraza (C_{vt})	300	Kg/m²
Peso losa + bloque	350	Kg/m ²
Peso mampostería + Enlucidos	120	Kg/m ²

Peso instalaciones	40	Kg/m ²
Peso piso (Cerámica, porcelanato)	40	Kg/m ²
Peso tumbado	40	Kg/m ²
Carga muerta (C_m)	590	Kg/m²

2.4 Predimensionamiento de miembros estructurales

2.4.1 Predimensionamiento de columnas

Para el predimensionamiento de las columnas, se aplicará una ecuación de predimensionamiento y se toma en cuenta el criterio de columna más cargada y área tributaria, considerando las cargas vivas y muertas con sus respectivos factores de mayoración. La ecuación de predimensionamiento parte de la expresión para carga axial de columnas establecida en el código ACI, asumiendo una cuantía de acero del 1.2% y considerando el 1/3 de la capacidad a compresión máxima de la columna.

$$P_0 = 0.85f'c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \quad (\text{ACI, 22.4}) \quad (2.1)$$

Se considera el 1/3 de la capacidad axial máxima y una cuantía del 1.2%:

$$P_u = \frac{0.85f'cA_g + 0.012A_gf_y}{3}$$

$$3P_u = A_g(0.85f'c + 0.012f_y)$$

Despejando el área gruesa, se tiene:

$$A_g = \frac{3 * P_u}{0.85 * f'c + 0.012 * f_y} \quad (2.2)$$

El área tributaria de la columna más cargada es de 4.15 x 4.75 → 19.71 m². Para la consideración de las cargas de diseño se ha tomado los valores descritos en 2.2

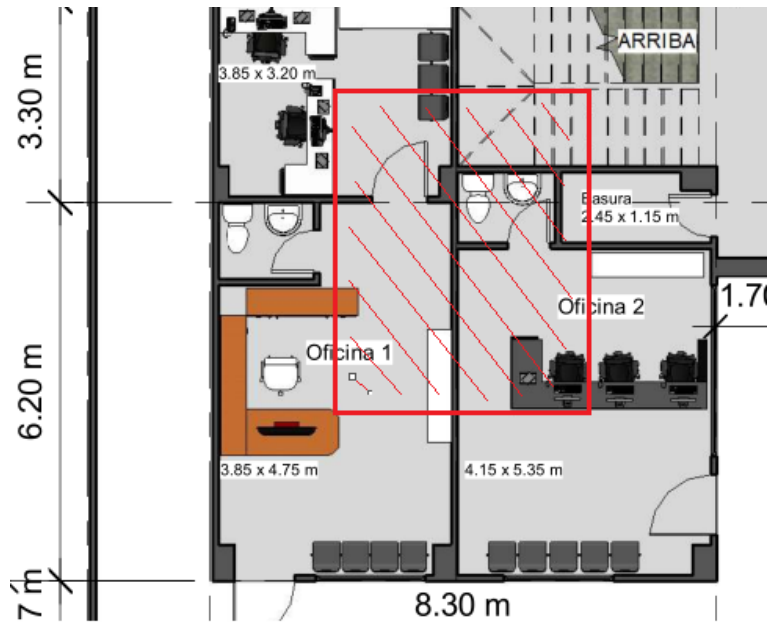


Figura 2.1: Área tributaria para columna (Autores)

$$P_u = (1.2 * 5C_m + 1.6(2C_{vo} + 2C_{va} + C_{vt})) * A_t$$

$$P_u = 106985.88 \text{ Kg}$$

La resistencia establecida para el hormigón es de 280 Kg/cm², la fluencia del acero de refuerzo es de 4200 Kg/cm².

$$A'_g = \frac{3 * 85462.56}{0.85 * 280 + 0.012 * 2400} = 1112.89 \text{ cm}^2$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.15 debido a la carga de los elementos, se tiene:

$$A_g = 1.15A'_g = 1279.82 \text{ cm}^2$$

→ Se propone una sección preliminar de columna de 35x40 = 1400 > 1279.82 cm²

2.4.2 Predimensionamiento de Vigas

Para el predimensionamiento de las vigas, aplicamos los siguientes criterios:

- El ancho mínimo deber ser 25 cm → $b_w \geq 25 \text{ cm}$
- La relación entre la altura y el ancho deber ser menor que 2 → $h/b_w < 2$

La viga más cargada tiene una luz de 6.2 m y un ancho tributario de 4.15 m.

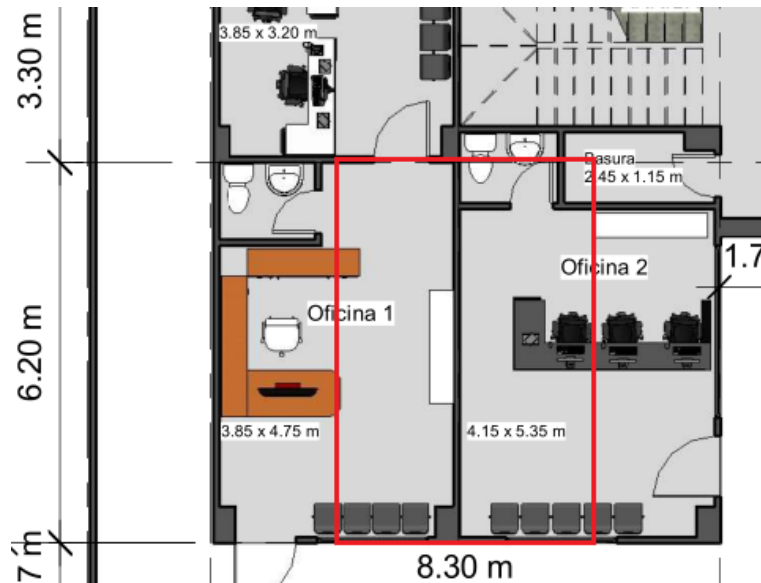


Figura 2.2: Ancho tributario de viga (Autores)

La ecuación para predimensionamiento de vigas parte del concepto de bloque de esfuerzos equivalentes, donde la compresión es igual a la tensión.

La compresión se expresa como:

$$C = 0.85f'c * a * b \quad (2.3)$$

El momento generado por la tensión se expresa como:

$$M = T * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.4)$$

Ahora;

$$M_u = \phi M_n = \phi T(d - a/2)$$

Donde a se aproxima a $0.2d \rightarrow a \approx 0.2d$

Se tiene que $C = T$, entonces;

$$M_u = \phi C(d - a/2), \phi = 0.9$$

Luego;

$$M_u = 0.9(0.85f'c * a * b)(d - 0.2d/2)$$

$$M_u = 0.9(0.85f'c * 0.2d * b)(d - 0.1d)$$

$$M_u = 0.9(0.85f'c * 0.2d * b)0.9d$$

$$M_u = 0.14 * f'c * b * d^2$$

Finalmente;

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0.14 * f'c * b_w}} \quad (2.5)$$

El momento último se lo determina con las expresiones establecidas por el ACI-318 (T6.5.2)

$$M_u = \frac{W_u * l_n^2}{10} \quad (2.6)$$

Aplicando las expresiones, se tiene:

$$M_u' = \frac{4930.2 \frac{Kg}{m} * (6.2 m)^2}{10} = 18951.69 Kg * m$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.15 debido al peso de la viga, se tiene

$$M_u = 1.15 M_u' = 21794.44 Kg * m$$

$$d = \sqrt{\frac{21794.44 * 100}{0.14 * 280 * 35}} = 39.86 cm$$

Ahora bien, considerando un diámetro de estribo de 1 cm, de varilla de refuerzo de 2.2 cm y un espesor de recubrimiento de 4 cm se tiene:

$$h = d + 1 + \frac{2.2}{2} + 4 = 45.26 cm$$

La altura mínima se la establece con las expresiones indicadas por el ACI-318 (T4.1)

$$h = l_n/21 ; \text{ambos bordes continuo} \rightarrow 29.52 cm$$

→ Se establece una sección inicial de viga de 35x45

La sección propuesta cumple con los criterios de diseño.

2.4.3 Predimensionamiento de la losa

Para el predimensionamiento de la losa nervada se aplica el criterio de altura mínima descritas en el ACI-318 (T4.1)

Para los tramos de hasta 4.25 m de luz:

$h = l_n/28 = 4.25/28 = 15.18 cm$ → se toma una sección con ala superior de espesor de 5 cm, con nervios de 15 cm de altura y ancho de 10 cm. La altura total es de 20 cm > 15.18 cm

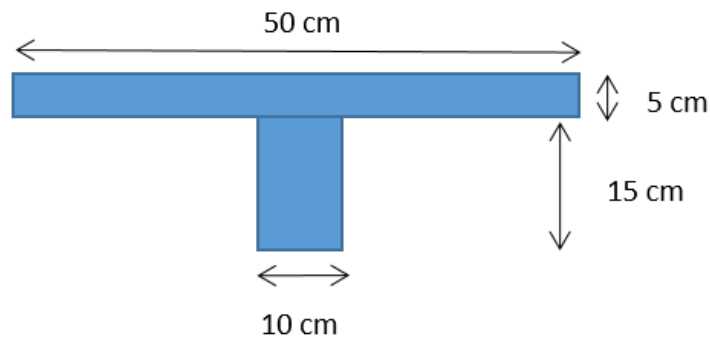


Figura 2.3 Sección de losa nervada

Para los tramos de 6.2 m de luz:

$h = l_n/28 = 6.2/28 = 22.14 \text{ cm} \rightarrow$ se toma una sección con ala superior de espesor de 5 cm, con nervios de 20 cm de altura y ancho de 10 cm. La altura total es de 25 cm > 22.14 cm

2.5 Espectro de diseño

Se elaboró el espectro de aceleraciones sísmico elástico de diseño estructural, bajo la normativa NEC. El suelo clasifica como tipo D. El valor de la aceleración sísmica (S_a) en la meseta es de 0.864 g.

2.5.1 Parámetros del espectro de diseño

El factor r depende del tipo de suelo, la normativa NEC-SE-DS Indica que tiene un valor de 1 para suelos tipo A, B y C; y toma el valor de 1.5 para suelos tipo D y E. Los valores de periodos T_o , T_c , T y T_L son calculados con las expresiones establecidas en la norma NEC-SE-DS.

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (2.7)$$

$$T_o = 0.1 * 1.28 \frac{1.19}{1.2} = 0.127$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (2.8)$$

$$T_c = 0.55 * 1.28 \frac{1.19}{1.2} = 0.698$$

$$T_L = 2.4F_d \quad (2.9)$$

$$T_L = 1.4 * 1.19 = 2.856$$

Tabla 2.5 Parámetros de espectro elástico de diseño

Parámetro	Valor
Z	0.4
F _a	1.2
F _d	1.19
F _s	1.28
n	1.8
r	1.5
T _o	0.127
T _c	0.698
T _L	2.856

El periodo fundamental de la estructura (T) es calculado con la siguiente expresión:

$$T = C_t * h^\alpha \quad (2.10)$$

donde,

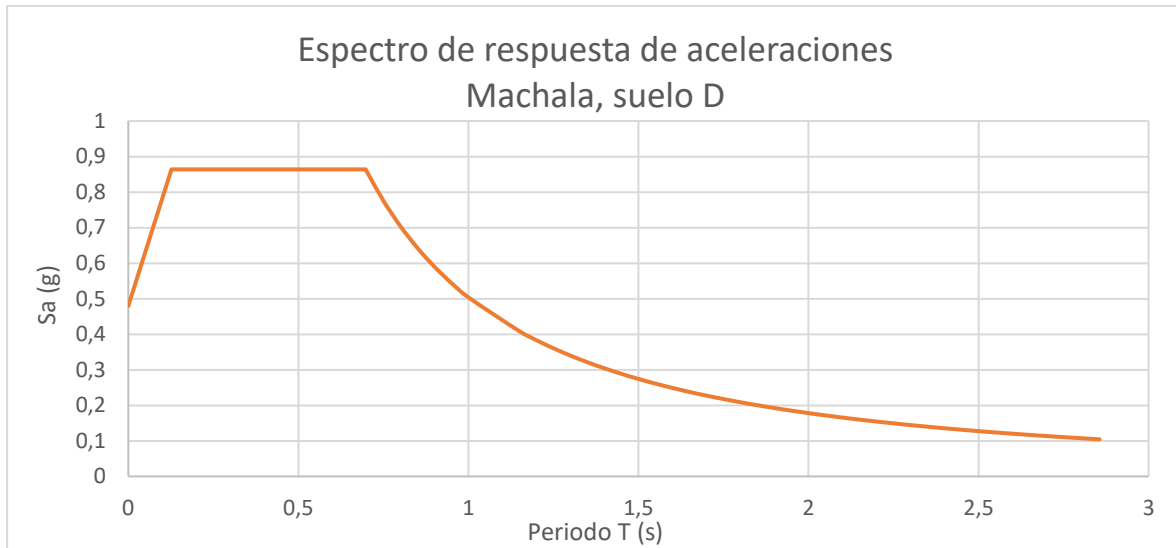
C_t: coeficiente que depende del tipo de estructura

h: altura total del edificio

α: coeficiente que varía según el tipo de estructura

Tabla 2.6 Valores de C_t y α (NEC-SE-DS)

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75



Gráfica 2.1 Espectro elástico de diseño (Autores)

2.6 Análisis en software de diseño estructural

2.6.1 Sección de columnas

En un primer análisis, la sección de columna propuesta en el predimensionamiento si cumplió con los esfuerzos axiales y se optó por reducir esta sección para las columnas del último piso y del piso de del tapa-gradas, a una sección de 30 x 35 cm. En el análisis se establecieron las inercias efectivas para las secciones, con un coeficiente de 0.8 para los momentos; esto debido al agrietamiento del hormigón.

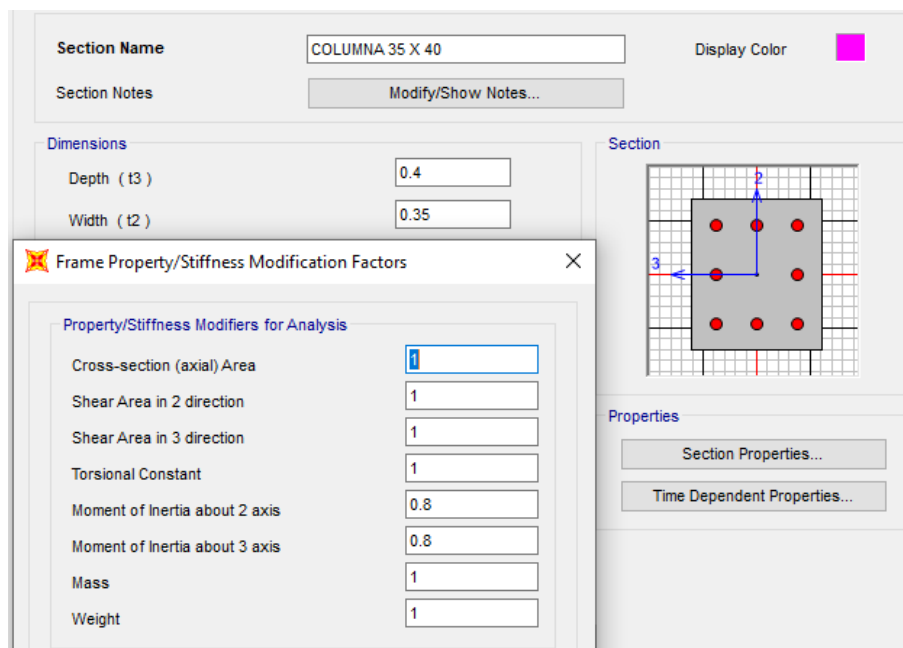


Figura 2.4 Sección de columna en software

2.6.2 Sección de vigas

La sección de viga propuesta en el predimensionamiento si cumplió en el primer análisis, incluso de manera sobre dimensionada; por este motivo, se optó por reducir la sección a una de 25 x 35 cm. la cual soporta la demanda de esfuerzos producidos, también se aplicó un coeficiente de 0.5 para la inercia en el momento paralelo al eje de viga (eje 3 en la figura adjunta). La nueva sección de viga cumple con los criterios de ancho mínimo, altura mínima y relación h/b descritos en el apartado de predimensionamiento.

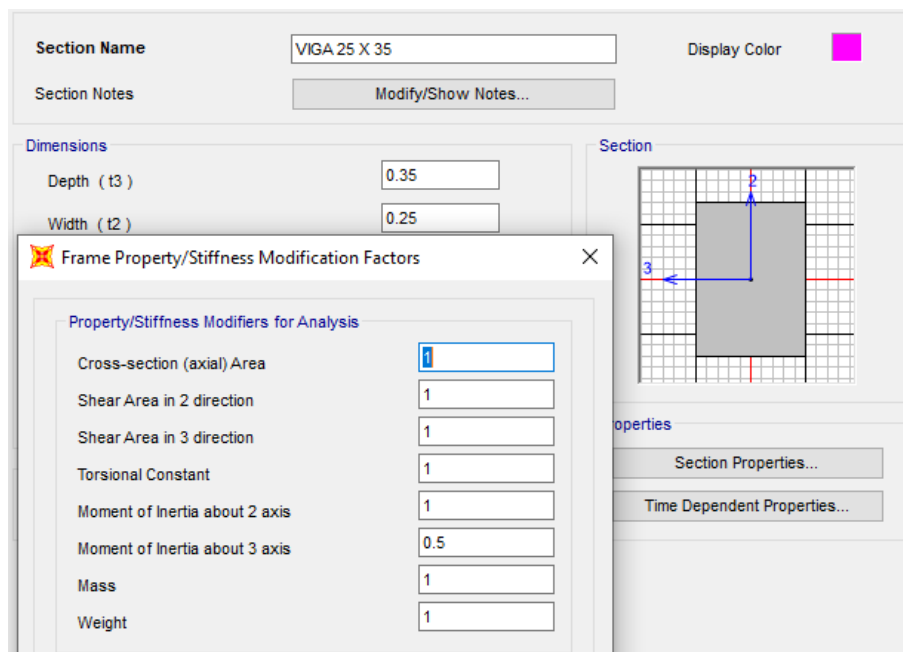


Figura 2.5 Sección de vigas en software

2.6.3 Losa equivalente

Para practicidad en la asignación de cargas, se empleó una losa maciza con espesor equivalente de una losa nervada en dos direcciones.

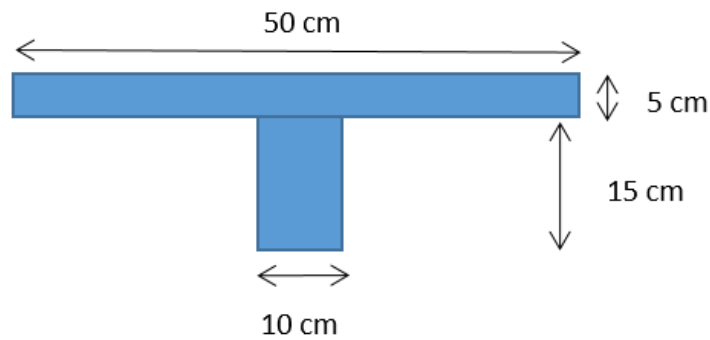


Figura 2.6 Sección de losa nervada

Para trabajar con una losa maciza en el software estructural, se aplicó el criterio de momento de inercia, donde se determina el espesor de losa maciza para que tenga una inercia igual a la sección de losa nervada. Primero se necesita conocer el centroide de la sección T de losa nervada y luego calcula su inercia.

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} \quad (2.11)$$

Donde, A_1 es el área de la placa o ala y y_1 su centroide; mientras que A_2 es el área del nervio o alma y y_2 su centroide.

$$\bar{y} = \frac{50 * 5 * 17.5 + 10 * 15 * 7.5}{50 * 5 + 10 * 15} = 13.75 \text{ cm}$$

Para el cálculo de la inercia se aplicó del teorema de Steiner.

$$I = I_0 + A * d_y^2 \quad (2.12)$$

$$I_1 = \frac{50 * 5^3}{12} + (50 * 5) * (17.5 - 13.75)^2 = 4036.46 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{10 * 15^3}{12} + (10 * 15) * (13.75 - 7.5)^2 = 8671.88 \text{ cm}^4$$

La inercia de la sección T de losa nervada es:

$$I_T = I_1 + I_2 = 12708.34 \text{ cm}^4$$

Luego bien, se determinó el espesor de losa maciza equivalente en función de la inercia.

$$I = \frac{b * h^3}{12} \rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{12 I}{b}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 * 12708.34}{50}} = 14.50 \text{ cm}$$

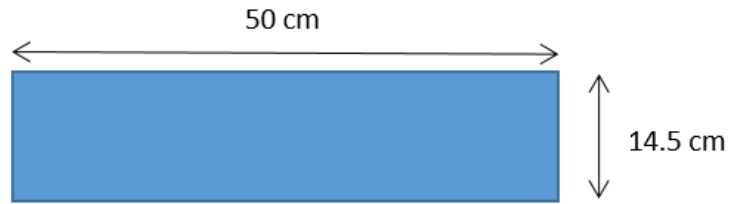


Figura 2.7 Sección de losa maciza equivalente

Para trabajar con esta sección de losa también se debe modificar el peso en función de la relación del volumen de la losa nervada con el volumen de la losa maciza, donde esta relación tiene un valor de 0.72

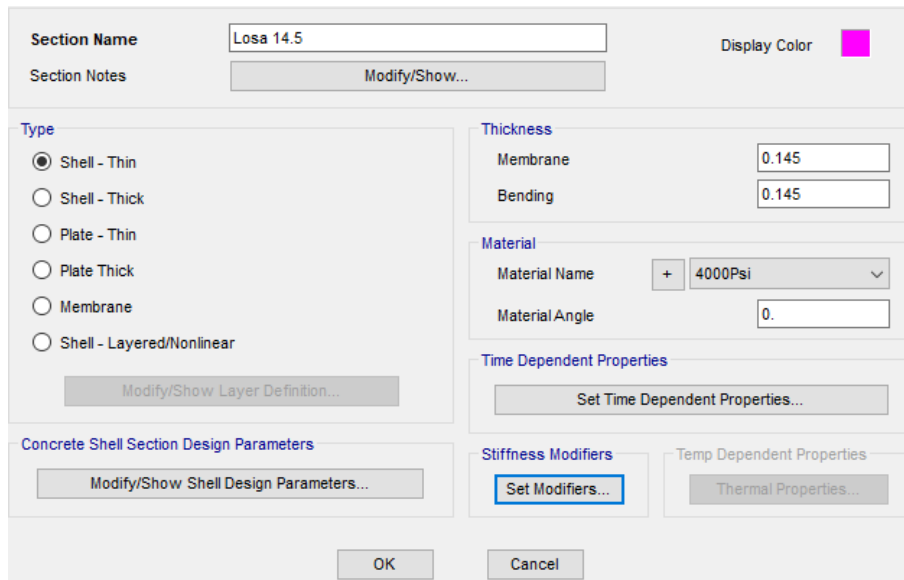


Figura 2.8 Sección de losa en software

Para la losa equivalente correspondiente a los tramos con más longitud en el claro; es decir, la losa nervada de 25 cm de altura; se hizo el mismo análisis, dando como resultado una losa maciza equivalente con altura de 18.06 cm.

2.6.4 Parámetros del software

2.6.4.1 Fuente de masa

Se estableció el 100% de la carga muerta como la fuente de masa para el análisis.

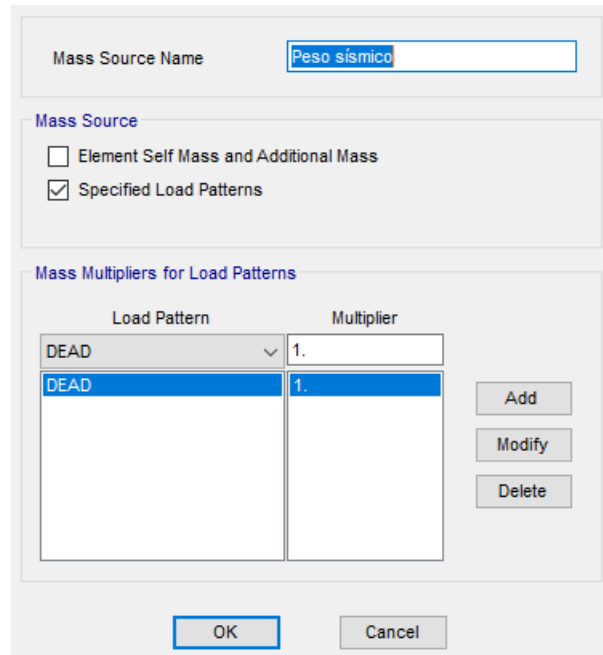


Figura 2.9 Fuente de masa en software

2.6.4.2 Coeficiente sísmico

Se estableció el coeficiente sísmico para ingresar en el programa, en la opción de cargas sísmicas; este coeficiente se obtuvo de la expresión indicada en la norma NEC-SE-DS.

$$C_s = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} \quad (2.13)$$

$$C_s = \frac{1 * 0.864}{8 * 0.9 * 1} = \mathbf{0.12}$$

2.6.4.3 Diafragmas

Se establecieron los diafragmas para que cada entrepiso trabaje como un sólido en planta.

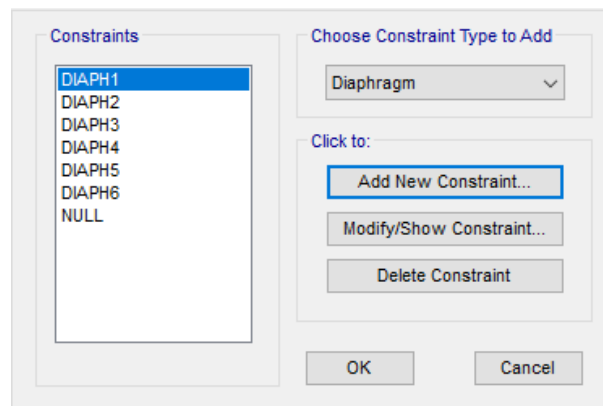


Figura 2.10 Diafragmas en software

2.7 Diseño de elementos estructurales

2.7.1 Diseño de columnas

Para el diseño de las columnas se establecen la carga muerta y viva real proporcionada por el software estructural, luego se determina el acero de refuerzo requerido y se comprueba la capacidad de resistencia con la expresión del ACI.

Columnas de 40 x 35 cm

Carga muerta: $P_D = 50 \text{ Ton}$

Carga viva: $P_L = 17 \text{ Ton}$

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 87.2 \text{ Ton}$$

$$P_U = \phi P_n = 0.80 \phi P_O, \phi = 0.65$$

$$P_O = \frac{P_U}{0.80 \phi} = 167.69 \text{ Ton}$$

$$P_O = 0.85 f'_c (A_g - A_s) + f_y A_s \text{ (ACI)} \quad (2.14)$$

$$A_s = \frac{P_O - 0.85 f'_c A_g}{f_y - 0.85 f'_c} = \frac{167690 - 0.85 * 280 * (40 * 35)}{4200 - 0.85 * 280}$$

$$A_s = -44.27 \text{ cm}^2$$

Según el cálculo precedente, no se requiere acero de refuerzo por compresión; pero por norma, se debe colocar un mínimo de acero, el código ACI indica una cuantía de acero mayor al 1% del área gruesa.

Sea $\rho = 1.1\%$

Entonces:

$$A_s = \rho A_g = 0.011 * 40 * 35 = 15.4 \text{ cm}^2$$

Área de varilla de 18 mm = 2.54 cm²

de varillas:

$$\#v = \frac{A_s}{A_{18}} = \frac{15.4}{2.54} = 6.02$$

→ Se establecen 6 varillas de 18 mm de diámetro para el refuerzo longitudinal.

Comprobación de capacidad de resistencia:

$$\phi P_n = 0.65 * 0.80 * (0.85 f'c (A_g - A_s) + f_y A_s)$$

$$\phi P_n = 0.65 * 0.8 * (0.85 * 280 * (40 * 35 - 2.54 * 6) + 4200 * (2.54 * 6))$$

$$\phi P_n = 204.22 \text{ Ton} > P_U = 87.2 \text{ Ton} \rightarrow \text{OK}$$

Diseño por flexión

Expresión para comprobar la capacidad a flexión:

$$\phi M_n = b d^2 f'c w (1 - 0.59 w), \phi = 0.9 \quad (2.15)$$

Columnas de 35 x 30

Carga muerta: $P_D = 14 \text{ Ton}$

Carga viva: $P_L = 10 \text{ Ton}$

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 22.8 \text{ Ton}$$

Sea $\rho = 1.1\%$

Entonces:

$$A_s = \rho A_g = 0.011 * 35 * 30 = 11.55 \text{ cm}^2$$

Área de varilla de 16 mm = 2.01 cm²

de varillas:

$$\#v = \frac{A_s}{A_{18}} = \frac{11.55}{2.01} = 5.74$$

→ Se establecen 6 varillas de 16 mm de diámetro para el refuerzo longitudinal.

Comprobación de capacidad de resistencia:

$$\phi P_n = 0.65 * 0.80 * (0.85 f'c (A_g - A_s) + f_y A_s)$$

$$\phi P_n = 0.65 * 0.8 * (0.85 * 280 * (35 * 30 - 2.01 * 6) + 4200 * (2.01 * 6))$$

$$\phi P_n = 154.79 \text{ Ton} > P_U = 22.8 \text{ Ton} \rightarrow \text{OK}$$

2.7.2 Diseño de vigas

Para el diseño de las vigas se consideró las combinaciones de cargas para establecer las cargas de diseño por flexión y corte. Los valores de esfuerzos seleccionados corresponden a la envolvente de las combinaciones.

$$U1 = 1.4 D$$

$$U2 = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U3 = 1.2 D + L \pm E$$

$$U4 = 0.9 D \pm E$$

Se utilizaron hojas de cálculo para determinar el acero requerido, el número de varillas, el acero colocado y la comprobación de la capacidad de resistencia de flexión y corte.

2.7.2.1 Diseño a flexión

$$M_n = A_s f_y j d \quad (2.16)$$

Donde, $j \approx 0.9$

Entonces,

$$M_n = 0.9 A_s f_y d$$

$$\phi M_n = 0.9 * 0.9 A_s * 4200 * d$$

$$M_U = 3400 A_s d$$

Expresión para determinar el área de acero requerido:

$$A_s = \frac{M_U}{3400 d} \quad (2.17)$$

$$d \text{ inicial: } d = 35 - 4 - 1 - 2/2 = 29 \text{ cm}$$

Expresión para comprobar la capacidad de resistencia por flexión:

$$\phi M_n = b d^2 f' c w (1 - 0.59 w), \phi = 0.9$$

Acero mínimo:

$$A_s \text{ mín} = 0.0033 * b * d$$

$$A_s \text{ mín} = 0.0033 * 25 * 29.3 = 2.42 \text{ cm}^2$$

2.7.2.2 Diseño a cortante

Capacidad nominal de corte del hormigón:

$$\phi V_c = \phi 0.53 \lambda \sqrt{f' c} d b \quad (2.18)$$

$$\phi = 0.75; \lambda = 1; d = 29 \text{ cm}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * 1 * \sqrt{280} * 29 * 25 = 4822 \text{ Kg} = 4.82 \text{ Ton}$$

$$0.5 \phi V_c = 2.41 \text{ Ton}$$

Expresión para determinar el cortante de acero de refuerzo requerido:

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \quad (2.19)$$

Expresión para determinar el cortante de acero calculado:

$$V_s = \frac{A_s f_y d}{s} \quad (2.20)$$

Separación Máxima:

$$V_s \leq 0.33\sqrt{f'_c} b d$$

$$V_s \leq 0.33\sqrt{28} * \frac{250 * 299}{10000} = 12.66 \text{ Ton}$$

Tabla 2.7 Separación de estribos (ACI)

V_s	s máximo, mm		
		Viga no preesforzada	Viga preesforzada
$\leq 0.33\sqrt{f'_c} b_w d$	El menor de:	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0.33\sqrt{f'_c} b_w d$	El menor de:	$d/4$	$3h/8$
		300	

$d/2 = 29/2 = 14.5 \text{ cm} \rightarrow$ se escoge separación de estribos de 15 cm

Tabla 2.8 Acero por cortante mínimo (ACI)

	S.I.	m.k.s.
Av/s mín	$0.062\sqrt{f'_c} * \frac{bw}{f_{yt}}$	$0.2\sqrt{f'_c} * \frac{bw}{f_{yt}}$
EL mayor de:	$0.35 \frac{bw}{f_{yt}}$	$3.5 \frac{bw}{f_{yt}}$

$$0.2\sqrt{f'_c} * \frac{bw}{f_{yt}} = 0.2 * \sqrt{280} * \frac{25}{4200} = 0.020$$

$$3.5 \frac{bw}{f_{yt}} = 3.5 * \frac{25}{4200} = 0.021 \rightarrow \text{controla}$$

Refuerzo por corte con dos ramales de estribo, con varillas de 10 mm:

$$A_v = \frac{\pi * 1^2}{4} * 2 = 1.57 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{1.57}{15} = 0.1 \rightarrow OK$$

2.7.3 Diseño de losa

Con el predimensionamiento de las losas, se determina las cargas muertas por el peso propio con hojas de cálculo, luego se determina el área de acero requerida en cada dirección, con la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 * 0.9 * f_y * d} \quad (2.21)$$

Para el acero de refuerzo mínimo en el inferior de la losa, se debe escoger el valor mayor entre:

$$A_s = \frac{0.37 \sqrt{f'_c} b_w d}{f_y} \quad (2.22)$$

$$A_s = \frac{2.1 b_w d}{f_y}$$

Para la capacidad de corte, se usa la siguiente expresión:

$$V_u \leq 0.22 \sqrt{f'_c} b d \quad (2.23)$$

2.7.4 Diseño de escalera

De acuerdo con la configuración arquitectónica se usó una escalera tipo "U", con 19 escalones que llegan a la losa de primer piso y 4 semi descansos.

Se estableció huellas de 30 cm, contrahuellas de 18 cm y se comprobó con la ecuación de Neufert la cual cumple un criterio de comodidad para el usuario que transita, la ecuación es la siguiente:

$$2C + H = [60 \text{ a } 66 \text{ cm}] \quad (2.24)$$

donde:

H: Huella

C: Contrahuella

$$2(18) + (30) = [66 \text{ cm}] \quad \checkmark\checkmark$$

Se determinó el espesor “t” de la losa de escalera con un factor entre 4 y 5 multiplicado por la longitud del tramo más largo de los escalones, en este caso la longitud horizontal de los escalones es de 2,70 m, por lo que: $[4 * 2,7 = 10,8 \text{ cm}]$ y $[5 * 2,7 = 13,5 \text{ cm}]$. El libro de Fernández Chea indica también que el espesor de losa debe estar entre 3 y 5 cm por cada metro de longitud entre apoyos. Se ha tomado un espesor de losa de 15 centímetros.

El análisis de cargas se realiza en los descansos y escalones por metro lineal como una viga simplemente apoyada, de acuerdo con la NEC 2015, según el uso y tipo de edificación la carga viva para un lugar residencial es de 200 Kg/m². Para las cargas muertas se consideran el peso propio de los escalones, descansos, instalaciones y algún tipo de sobrecarga.

De esta manera se procede a calcular el peso propio de la porción de losa de escalera y el escalón.

El ancho del escalón es de 130 cm, como habíamos mencionado la altura del escalón o contrahuella es de 18 cm.

$$W_{pp \text{ losa}} = 2400[\text{Kg}/\text{m}^3] * 1,3[\text{m}] * 0,18[\text{m}] = 561,6[\text{Kg}/\text{m}]$$

Se determina el volumen del escalón para obtener el peso de cada escalón. La ecuación se divide para la luz del tramo más largo de la escalera, en este caso es una escalera tipo U, simétrica con longitud de 3,95 m.

$$W_{escalon} = (\text{Peso escalón} * \#\text{escalón})/\text{Luz tramo}$$
$$W_{escalon} = (84,24[\text{Kg}] * 9)/3,95[\text{m}] = 191,94[\text{Kg}/\text{m}]$$

Con estos valores y una estimación de cargas para los acabados, se determina la carga última que soportará la escalera. Mediante la ecuación de momentos para una viga simplemente apoyada se determina los momentos positivos y negativos, para luego

obtener el acero requerido. En su defecto si es un valor muy bajo, se determina un acero mínimo y la separación de varillas.

2.8 Diseño de la cimentación

El estudio de suelos dispuesto para este proyecto indica un mejoramiento del suelo, con material granular compactado con un espesor de 80 por debajo del nivel de desplante de 1 metro de profundidad. Por debajo del espesor de material granular también se mejora la calidad del suelo, con un espesor de 80 cm de piedra bola.

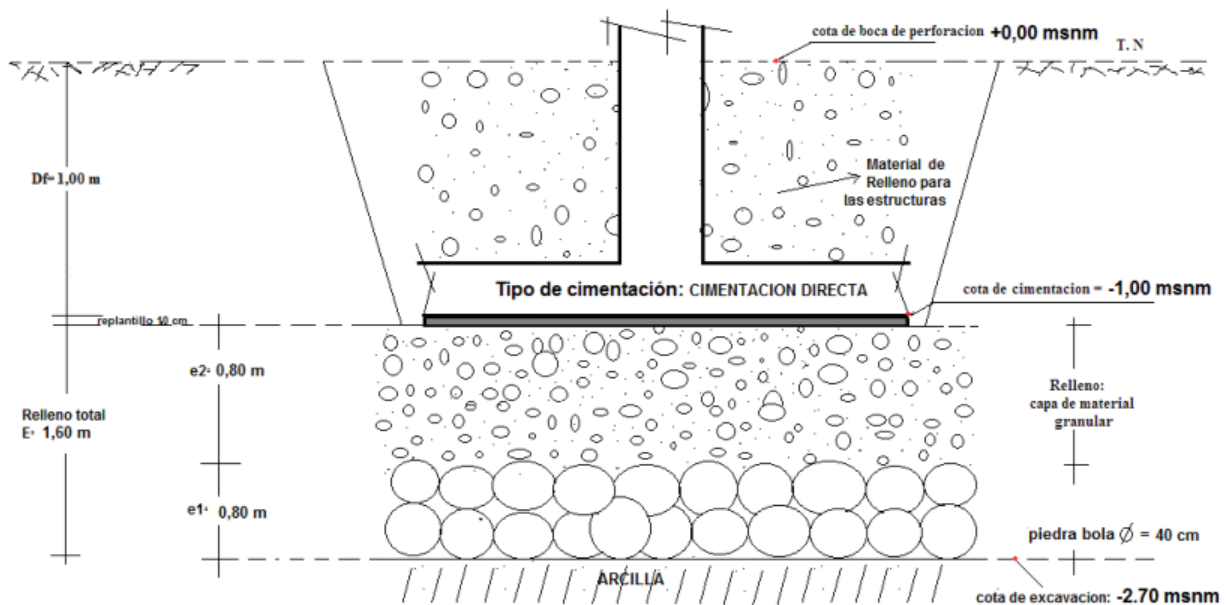


Figura 2.11 Esquema de cimentación (Estudio de suelo)

PROF. m.	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	ESTRATIGRAFIA A	NAF	MUESTRA		CLASIF. SUCS	
					#	PROFUNDIDAD		
0	0,20 0,43	Hormigon e= 0,20 m Arcilla café						
	0,70	Grava café						
1	0.95	Arcilla color gris, consistencia muy blanda.				1	0,70-1,00	CH
		Arcilla color café, consistencia blanda, con el 43,15% de humedad natural.						
2	2.36	Arena arcillosa, color café, compacidad relativa firme, con el 33,33% de humedad natural.				2	1,50-2,00	CH
		Arena color café, compacidad relativa muy firme, con el 28,06% de humedad natural.						
3						3	2,50-3,00	SC
4	4.50					4	4,00-4,50	SM
5		Limo arenoso café, consistencia muy firme, con el 32,60% de humedad natural.						
6						5	5,50-6,00	ML
7	7.50	Limo arenoso de color gris, consistencia dura, con el 31,17% de humedad natural.				6	7,00-7,50	ML
8		Arcilla limosa color gris, consistencia firme, con el 25,18% de humedad natural.						
9						7	8,50-9,00	CL
10		Arcilla limosa de color gris, consistencia media, con el 47,99% de humedad natural.						
						8	10,00-10,50	CL
11		Arcilla de color gris, consistencia blanda, con el 58,62% de humedad natural.						
12	12.00					9	11,50-12,00	CH

Figura 2.12 Descripción de la perforación (Estudio de Suelo)

2.8.1 Capacidad de carga del suelo

La capacidad portante del suelo se la determinó con la ecuación general de capacidad de carga. La cimentación es una zapata corrida con ancho $B = 1.2$ m.

$$q_{ult} = c' N_c S_c d_c + \sigma'_{zD} N_q S_q d_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma \quad (2.25)$$

Parámetros de diseño:

$$B = 1.2 \text{ m}$$

$$L = 5.32 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$NF = -1.4 \text{ m}$$

$$H1 = 1.7 \text{ m}$$

$$H2 = 1.8 \text{ m}$$

$$\gamma_1 = 3.1 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_2 = 1.83 \text{ ton/m}^2$$

$$C'_1 = 0$$

$$C'_2 = 0$$

$$\phi_1 = 30^\circ$$

$$\phi_2 = 21^\circ$$

Promedios ponderados de densidad, ángulo de fricción y cohesión:

$$\gamma = \frac{3.1 * 1.7 + 1.83 * 1.8}{1.7 + 1.8} = 2.45 \text{ ton/m}^3$$

$$\phi = \frac{30^\circ * 1.7 + 21^\circ * 1.8}{1.7 + 1.8} = 25.37^\circ$$

$$c' = 0$$

Factores de carga (Meyerhof):

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) * e^{\pi \tan(\phi)} = 11.09$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot(\phi) = 21.28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) = 7.20$$

Factores de forma (Meyerhof):

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \tan^2(45 + \phi/2) = 1.09$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B}{L} \tan^2(45 + \phi/2) = 1.04$$

Factores de profundidad (Meyerhof):

$$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{\tan^2(45 + \phi/2)} = 1.71$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{\tan^2(45 + \phi/2)} = 1.49$$

Esfuerzo efectivo:

$$\sigma'_{zD} = 1.7 * 1 = 1.7 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma = \frac{2.45 * 0.4 + (2.45 - 1) * 3.1}{0.4 + 3.1} = 1.56 \text{ ton/m}^3$$

Capacidad de carga al nivel -4.5

$$q_{ult} = c' N_c S_c d_c + \sigma'_{zD} N_q S_q d_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

$$q_{ult} = 0 + 1.7 * 11.09 * 1.04 * 1.49 + 0.5 * 1.56 * 1.2 * 7.20 * 1.04 * 1.49$$

$$q_{ult} = 39.66 \text{ ton/m}^2$$

Capacidad admisible, con factor de seguridad de 3:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} = 13.22 \text{ ton/m}^2$$

Carga de cimentación o esfuerzo de contacto:

$$q = \frac{P/b + W_F}{B} - U_D \quad (2.26)$$

Datos:

$$B = 1.2 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$NF = -1.4 \text{ m}$$

$$P = 67 \text{ ton}$$

$$b = 5.32 \text{ m (caso más desfavorable)}$$

Cálculo de W_F :

$$W_F = W_{F1} + W_{F2}$$

$$W_{F1} = \left(0.8 * 0.35 + \frac{2(0.4 + 0.3)}{2} * 0.425 \right) * 2.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 1.386 \text{ ton/m}$$

$$W_{F2} = \left(1.2 * 1 - \left(0.8 * 0.35 + \frac{2(0.4 + 0.3)}{2} * 0.425 \right) \right) * 1.7 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 1.058 \text{ ton/m}$$

$$W_F = 1.386 + 1.058 = 2.444 \text{ ton/m}$$

Cálculo de esfuerzo de contacto q:

$$q = \frac{\frac{67}{5.32} + 2.444}{1.2} - 0$$

$$q = 12.53 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 13.22 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{ok}$$

2.8.2 Asentamientos

2.8.2.1 Asentamiento elástico

Asentamientos por compresión o compactación

Estrato arenoso

Método de Schmertmann

$$S_e = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum \frac{I_z}{E_s} \Delta z \quad (2.27)$$

$$C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{q'}{q - q'} \right) = 1 - 0.5 \left(\frac{1.7 * 1}{12.53 - (1.7 * 1)} \right) = 0.92$$

$$C_2 = 1 + 0.2 \log \left(\frac{10}{0.1} \right) = 1.4$$

$$E_s = \beta_0 \sqrt{OCR} + \beta_1 N_{60}$$

$$\beta_0 = 255.1 \text{ Ton/m}^2$$

$$\beta_1 = 61.22 \text{ Ton/m}^2$$

$$OCR = 1$$

N60:

Estrato 1: 30

Estrato 2: 17

Estrato 3: 23

Estrato 4: 21

Estrato 5: 36

$$E_{s4} = 255.1 * \sqrt{1} + 61.22 * 30 = 2091.70 \text{ Ton/m}^2$$

$$E_{s1} = 255.1 * \sqrt{1} + 61.22 * 17 = 1295.84 \text{ Ton/m}^2$$

$$E_{s2} = 255.1 * \sqrt{1} + 61.22 * 23 = 1663.16 \text{ Ton/m}^2$$

$$E_{s3} = 255.1 * \sqrt{1} + 61.22 * 21 = 1540.72 \text{ Ton/m}^2$$

$$E_{s4} = 255.1 * \sqrt{1} + 61.22 * 36 = 2459.02 \text{ Ton/m}^2$$

Tabla 2.9 Cálculos de asentamiento (Schmertmann)

Capa	Δz (m)	Es (Ton/m ²)	z mitad de estrato (m)	lz mitad de estrato	(lz/Es) Δz [m ³ /Ton]
1	1.7	2091.70	0.85	0.45	3.66x10 ⁻⁴
2	0.3	1295.84	1.85	0.32	7.41x10 ⁻⁵
3	1.5	1663.16	2.75	0.16	1.44x10 ⁻⁴
4	1.5	1540.72	4.25	0	0
5	1.5	2459.02	5.75	0	0
suma	4.8				5.84x10⁻⁴

$$S_e = 0.92 * 1.4 * (12.53 - 1.7) * (5.84x10^{-4}) = 0.0081 \text{ m} = \mathbf{0.81 \text{ cm}}$$

Estrato arcilloso

Método de Jambu et al

$$\delta = I_0 I_1 \frac{q B}{E_s} (1 - \mu^2) \quad (2.28)$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$I_0 = 0.93$$

$$I_1 = 1.05$$

$$E_s = 700 \text{ ton/m}^2$$

$$\mu = 0.4$$

$$\delta = 0.93 * 1.05 * \frac{12.53 * 1.2}{700} * (1 - 0.4^2) = 0.0176 \text{ m} = \mathbf{1.76 \text{ cm}}$$

Asentamiento elástico: 0.81 + 1.76 = 2.57 cm

2.8.2.2 Asentamiento por consolidación

$$D = 1 \text{ m}$$

$$h = 8.75 \text{ m}$$

$$NF = -1.4 \text{ m}$$

$$\sigma'_{vo} = \sigma'_c = 11.18 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{vo} &= 1.7 * 1 + 3.1 * 0.4 + (3.1 - 1) * 1.3 + (1.83 - 1) * 1.8 + (1.76 - 1) * 1.5 \\ &\quad + (1.82 - 1) * 1.5 + (1.73 - 1) * 2.25 = 11.18 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Para el incremento de esfuerzo se emplea un gráfico en función de las dimensiones de la cimentación y de la profundidad de análisis.

$$m = \frac{B}{z} = \frac{1.2}{8.75} = 0.14$$

$$n = \frac{L}{z} = \frac{5.32}{8.75} = 0.61$$

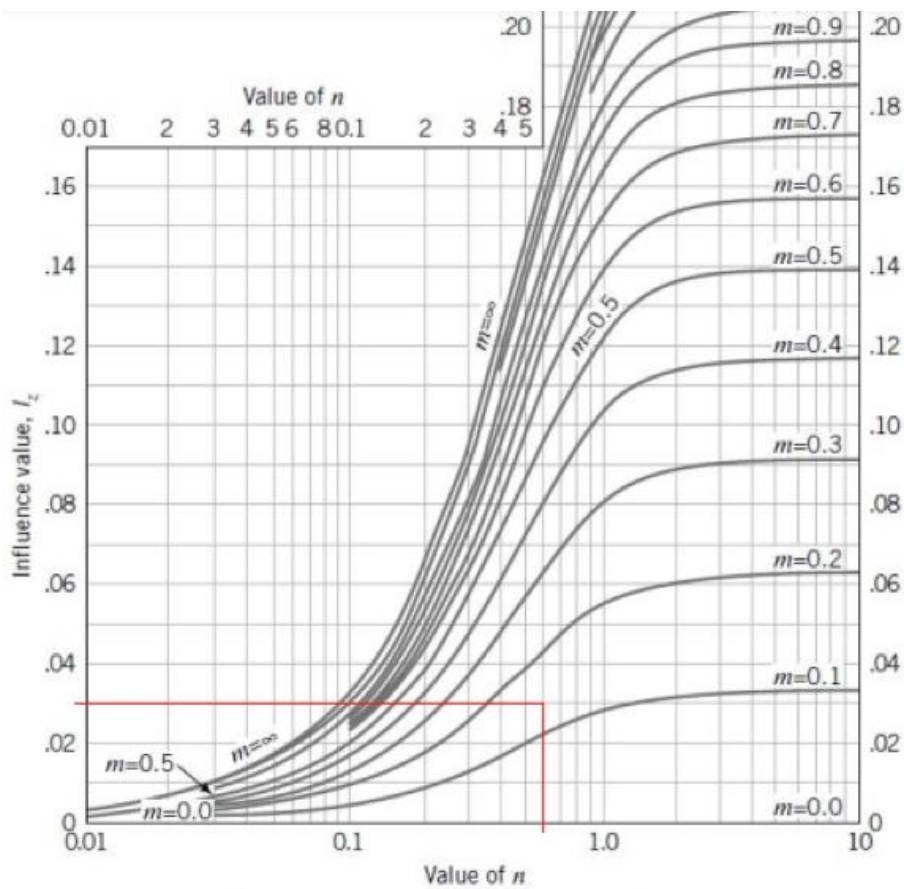


Figura 2.13 Coeficiente para incremento de esfuerzos

$$I = 0.03$$

$$\Delta\sigma'_v = I * q = 0.03 * 12.53 = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_{vf} = 11.18 + 0.38 = 11.56$$

$$\delta = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{\sigma'_{vf}}{\sigma'_{vo}} \quad (2.29)$$

$$C_c = 0.009(LL - 10) = 0.009 * (49.67 - 10) = 0.36$$

$$e_0 = 1.13$$

$$\delta = \frac{0.36}{1 + 1.13} * 450 * \log \frac{11.56}{11.18} = \mathbf{1.10 \text{ cm}}$$

Asentamiento total: 2.57 + 1.10 = 3.67 cm < 5 cm → Ok

2.9 Diseño Hidrosanitario

Para alcanzar las expectativas en el presente proyecto, todos los criterios de diseño se basan en dos códigos estándar. El primer código al que nos referimos es el código nacional, NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) versión 2011, capítulo 16. Confiamos en su experiencia para tomar decisiones técnicas sobre demanda de agua, diámetros, materiales, valores mínimos de presión, etc. junto con cualquier otro requisito estándar en el territorio nacional.

También nos referimos al código internacional de plomería (IPC) en la versión 2018 como un documento internacional para complementar el código nacional que podríamos encontrar durante el proceso de diseño. Este documento internacional también se utiliza para comparar los valores mínimos y máximos propuestos por el código nacional y así cumplir con las especificaciones de alto estándar para el presente proyecto.

2.9.1 Diseño de instalaciones de agua potable (AAPP)

El agua potable para consumo del edificio será suministrada por la red pública de distribución de agua potable de Machala. El agua se almacena en una cisterna y luego se transporta hacia un tanque elevado mediante una bomba hidráulica, luego se distribuye por medio de gravedad a los diferentes puntos del edificio.

Tabla 2.10 Dotaciones de agua potable (NEC 2011)

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil /día	40 a 60
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil /día	15 a 30

Para este proyecto se escogió una dotación de 300 L/hab/d para los departamentos, y de 80 L/hab/d para las oficinas.

Tabla 2.11 Presiones recomendadas para aparatos sanitarios (NEC 2011)

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

2.9.1.1 Capacidad de la cisterna y el tanque elevado

Se diseñó la capacidad de almacenamiento de agua en función de las dotaciones y el tiempo de reserva, en este es de 24 horas.

Tabla 2.12 Almacenamiento de agua potable

Piso	Uso	Dotación [L/hab/d]	Personas	Días de reserva	Consumo [L]	Volumen [L]
1	Oficinas	80	28	2	2240	4480

2	Oficinas	80	28	2	2240	4480
3	Departamentos	300	9	2	2700	5400
4	Departamentos	300	9	2	2700	5400
Almacenamiento [L]						19760

La demanda de agua requerida de todo el edificio es de 19.76 m³, pero se estableció un volumen de 20 m³ con 2 días de reserva, para las situaciones en que se produzca un corte por mantenimiento u otros motivos en la red pública de distribución de agua potable.

El autor Rafael Pérez C, recomienda proporcionar el volumen total demandado entre un 60 y 70% para la cisterna y el 40 o 30% restante en el tanque elevado, en este caso, se estableció una capacidad del 70% para la cisterna que corresponde a 14 m³, y el 30% restante para el tanque elevado que corresponde a 6 m³.

Tabla 2.13 Dimensiones de la cisterna

Dimensiones	Altura [m]	Ancho [m]	Largo [m]	∇ (m ³)
	1.6	2.5	3.5	14.0
Cisterna	1.9	2.5	3.5	16.625

Tabla 2.14 Dimensiones del tanque elevado

Dimensiones	Altura [m]	Ancho [m]	Largo [m]	∇ (m ³)
	1.5	2.0	2.0	6.0
Tanque	1.8	2.0	2.0	7.2

El volumen de la cisterna es de 16.625 m³, considerando 30 cm de espacio libre para aireación. El volumen del tanque elevado es de 7.2 m³, incluyendo 30 cm de espaciamento libre para aireación.

Diámetro de la tubería desde la bomba hacia el tanque elevado

El diámetro de la tubería que va hacia el tanque elevado se dimensionó en función de la capacidad de reserva de agua del tanque, y del tiempo de llenado. La velocidad del flujo del agua recomendada por la norma NEC 2011 es de entre 0.6 y 2.5 m/s.

Volumen: $V = 6\text{ m}^3$

Tiempo de llenado: $t = 3 \text{ horas} = 10800 \text{ s}$

Velocidad de flujo: $v = 1.5 \text{ m/s}$

$$A = \frac{Q}{v} \quad (2.30)$$

$$A = \frac{6/10800}{1.5} = 0.00037 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (2.31)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.00037}{\pi}} = 0.0217 \text{ m} = 21.7 \text{ mm}$$

Tabla 2.15 Especificaciones de tuberías de AAPP (Fabricante)

Diámetro	CÓD.	Diám. exterior	Espesor	Diám. interior	Presión de trabajo		
		mm	mm	mm	psi	MPa	kg/cm ²
½	926092	21.34	3.73	13.88	420	2.90	29.5
¾	926094	26.67	3.91	18.85	340	2.34	23.9
1	926091	33.40	4.55	24.30	320	2.21	22.5
1 ¼	926090	42.16	4.85	32.46	260	1.79	18.3
1 ½	926089	48.26	5.08	38.10	240	1.65	16.9
2	926093	60.32	5.54	49.24	200	1.38	14.1

Se escogió un diámetro de tubería de 1 pulgada, según las especificaciones de tuberías de un fabricante.

2.9.1.2 Dimensionamiento de las tuberías de suministro de AAPP

Los diámetros de las tuberías de distribución de agua potable se diseñaron en base al método de distribución por gravedad del autor Rafael Pérez C. Este método considera unidades de suministro de cada salida (llave) de agua, también las pérdidas por fricción y accesorios.

El cálculo considera un recorrido de tubería, desde la pieza sanitaria más crítica, hasta el tanque elevado; en este caso, la pieza crítica o más desfavorable es la ducha del

cuarto máster de un departamento del piso 4. El autor Rafael Pérez recomienda una presión mínima de 2 m.c.a. (metro de columna de agua) para piezas sanitarias, para esta ducha se consideró 2 unidades de suministro.

A la unidad de suministro preliminar se debe multiplicar por un coeficiente de simultaneidad que depende del número de salidas que existen en un determinado punto de análisis. Según las unidades de suministro resultantes, se propone un diámetro de tubería basado en las tablas de Flamant (Adjuntas en Anexos) y cumpliendo con el criterio de velocidad mínima.

Tabla 2.16 Unidades de suministro para piezas sanitarias (Pérez C. Rafael, 2010)

Aparatos	Público			Privado		
	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total
Ducha o tina	2.00	2.00	4.00	1.50	1.50	2.00
Bidé o lavamanos				1.00	1.00	2.00
Lavaplatos				1.50	1.50	2.00
Lavaplato eléctrico	3.00	3.00	6.00	2.00	2.00	3.00
Lavadora	2.00	2.00	4.00	2.00	1.00	3.00
Inodoro con Fluxometro	10.00		10.00	6.00		6.00
Inodoro de tanque	5.00		5.00	3.00		3.00
Orinal de fluxometro	10.00		10.00			
Orinal de llave	2.00		2.00			
Lavamanos de llave	4.00		4.00			
Fregadero uso hotel	4.00		4.00	1.0		1.0
Lavadero				2.0		2.0

Tabla 2.17 Coeficientes de simultaneidad (Pérez C. Rafael, 2010)

S	K ₁	S	K ₁	S	K ₁
1	1,00	9	0,35	17	0,25
2	1,00	10	0,33	18	0,24
3	0,71	11	0,32	19	0,24
4	0,58	12	0,30	20	0,23
5	0,50	13	0,29	21	0,22
6	0,45	14	0,28	22	0,22
7	0,40	15	0,27	23	0,21
8	0,38	16	0,26	24	0,21

Tabla 2.18 Parámetros para cálculo de la sección 1-2

Unidades	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Hv [m]	j [m/m]	Diámetro [plg]	L-H [m]	L-V [m]
2	0.13	1.03	0.05	0.098	1/2	3.28	2

Donde:

Hv: pérdida de presión de cabeza

j: coeficiente de pérdidas por fricción

L-H: Longitud horizontal

L-V: longitud vertical

El siguiente paso es determinar las longitudes equivalentes de los accesorios, para ello, se ha aplicado la expresión de la NEC 2011, Cap. 16.

$$L_e = \left(A * \left(\frac{d}{25.4} \right) \pm B \right) * \left(\frac{120}{C} \right)^{1.8519} \quad (2.32)$$

Donde:

L_e : longitud equivalente, en metros.

A, B: factores que dependen del tipo de accesorio.

d: diámetro interior, en mm.

C: coeficiente que depende del material de la tubería (150 para plásticos)

Tabla 2.19 Longitud equivalente, sección 1-2

Accesorio	#	Long. equ. [m]
Codo 90° ½	3	0.91
Tee reducción ¾ a ½	1	0.50
Total		1.41

Sí pues; la longitud total es igual a la suma de las longitudes horizontales, verticales y equivalentes.

$$L_T = LH + LV + L_e = 3.28 + 2 + 1.41$$

La pérdida de presión en la sección 1-2 es igual al producto de la longitud total por el coeficiente de pérdida por fricción, más la altura, más la pérdida de presión de cabeza.

El proceso continúa hasta el punto de conexión con la bajante.

Tabla 2.20 Resumen del recorrido hidráulico

Descripción	Sección	Unidades		Caudal L/s	Velocidad m/s	hv m
		Acum.	Total			
Ducha						
Tee	1-2	2	2	0.13	1.03	0.05
Baño 2	2-3	1	3	0.19	0.67	0.02
Tee Cocina	3-4	1	4	0.19	0.67	0.02
Baño 1	4-5	1	5	0.19	0.67	0.02
Tramo	5-6	0	5	0.25	0.5	0.01
Lavandería	6-7	1	6	0.32	1.12	0.06
Tramo 2	7-8	0	6	0.38	0.75	0.03
Medidor (salida)	-	7	7	0.38	3	0.46
Medidor	8-9	7	7	0.38	3	0
Medidor (entrada)	-	7	7	0.38	3	0.46
Tramo a bajante	9-10	0	6	0.38	0.75	0.03

Continuación de la tabla

j m/m	d plg	Longitud de tuberías [m]				J m	Presión m.c.a.
		Horiz.	Vert.	Accesorio	Total		
							2
0.098	1/2	1.62	2	1.4090	5.0290	0.49	4.54
0.028	3/4	3.09	0	2.4823	5.5723	0.16	4.72
0.028	3/4	7.56	0	1.1742	8.7342	0.24	4.98
0.028	3/4	2.92	2	4.7215	9.6415	0.27	7.27
0.012	1	5.31	0	1.2767	6.5867	0.08	7.36
0.069	3/4	8.26	0	1.8026	10.0626	0.69	8.12
0.024	1	3.55	0	0.9526	4.5026	0.11	8.25
0.640	1/2	1	0	0.3	1.3	0.83	9.55
	1/2	0	0	0	0	2.00	11.55
0.640	1/2	1	0	0	1	0.64	12.65
0.024	1	1.32	0	0.9526	2.2726	0.05	12.73

Dimensionamiento de la bajante

La altura del tanque elevado respecto al piso 4 y la bajante se dimensionaron con la expresión propuesta por el autor Rafael Pérez:

$$V = \frac{P + H_v + j(LH + A_{cc})}{1 - j} \quad (2.33)$$

Las unidades de suministro de todo el edificio son 44, se puede usar dos bajantes de 1 plg o una bajante de 2 plg, en este caso, se estableció una bajante de 2 plg de diámetro.

Tabla 2.21 Altura relativa del tanque y diámetro de la bajante

Unidades	Q [L/s]	v [m/s]	Hv [m]	j [m/m]	d [plg]	LH [m]	LV [m]	Le [m]	LT [m]	J [m]	V [m]
44	1.89	0.93	0.04	0.018	2	0.3	12.73	0.86	13.89	0.25	13.03

La altura del tanque elevado resultó muy alta, por lo que, se propone colocar algún dispositivo para aumentar la presión de suministro para que el agua llegue a la pieza más crítica o desfavorable y así reducir la altura del tanque elevado al nivel indicado en los planos arquitectónicos que se encuentran en Anexos, dicha altura del tanque respecto al piso 4 es de 6.48 metros.

Características del bombeo hacia el tanque elevado

Para el bombeo es necesario determinar las características de la bomba, como la potencia y la altura a la que debe transportar el agua. La altura requerida se conoce como TDH (altura dinámica total) y es la suma de la altura de impulsión y succión. Para la altura de impulsión se consideró el caudal de 0.56 L/s para el llenado del tanque en 3 horas, el luego usamos parámetros hidráulicos de las tablas de Flamant asociados a ese caudal. El Autor Rafael Pérez recomienda un rango de velocidades para succión de entre 0.6 y 0.9 m/s, en este caso se estableció una velocidad de impulsión de 0.87 m/s para usar los parámetros hidráulicos de la tabla de Flamant (1 plg).

Tabla 2.22 Resumen del cálculo de impulsión

	U	Q	v	hv	j	d	Longitudes de tuberías [m]				J	Presión
		L/s	m/s	m	m/m	plg	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m	mca
Tanque												2
Bombeo	12	0.57	1.12	0.06	0.048	1	4.2	18.90	2.38	25.48	1.22	22.18

Tabla 2.23 Resumen del cálculo de succión

	U	Q	v	hv	j	d	Longitudes de tuberías				J	Presión
		L/s	m/s	m	m/m	ln	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m	mca
Succión	8	0.44	0.87	0.04	0.031	1	8	2.2	2.38	12.58	0.39	2.63

Al valor de la altura de succión se le restó 1.6 m que corresponde a la altura hidrostática en la cisterna. Finalmente, se calculó la TDH:

$$TDH = H_i + H_p - 1.6 = 22.18 + 2.63 - 1.6 = 23.21 \text{ m} \rightarrow \text{se escoge } 25$$

La potencia mínima requerida por la bomba es de:

$$P = \frac{\gamma TDH Q}{76 n} \quad (2.34)$$

Donde:

γ es el peso específico del agua

n es la eficiencia de la bomba

Así pues:

$$P = \frac{1 * 25 * 0.44}{76 * 0.60} = 0.24 \text{ HP}$$

Se recomienda colocar dos módulos de bomba, para los casos de daños y mantenimiento, con una potencia mínima de ¼ HP y para una altura de 25 metros.

2.9.2 Diseño de instalaciones de aguas residuales (AASS)

La descarga de agua se considera en dos secciones diferentes: sistema de drenaje sanitario y sistema de aguas pluviales.

El agua de drenaje se evacuará del edificio mediante una combinación de tuberías verticales, conocidas como bajantes y tubos horizontales llamados colectores; Además de contar con un sistema de tuberías para la ventilación de gases generados. Cada elemento se describirá en las siguientes secciones.

2.9.2.1 Diámetro de bajantes

Para estimar el diámetro de la bajante, es importante determinar las Unidades de Descarga Hidráulica (UEH) que representan cada pieza sanitaria implementada en el edificio. La siguiente tabla proporcionada por el IPC 709.1 presenta estos valores, junto con el tamaño mínimo de tubería correspondiente. Es importante considerar a que clase corresponde la edificación, en este proyecto se tendrá departamentos y oficinas, es decir clase 1 y 2 respectivamente.

Tabla 2.24. Unidades de descarga hidráulica para cada pieza sanitaria. IPC, tabla 709.1.

	Clase	D.M.D.	U.E.H.
Water Closet (W.C.)	1	100	3
Water Closet (W.C.)	2	100	5
Water Closet (W.C.)	3	100	6
Lavatorio	1	38	1
Lavatorio	2 y 3	38	2
Baño tina	1	50	3
Baño tina	2 y 3	50	4
Baño Lluvia	1	40	2
Baño Lluvia multiple/ m	2 y 3	50	6
Bidet	1	50	1
Bidet	2 y 4	50	2
Urinario	2 y 3	38	1
Urinario pedestal	2 y 3	75	3
Urinario con tubería perforada / m	2 y 3	75	5
Lavaplatos con y sin lavavajillas	1 y 2	50	3
Lavaplatos restaurante	3	75	8
Lavacopas	1	50	3
Lavacopas	1 y 2	75	8
Lavaderos con o sin lavadoras	1	50	3
Lavaderos con máquinas lavadoras	1 y 2	75	6
Pileta con botagua	1 - 2 y 3	50	3

En la siguiente tabla se hace un resumen de todas las piezas sanitarias que existen dentro de la edificación con las unidades de descarga correspondiente y el diámetro mínimo de descarga recomendado, tomando en cuenta aquellos de diferente clase.

Tabla 2.25. Valores de UEH y diámetros mínimos de descarga.

Accesorios	UEH	DMD
Inodoro C1	3	4"
Ducha	2	3"
Lavamanos C1	1	2"
Lavaplatos	2	2"
Lavandería	6	2"
Inodoro C2	5	4"
Lavamanos C2	2	2"

De la misma manera que determinamos las UEH, cada tamaño de tubería representa un valor máximo que la bajante puede descargar. La siguiente tabla presenta estos valores para algunos diámetros.

Tabla 2.26. UEH máximas para cada tubería según número de pisos de la edificación.

Diámetro de la descarga (mm)	Máximo de U.E.H.	
	En cada piso	En toda la descarga
50	6	24
75	$16/n + 8$	80
100	$120/n + 60$	600
125	$270/n + 135$	1500
150	$480/n + 240$	2800
200	$900/n + 450$	5400
250	$1350/n + 675$	8000
300	$2100/n + 1050$	14000

n representa el número de pisos del edificio.

Se recomienda establecer una altura de unos 2,4 m entre colector y colector en dos pisos sucesivos. En este caso se considera una altura aceptable en un rango entre 2 y 2,8 metros. El diámetro de la tubería vendrá determinado por el valor máximo de UEH a lo largo de toda la bajante.

La tabla a continuación muestra las unidades de descarga hidráulica acumuladas por piso para cada bajante colocada en la edificación, la misma que se tomará para el diseño y estimación del diámetro.

Tabla 2.27. UEH máxima por bajante.

Departamentos	UEH					
	Bajante 1	Bajante 2	Bajante 3	Bajante 4	Bajante 5	Bajante 6
Inodoros		3	3	3	3	
duchas		2	2	2	2	
lavamanos		1	1	1	1	
lavandería	6					6
lavaplatos	2					2
Total por piso	8	6	6	6	6	8
Departamentos						
Total por piso	8	6	6	6	6	8
Oficinas						
Inodoros	5	0	10	5	0	5
lavamanos	2	0	4	2	0	2
Total por piso	7	0	14	7	0	7
Oficinas	0	0	0	0	0	0
TOTAL UEH	23	12	26	19	12	23

La tabla 2.32 muestra la estimación del diámetro de bajante con las UEH acumuladas de todos los pisos de la edificación. El caudal Q (l/s) es tomado de la tabla 5.3 del libro de Rafael Pérez Carmona (RPC), el cuál muestra un caudal en litros sobre segundos calculados para ciertas unidades de descargas comunes.

Para el diseño se tomó un UEH máximo de 35.

Tabla 2.28. Estimación de diámetro de bajante con mayor UEH.

BAJANTE 3					
UEH			Q	DIMENSIÓN	Φ [p g]
Por Piso	Total	MAX	l/s	L [m]	
14	26	35	2,74	11	4

Tabla 2.29. Caudales según unidades de descarga. RPC. Tabla 5.3

Unidades	Caudal		
	gal/min	l/min	l/s
10	27,0	102,0	1,69
12	28,6	108,3	1,81
14	30,5	114,3	1,91
16	31,8	120,4	1,99
18	33,4	126,0	2,09
20	35,0	132,5	2,19
25	38,0	143,8	2,38
30	41,0	155,2	2,56
35	43,8	165,8	2,74
40	46,5	176,0	2,91
45	49,0	185,5	3,06
50	51,5	195,0	3,22
60	55,0	208,2	3,44
70	58,5	221,4	3,66

2.9.2.2 Diámetro de ramas horizontales

Para los ramales horizontales que salen directamente de las piezas sanitarias, es importante considerar la pendiente de cada segmento. Cada accesorio debe tener una trampa tipo p como parte del ramal. La pendiente debe estar entre 1% y 4%, se considera un mínimo de 0.5% cuando se conectan al colector un máximo de dos piezas. La pendiente también tiene un impacto en el máximo valor de UEH. La siguiente tabla representa la variación de UEH según la pendiente.

Tabla 2.30. Valores máximos de UEH según la pendiente.

Diámetro de Tuberías (mm)	Máximo de U.E.H. instaladas			
	I = 1%	I = 2%	I = 3%	I = 4%
Tubería Principal				
75	90	125	150	180
100	450	630	780	900
125	850	1200	1430	1700
150	1350	1900	2300	2700
175	2100	2900	3500	4150
200	2800	3900	4750	5600
250	4900	6800	8300	9800
300	8000	11200	13600	16800
Tubería Secundaria				
32	1	2	3	3
38	3	5	6	7
50	6	21	23	26
75	36	42	47	50
100	180	216	230	250
125	400	480	520	560
150	600	790	870	940
175	1130	1350	1470	1580
200	1600	1920	2080	2240
250	2700	3240	3520	3780
300	4200	5000	5500	6000

Una vez que se determinan el tamaño de la tubería y la pendiente, es importante restringir algunas características del flujo. La velocidad del flujo debe oscilar entre 0,6 y 2,5 m/s, y la profundidad del agua no debe superar el 75% del diámetro total de la tubería. Otra consideración importante es la ubicación de las cajas de inspección dentro del perímetro del edificio. Estas cajas de inspección no deben estar separadas más de 30 m entre sí. El propósito de las cajas de inspección es realizar trabajos de mantenimiento en el sistema sanitario.

Tabla 2.31. Comprobación de diámetro y pendiente del colector horizontal hacia bajante.

UEH		Q _o	Φ [plg]	S %	Q	V _o m/s Ok [0,6-2,5]	Q _o /Q OK < 75%
TOTAL	MAX						
14	16	1,99	4	0,8	6,96	0,86	0,29

Tabla 2.32. Comprobación de diámetro y pendiente de colector horizontal en pozos de inspección.

UEH		Q _o	Φ [plg]	S %	Q	V _o m/s Ok [0,6-2,5]	Q _o /Q OK < 75%
TOTAL	MAX						
66	70	3,66	4	1	7,78	0,96	0,47

2.9.2.3 Tuberías de ventilación

El diseño de las tuberías de ventilación se basa en el diámetro de descarga del dispositivo de drenaje. El diámetro no debe ser menor que la mitad del diámetro de la

tubería de drenaje. Además, cada pieza sanitaria tendrá su sistema de tubería de ventilación. Cuando la descarga de la tubería de ventilación es superior a 13 o 12 metros de largo, se debe aumentar el diámetro de la tubería de ventilación, en este caso la tubería de ventilación se ubicará en la misma bajante proyectándose hacia la parte superior de la terraza, y dirigiéndose por la pared.

2.9.3 Diseño de instalaciones de aguas lluvias (AALL)

El agua de lluvia se recogerá por la terraza del edificio. Esta agua será descargada del edificio por bajantes y sumideros con tuberías horizontales, para optimizar el drenaje del agua. Cada elemento se describirá en las siguientes secciones.

2.9.3.1 Diámetro de bajantes

Para determinar el diámetro de las bajantes, es necesario determinar primero la intensidad de precipitación y el área de terraza o el área proyectada en caso de cubiertas con pendientes. Podemos establecer un diámetro de bajante según la siguiente tabla:

Tabla 2.33. Proyección horizontal de área servida en m². RPC Tabla 5.48.

Ø"	Intensidad de la lluvia en mm/h					
	50	75	100	125	150	200
2	130	85	65	50	40	30
2.5	240	160	120	95	80	60
3	400	270	200	160	135	100
4	850	570	425	340	285	210
5	1.570	1.050	800	640	535	400
6	2.450	1.650	1.200	980	835	625
8	5.300	3.500	2.600	2.120	1.760	1.300
C	0.0139	0.0208	0.0278	0.0347	0.0417	0.0556

C es el caudal unitario correspondiente al área, en L / s / m².

En la siguiente tabla se estima el diámetro de la bajante de acuerdo con el área servida que puede drenar. Las áreas fueron previamente calculadas en función del diseño y ubicación de las bajantes en la terraza. Machala registra datos de intensidad de lluvia de 116 mm/h, por lo que se tomó para el diseño una intensidad de 125 mm/h.

Tabla 2.34. Estimación de diámetro para bajantes.

Bajante	Área [m2]	Diámetro Φ	A max	Q lt/s	Φ colocado
1	34,15	3"	160	1,19	4"

2	42,00	3"	160	1,46	4"
3	15,39	3"	160	0,53	4"
4	19,64	3"	160	0,68	4"
5	19,24	3"	160	0,67	4"
6	18,63	3"	160	0,65	4"
7	25,07	3"	160	0,87	4"
8	51,62	3"	160	1,79	4"

2.9.3.2 Colectores horizontales

Para determinar el diámetro de los colectores, primero; Es importante conocer el área de servicio, también debemos tener cuidado cuando el área se acumula y considerar este aumento del área de contribución proyectada. La siguiente tabla describe los diámetros que se deben usar en tuberías horizontales:

ϕ	Intensidad de la lluvia en mm/h									
	S = 1.0%					S = 2.0%				
	pulg.	50	75	100	125	150	50	75	100	125
3	150	100	75	60	50	215	140	105	85	70
4	315	230	170	135	115	400	325	245	195	160
5	620	410	310	245	205	875	580	435	350	290
6	990	660	495	395	330	1.400	935	700	560	465
8	2.100	1.425	1.065	855	705	3.025	2.015	1.510	1.210	1.005
C	0.0139	0.0208	0.0278	0.0347	0.0417	0.0139	0.0208	0.0278	0.0347	0.0417

La siguiente tabla indica que es suficiente colocar colectores horizontales de tres pulgadas de diámetro, sin embargo, para nuestra región se recomienda colocar también de 4 pulgadas.

Tabla 2.35. Dimensionamiento colector horizontal.

Sección	Área [m2]	Bajante	Diámetro	A max	Qo lt/s	Q lt/s	Qo/Q
1	22,75	1	3	60	0,79	3,61	0,22
2	9,92	2	3	60	0,34	3,61	0,10
3	7,70	3	3	60	0,27	3,61	0,07
4	6,48	4	3	60	0,22	3,61	0,06
5	12,55	5	3	60	0,44	3,61	0,12
6	6,28	6	3	60	0,22	3,61	0,06
7	8,45	7	3	60	0,29	3,61	0,08

8	16,90	8	3	60	0,59	3,61	0,16
9	31,72	8	3	60	1,10	3,61	0,30

Después de dimensionar los colectores, debemos verificar los requisitos de diseño; la velocidad de flujo debe estar entre 0,8 y 1 m / s como recomendación, debido a la decantación de partículas. La profundidad del agua no debe superar el 70% del diámetro total de la tubería.

Para las tuberías que se colocan entre pozos de inspección de aguas lluvia, se diseña con el área de servicio acumulada en una misma dirección.

Tabla 2.36. Diámetro de colector horizontal en pozo de inspección.

Pozo de inspección	Bajante	Área [m ²]	Área total	Φ pulg	A max	Qo lt/s	Q lt/s	Qo/Q
1	1	34,15	76,15	4"	135	2,64	7,78	0,34
2	2	42						
3	3	15,39	72,9	4"	135	2,53	7,78	0,33
4	4	19,64						
5	5	19,24						
6	6	18,63						
7	7	25,07	76,69	4"	135	2,66	7,78	0,34
8	8	51,62						

En resumen, se estimó un diámetro de 4 pulgadas para tuberías de bajantes y colectores horizontales.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados del diseño estructural

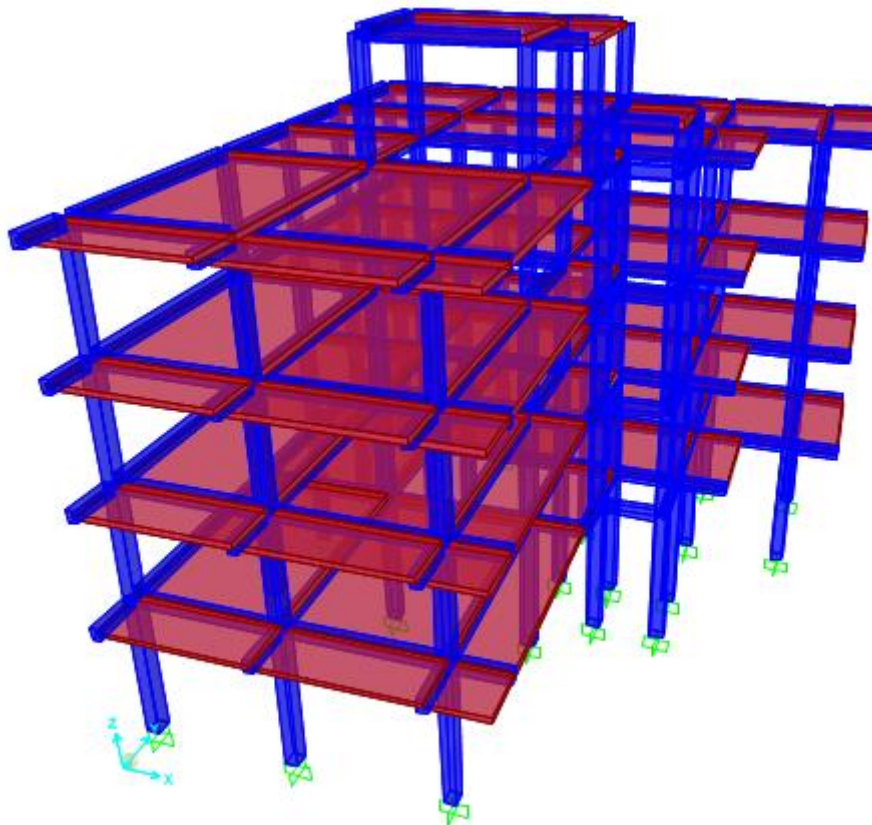


Figura 3.1 Modelado en software estructural

Con el software estructural se comprobó que las secciones de columnas y vigas cumplieran con el criterio de capacidad de resistencia $>$ demanda, las dimensiones de las columnas del piso 4 y del tapagradas se redujeron en 5 cm en cada lado para reducir peso y porque estas columnas superiores no tienen mucha demanda de cargas. Las secciones de viga se redujeron para hacer el diseño óptimo y reducir peso y costos de materiales. Gracias al software estructural se pudo obtener los valores de fuerza axial, momento y corte para los elementos estructurales y posteriormente hacer el diseño del armado de acero para el hormigón armado.

3.2 Carga sísmica y cortante basal

La carga o peso sísmico resultante es de 638.32 toneladas. El cortante basal tiene un valor de 766 toneladas.

Tabla 3.1 Cortante basal y distribución de fuerzas laterales

Nivel	h [m]	Fi [Kg]	Vx [Kg]
1	4.14	88922.19	88922.19
2	7.38	158513.47	247435.66
3	10.62	224958.47	472394.13
4	13.86	293589.87	765984.00
	V	765984.00	Kg

3.3 Derivas de piso

Tabla 3.2 Derivas de pórticos en la dirección X

Pórticos en dirección X					
Entrepiso	Corte B	Corte C	Corte D	Corte E	Corte F
$\Delta 1$ [m]	0.0372	0.0372	0.0366	0.0366	0.0360
$\Delta 2$ [m]	0.0282	0.0276	0.0282	0.0276	0.0276
$\Delta 3$ [m]	0.0216	0.0222	0.0216	0.0222	0.0222
$\Delta 4$ [m]	0.0162	0.0162	0.0162	0.0162	0.0168

Tabla 3.3 Derivas de pórticos en la dirección Y

Pórticos en dirección Y					
Entrepiso	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6
$\Delta 1$ [m]	0.0336	0.0348	0.0354	0.0360	0.0366
$\Delta 2$ [m]	0.0264	0.0270	0.0282	0.0294	0.0300
$\Delta 3$ [m]	0.0210	0.0216	0.0222	0.0228	0.0234
$\Delta 4$ [m]	0.0150	0.0156	0.0162	0.0162	0.0168

Todas las derivas son menores que la deriva máxima permisible de 0.0648 m.

3.4 Irregularidad torsional e índice de estabilidad

La normativa NEC-SE-DS indica que el factor de amplificación de excentricidad A_x , debe ser menor o igual a 3 para que no exista irregularidad torsional en la estructura.

$$A_x = \left(\frac{\delta \text{ máx}}{\delta \text{ prom}} \right)^2 \leq 3 \quad (3.1)$$

Los valores de desplazamiento se los obtuvo del software estructural y se comprobó si cumple la condición de irregularidad torsional. Las Tablas 3.4 y 3.5 indican los valores de amplificación de excentricidad para cada piso, donde se cumple la condición de que sean menores o iguales a 3 y se concluye que no hay irregularidad torsional en ninguna dirección.

Tabla 3.4 Factores de amplificación de excentricidad en la dirección X

Piso	δ prom [m]	δ max [m]	Ax
1	0.00612	0.0062	0.7127
2	0.00464	0.0047	0.7125
3	0.00366	0.0037	0.7097
4	0.00272	0.0028	0.7359

Tabla 3.5 Factores de amplificación de excentricidad en la dirección Y

Piso	δ prom [m]	δ max [m]	Ax
1	0.00588	0.0061	0.7474
2	0.00470	0.0050	0.7859
3	0.00370	0.0039	0.7715
4	0.00266	0.0028	0.7695

La norma NEC-SE-DS establece un índice de estabilidad debido a los efectos P- Δ (P delta) de los momentos de primer y segundo orden. El valor del índice de estabilidad debe ser menor que 0.3, caso contrario, se deben amplificar las fuerzas internas de los elementos y las derivas de piso.

Tabla 3.6 Resumen del cálculo de índice de estabilidad en la dirección X

Piso	Altura	Cortante [Ton]	Carga [Ton]	Deriva en CM	Qi
1	4.14	88.92	1595.80	0.0367	0.1592
2	3.24	158.51	1595.80	0.0278	0.0865
3	3.24	224.96	1595.80	0.0220	0.0481
4	3.24	293.59	1595.80	0.0163	0.0274

Tabla 3.7 Resumen del cálculo de índice de estabilidad en la dirección Y

Piso	Altura	Cortante [Ton]	Carga [Ton]	Deriva en CM	Qi
1	4.14	88.92	1595.80	0.0353	0.1529
2	3.24	158.51	1595.80	0.0282	0.0876
3	3.24	224.96	1595.80	0.0222	0.0486
4	3.24	293.59	1595.80	0.0160	0.0268

En las Tablas 3.6 y 3.7 se observan los valores obtenidos del índice de estabilidad por piso, donde se determina que la estructura es estable ya que, los valores de índice de estabilidad son menores que el valor establecido en la normativa.

3.5 Elementos estructurales

3.5.1 Columnas

Para las columnas de 40x35 se obtuvo una cantidad de acero correspondiente a 6 varillas de 18 mm de diámetro y estribos de dos ramales con diámetro de 10 mm, espaciados cada 15 cm y el primer estribo colocado a 5 cm de cara a los apoyos.

Paras las columnas de 35x30 se obtuvo una cantidad de acero correspondiente a 6 varillas de 16 mm de diámetro y estribos de dos ramales con diámetro de 10 mm, espaciados cada 15 cm y el primer estribo colocado a 5 cm de cara a los apoyos.

Tabla 3.8 Resumen de diseño de columnas a flexión

Columnas de 40x35			Columnas de 35x30		
Mu	263000	Kg*m	Mu	265000	Kg*m
d	29.1	cm	d	24.2	cm
w	0.0979		w	0.0774	
φ Mn	880560	Kg*m	φ Mn	705731	Kg*m
¿Cumple?	Si		¿Cumple?	Si	

3.5.2 Vigas

Diseño por flexión

Tabla 3.9 Resumen del diseño a flexión de vigas en dirección X

	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Mu [Kg*cm]	5118 00	1684 00	5276 00	1792 00	5082 00	9760 0	4310 00	7840 0	5226 00	5560 0
Acero requerido [cm²]	5.19	1.71	5.35	1.82	5.15	0.99	4.37	0.80	5.30	0.56
Varillas	2φ20	2φ14	2φ20	2φ14	2φ20	2φ14	2φ20	2φ14	2φ20	2φ14
Acero colocado [cm²]	6.28	3.08	6.28	3.08	6.28	3.08	6.28	3.08	6.28	3.08
d [cm]	29	29.3	29	29.3	29	29.3	29	29.3	29	29.3
w	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06
φ Mn [Kg*cm]	6359 36	3283 01	6359 36	3283 01	6359 36	3283 01	6359 36	3283 01	6359 36	3283 01
φ Mn > Mu ¿Cumple?	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le	Sí cump le

Los símbolos + y – indican la zona de reforzamiento, donde + se asocia con los momentos positivos ubicados en los apoyos empotrados y – se asocia con los momentos negativos ubicados en el centro de los tramos de las vigas.

Para el refuerzo en la parte superior se determinaron 2 varillas de 20 mm de diámetro y para el refuerzo en la parte inferior, 2 varillas de 14 mm de diámetro.

El acero requerido en la parte inferior, correspondiente al centro de las vigas, resultó inferior al acero mínimo requerido establecido por el ACI, por lo que se estableció el valor de acero mínimo normado para refuerzo inferior.

Tabla 3.10 Resumen del diseño a flexión de vigas en dirección Y

	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Mu [Kg*cm]	7600 0	9016 00	5152 00	9128 00	1660 0	4492 00	8240 0	5502 00	1388 00	5508 00
Acero requerido [cm²]	0.77	9.14	5.23	9.26	0.17	4.56	0.84	5.58	1.41	5.59
Varillas	2φ20	2φ25	2φ20	2φ25	2φ14	2φ20	2φ14	2φ20	2φ14	2φ20

Acero colocado [cm²]	6.28	9.82	6.28	9.82	3.08	6.28	3.08	6.28	3.08	6.28
d [cm]	29	28.75	29	28.75	29.3	29	29.3	29	29.3	29
w	0.13	0.20	0.13	0.20	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13
ϕ Mn [Kg*cm]	6359 36	9379 42	6359 36	9379 42	3283 01	6359 36	3283 01	6359 36	3283 01	6359 36
ϕ Mn > Mu ¿Cumple?	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple

Para el refuerzo superior se determinaron 2 varillas de 20 mm de diámetro, excepto para el tramo de viga más largo de 6,2 m y el volado; donde para estos últimos, se determinaron 2 varillas de 25 mm de diámetro. Para el refuerzo superior se colocó la cantidad de acero mínima recomendada por el ACI, que se corresponde con 2 varillas de 14 mm de diámetro, excepto para el tramo más largo de 6.2 m y por cuestiones constructivas también al voladizo, en estos tramos se colocaron 2 varillas de 20 mm de diámetro.

Diseño por cortante

Tabla 3.11 Resumen de diseño a cortante de vigas en dirección X

Vu [Ton]	4.18	4.39	4.22	3.80	4.15
Vs requerido [Ton]	-0.86	-0.57	-0.80	-1.37	-0.90
Av [cm²]	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
Av/s	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vs colocado [Ton]	12.75	12.75	12.75	12.75	12.75
ϕVs+ϕVc [Ton]	14.39	14.39	14.39	14.39	14.39
ϕVs+ϕVc > Vu ¿Cumple?	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple

Según el cálculo anterior, no se requiere hacer de refuerzo por cortante; sin embargo, se colocarán estribos con diámetro de varilla mínimo para satisfacer el criterio de acero de refuerzo por cortante mínimo.

Tabla 3.12 Resumen de diseño a cortante de vigas en dirección Y

Vu [Ton]	7.34	7.36	3.90	4.47	4.46
Vs [Ton]	3.35	3.39	-1.22	-0.47	-0.49

Av [cm²]	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
Av/s	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vs colocado [Ton]	12.75	12.75	12.75	12.75	12.75
$\phi V_s + \phi V_c$ [Ton]	14.39	14.39	14.39	14.39	14.39
$\phi V_s + \phi V_c > V_u$ ¿Cumple?	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple

El cálculo indica que los tramos relacionados con la luz más grande; el de 6.2 metros, requieren acero de refuerzo por corte, mientras que, los demás tramos no requieren, pero se colocará el mínimo normado.

El mismo estribo, con la misma separación, en las vigas en dirección X; cumplen con la demanda de acero de refuerzo por corte.

→ Estribos con varillas de 10 mm de diámetro y dos ramales, separados cada 15 cm pero el primer estribo se debe colocar a 5 cm de cara a los apoyos.

3.5.3 Losas

Tabla 3.13 Resumen del cálculo de acero de losa nervada de 25 cm de espesor

Dirección X			Dirección Y		
W_D	630	Kg/m ²	W_D	630	Kg/m ²
W_L	240	Kg/m ²	W_L	240	Kg/m ²
B	0.5	m	B	0.5	m
l_n	4	m	l_n	5.95	m
W_u	570	Kg/m	W_u	570	Kg/m
0.5 W_u	285	Kg/m	0.5 W_u	285	Kg/m
d	22	cm	d	22	cm
Mu +	32571	Kg*cm	Mu +	72069	Kg*cm
As + requerido	0.44	cm ²	As + requerido	0.96	cm ²
As + colocado	1.13	cm ²	As + colocado	1.45	cm ²
Mu -	19000	Kg*cm	Mu -	42040	Kg*cm
As - requerido	0.25	cm ²	As - requerido	0.56	cm ²
As - colocado	0.76	cm ²	As - colocado	1.13	cm ²

Para la losa nervada de 25 cm de espesor en la dirección Y se colocó una varilla longitudinal de 14 mm de diámetro cada 50 cm en la parte superior y una varilla de 12 mm de diámetro en la parte inferior por cada nervio. En la dirección X se colocó una barra longitudinal de 12 mm de diámetro cada 50 cm en la parte superior y una varilla de 10 mm de diámetro en la parte inferior por cada nervio, esta diferencia entre varillas

colocadas en cada dirección se debió a que la luz es mayor en la dirección Y y se generaron más momentos y mayor demanda de acero de refuerzo por flexión.

Tabla 3.14 Resumen del cálculo de acero de losa nervada de 20 cm de espesor

Dirección X			Dirección Y		
W_D	590	Kg/m ²	W_D	590	Kg/m ²
W_L	240	Kg/m ²	W_L	240	Kg/m ²
B	0.5	m	B	0.5	m
l_n	4	m	l_n	3.55	m
W_u	546	Kg/m	W_u	546	Kg/m
0.5 W_u	273	Kg/m	0.5 W_u	273	Kg/m
d	17	cm	d	17	cm
Mu +	31200	Kg*cm	Mu +	24575	Kg*cm
As + requerido	0.54	cm ²	As + requerido	0.42	cm ²
As + colocado	1.13	cm ²	As + colocado	1.13	cm ²
Mu -	18200	Kg*cm	Mu -	14335	Kg*cm
As - requerido	0.31	cm ²	As - requerido	0.25	cm ²
As - colocado	0.76	cm ²	As - colocado	0.76	cm ²

Para la losa nervada de 20 cm de espesor, en ambas direcciones se colocó una varilla longitudinal de 12 mm de diámetro cada 50 cm en la parte superior y una varilla de 10 mm de diámetro en la parte inferior por cada nervio.

Adicionalmente, se colocaron estribos con un ramal o vincha, con varillas de diámetro de 10 mm, en cada nervio. También, la norma ACI indica que se debe colocar acero por retracción y temperatura en la parte superior de la losa de compresión, donde se obtuvo un acero con malla electrosoldada de 5 mm de diámetro, espaciadas cada 20 cm en ambas direcciones. En la sección de Anexos, planos; se puede observar el detallamiento de acero de refuerzo.

3.5.4 Escalera

Determinación de cargas:

De acuerdo con la NEC 2015 la carga vida para un edificio residencial es de 200 Kg/m².

Para cargas muertas se estima el peso propio de la sección transversal de la losa de escalera y los escalones.

$$W_{pp\ losa} = 2400[Kg/m^3] * 1,3[m] * 0.18[m] = 561,6[Kg/m]$$

$$W_{escalon} = (84,24[Kg] * 9)/3,95[m] = 191,94[Kg/m]$$

Un valor general para la carga muerta de acabados es de 100 Kg/m², en este caso analizado por metro de losa. Para los acabados se consideran mampostería, barreras y pasamanos. Todos estos valores nos dan como resultado una Carga muerta total= 853,54 [Kg/m]. Para efectos de mayoración de cargas que controla el diseño, se tiene: Wu= 1.2 D + 1.6 L.

$$W_u = (1.2 * 853,54 \left[\frac{Kg}{m} \right]) + (1.6 * 200 \left[\frac{Kg}{m} \right]) = 1344.25[Kg/m]$$

Tabla 3.15. Valores de momentos en escalón y descansos de escalera.

Escalón		Unidad	Descanso		Unidad
Mu+	2297,31	[Kg.m]	Mu+	2621,70	[Kg.m]
Mu-	1837,85	[Kg.m]	Mu-	2097,36	[Kg.m]

Se determinó el acero mínimo para la losa de la escalera mediante la siguiente ecuación:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d [cm^2]$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200} * 130 * 15,5 = 6,7166 [cm^2]$$

El acero requerido por momento máximo es de 4,9 cm², valor que es menor al acero mínimo. Por lo tanto, se toma el valor de 6,71 cm² con una separación de 15 cm longitudinal al tramo, con una extensión de un metro en cada extremo. En la parte central del tramo de la losa de la escalera se tendrá una separación de 20 cm. Esta cantidad de acero y separación se obtuvo asumiendo una varilla de 12mm de diámetro.

3.6 Cimentación

El suelo mejorado que indica el estudio de suelos tiene una capacidad de carga admisible con factor de seguridad de 3, de 13.22 Ton/m² para la zapata corrida con ancho de 1.2

m. El esfuerzo de contacto obtenido fue de 12.53 Ton/m² por lo que se comprobó que el suelo puede soportar la carga con la cimentación propuesta y diseñada.

Los asentamientos elásticos resultaron de 2.57 m. y el asentamiento por consolidación fue de 1.10 m. El asentamiento total obtenido fue de 3.67 m. y es menor al mínimo recomendad de 5 cm.

3.7 Instalaciones hidrosanitarias

La capacidad obtenida para la cisterna fue de 14 m³ y para el tanque elevado resultó de 6 m³, para dos días de reserva. El diámetro de la tubería que alimenta al tanque elevado resultó de 1 plg y la bajante o tubería de distribución tuvo un diámetro de 2 plg. Las tuberías de distribución que se alimentan de la bajante son de entre 1, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ plg. En las instalaciones de desagüe y de aguas lluvias se obtuvieron tuberías con diámetros de 4 plg.

CAPÍTULO 4

4 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivo de la evaluación del impacto ambiental

4.1.1 Objetivo general

El objetivo de la evaluación del impacto ambiental es identificar los posibles impactos ambientales que se producirían en la ejecución o construcción del proyecto, así como la valoración de dichos impactos; con el fin de prevenir los efectos adversos del proyecto.

4.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las actividades del proyecto para evaluar los aspectos ambientales involucrados
- Valorar los impactos ambientales significativos para estimar la importancia de los impactos ambientales
- Proponer medidas de prevención para reducir los efectos negativos al ambiente

4.2 Descripción de las actividades del proyecto

Las actividades del proyecto dispuestas para la evaluación del impacto ambiental comprenden únicamente las actividades que puedan provocar algún impacto al medio ambiente.

Las actividades más significativas se dan durante la construcción del edificio, que comprende movimiento de tierras, transporte y uso de maquinaria, equipos y materiales; construcción de la estructura.

Fase de construcción

Para la fase de construcción se identifican las siguientes actividades:

- Transporte de maquinaria
- Movimiento de tierras
- Establecimiento de instalaciones temporales
- Preparación del terreno
- Preparación del encofrado

- Preparación del acero de refuerzo
- Fundición de cimientos
- Colocación de las instalaciones hidrosanitarias
- Construcción de la estructura
- Desencofrado y curado del hormigón armado
- Construcción de paredes
- Acabados de construcción

Fase de operación

En la fase de operación se identifican las siguientes actividades:

- Uso del parqueadero
- Uso de las oficinas
- Uso de los departamentos
- Consumo de recursos
- Generación de residuos

Fase de cierre

En la fase de cierre se tienen las siguientes actividades:

- Retiro de escombros
- Manejo de residuos sólidos
- Transporte de material sobrante
- Desmontaje de instalaciones temporales
- Arreglos exteriores

4.3 Línea base ambiental

La línea base ambiental describe las condiciones iniciales del medio entorno al proyecto; es decir, las características y propiedades de los medios con sus respectivos factores asociados, antes de la ejecución del proyecto. El propósito de la línea base ambiental es identificar el potencial de impacto que podría ocurrir en el medio, para proponer una reducción o mitigación del posible impacto ambiental. La línea base ambiental se compone de los medios: físico, biótico y socioeconómico.

4.3.1 Medio físico

El medio físico comprende las características y propiedades del clima, agua, suelo y aire.

4.3.1.1 Clima

El clima de la ciudad de Machala es cálido-tropical, con presencia de precipitaciones en la temporada de invierno. La altitud de la zona es baja, debido a que se ubica en la región costa del Ecuador continental. Los principales parámetros que definen el clima son: la temperatura, la precipitación, humedad y el viento; parámetros que fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), de la estación M0292 “Granja Santa Inés”, y que son descritos a continuación.

4.3.1.2 Temperatura

Según la información meteorológica, en la Tabla 4.1 se indica que la temperatura mínima fue de 19.8 °C en el mes de septiembre, y la temperatura máxima fue de 32.4 °C en los meses de marzo y abril. La temperatura promedio anual fue de 25.1 °C; estos datos se presentaron en el año 2012. No está de más conocer el rango de temperatura de la zona del proyecto; porque al saber esa información, se puede tomar más cuidado con el almacenamiento de químicos como aditivos.

Tabla 4.1 Temperatura promedio mensual (INAMHI 2012)

MES	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						
	ABSOLUTAS		M E D I A S				
	Máxima día	Mínima día	Máxima	Mínima	Mensual		
ENERO			30.4	22.8	25.7		
FEBRERO	32.5	2	30.8	22.6	25.8		
MARZO	33.5	12	21.5	9	32.4	22.4	27.0
ABRIL			32.4	22.5	26.9		
MAYO	33.0	5	21.0	31	31.3	22.6	26.5
JUNIO			19.0	25	30.0	21.9	25.6
JULIO	32.0	14	20.6	31	29.3	21.4	24.7
AGOSTO	31.0	2	19.2	30	27.1	20.3	23.2
SEPTIEMBRE			9.0	1	27.7	19.8	23.3
OCTUBRE	31.6	5	19.4	1	27.2	20.4	23.2
NOVIEMBRE	32.0	26	20.0	3	28.5	21.4	24.3
DICIEMBRE	32.8	18	20.0	4	30.4	21.8	25.3
VALOR ANUAL			29.8	21.7	25.1		

4.3.1.3 Precipitación

La ciudad de Machala se ubica en la costa del Ecuador continental y presenta precipitaciones en la época de lluvias o invierno que corresponde típicamente a los

meses desde enero hasta abril (incluido). La Tabla 4.2 se indica que el mes más lluvioso fue enero y el más seco fue de julio, la precipitación anual tuvo un valor de 733.8 mm, esto en el año 2012. Es importante conocer los meses en los que ocurren más lluvias; porque se podría producir un transporte de residuos o contaminantes por efectos de escorrentía, hacia cuerpos de agua cercanos.

Tabla 4.2 Precipitaciones mensuales (INAMHI 2012)

MES	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	día	
ENERO	233.0			
FEBRERO	159.1	31.0	21	21
MARZO	110.1	63.4	17	10
ABRIL	156.9	64.6	7	15
MAYO	21.8	9.6	4	8
JUNIO	2.3	1.2	30	4
JULIO	1.5	0.8	16	2
AGOSTO	4.6	0.8	23	8
SEPTIEMBRE	5.8	1.3	23	8
OCTUBRE	14.0	2.9	16	14
NOVIEMBRE	12.5	3.5	5	12
DICIEMBRE	12.2	4.6	30	5
VALOR ANUAL	733.8			

4.3.1.4 Humedad

Machala se considera como una ciudad con niveles considerables de humedad, en la Tabla 4.3 se indica que la humedad relativa promedio es del 83% y el punto de rocío medio es de 21.9 °C. La humedad no tiene una incidencia considerable en los impactos ambientales durante la construcción de obras civiles, pero es importante conocerla porque ésta puede afectar los materiales, especialmente el acero de refuerzo ya que, incrementa el deterioro por oxidación.

Tabla 4.3 Humedad relativa (INAMHI 2012)

MES	HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	
	Máxima dia	Mínima dia	Media			
ENERO			83		22.4	
FEBRERO			83		22.5	
MARZO	98	20	56	1	80	23.0
ABRIL			81		23.2	
MAYO	98	14	55	14	82	22.8
JUNIO	98	7	60	5	83	22.3
JULIO	97	2	60	24	84	21.6
AGOSTO	97	7	66	2	87	20.8
SEPTIEMBRE			86		20.7	
OCTUBRE	98	18	61	6	87	20.7
NOVIEMBRE	97	16	64	20	83	21.2
DICIEMBRE	97	7	53	18	80	21.4
VALOR ANUAL			83		21.9	

4.3.1.5 Viento

La influencia del viento en el clima se la establece según la velocidad del viento, la Tabla 4.4 indica que la ciudad de Machala presenta bajas velocidades del viento entorno al 1 Km/h. La velocidad del viento de la localidad del proyecto es considerablemente baja; por lo que, en este caso, el viento no tendría mucha incidencia en la dispersión de contaminantes en el medio ambiente.

Tabla 4.4 Velocidad media del viento (INAMHI 2012)

MES	Vel. Mayor Observada (m/s) DIR		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)
	ENERO		
FEBRERO			1.1
MARZO	6.0	NW	1.4
ABRIL			1.2
MAYO	4.0	E	1.0
JUNIO	4.0	E	1.4
JULIO	4.0	NE	1.4
AGOSTO	6.0	W	1.2
SEPTIEMBRE			1.4
OCTUBRE	6.0	N	1.2
NOVIEMBRE	2.0	N	1.3
DICIEMBRE	4.0	NW	1.4
VALOR ANUAL			1.0

4.3.2 Medio Biótico

El medio biótico está constituido por la flora y fauna, dado que el proyecto se ubica en una zona urbana; la flora y fauna silvestre es escasa debido a que las especies no cuentan con el hábitat para vivir, por lo que se contará con un análisis básico del medio biótico para este proyecto.

4.3.2.1 Flora

La flora correspondiente a la ciudad de Machala se la encuentra en los parques de la ciudad; sin embargo, existen bosques secos tropicales y montes espinosos tropicales a las afueras de la ciudad, donde predomina la existencia de las siguientes especies de flora:

Sábila, llantén, noni, hierva luisa, ruda, menta, toronjil, almendra, guaba, naranja, zapote, mango, aguacate, mangle, vidrio, magugua, mangle blanco, cedro, guayacán, canelo, achupalla epifitas y orquídeas.

En la ciudad hay parques distribuidos en la ciudad, cuyos nombres son:

- Parque de la Madre
- Parque Tanque Rojo
- Parque Lineal Brisas del Mar
- Parque Buenos Aires
- Parque infantil temático acuático de Puerto Bolívar
- Parque Ismael Pérez Pazmiño
- Parque de los Héroes del 41
- Plaza Cristóbal Colón
- Parque Centenario

4.3.2.2 Fauna

La fauna está constituida por especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios e insectos. La fauna está perdiendo territorio y diversidad debido a las actividades de las personas y al crecimiento poblacional y urbano; sin embargo, en las zonas donde se conserva la vegetación local se tiene las siguientes especies representativas de fauna:

Fragata, pato cuervo, pelícano pardo, pelícano peruano, garzón cocoi, garza bueyera, garcilla verde y azul, garceta tricolor, garza nocturna coroninegra, garceta grande, ibis blanco, espátula rosada, gallinazo negro, águila pescadora, rascón montés, playero colector, playero menudo, zarapito trinador, cigüeñuela cuellinegra, gaviota reidora, tortolita ecuatoriana, tortolita croante, pauraque, martín pescador grande, martín pescador verde, carpintero dorsiescarlata, homero del pacífico, mosquero bermellón, sotorrey criollo sureño, reinita manglera, clarinero coligrande, iguana, culebra, lagartija, guatusa y armadillo.

El medio biótico no se verá afectado porque el proyecto se ubica en una zona urbana en donde no existe el hábitat para que las especies convivan. Solo ocurriría un retiro de monte, maleza, insectos y roedores (estos últimos pueden considerarse plagas), y no se considera como una afectación agravante.

4.3.3 Medio socioeconómico

Para el medio socioeconómico se ha considerado los aspectos población, educación y economía del cantón porque son los factores más representativos.

Como se mencionó en la sección de problemática del proyecto; el cantón Machala tiene una población proyectada al año 2025 de 313993 habitantes.

La mayoría de los habitantes de Machala se identifican como etnia mestiza, abarcando el 78.55% en comparación a los demás grupos de etnias. La Tabla 4.5 describe el porcentaje de etnias en la población del cantón:

Tabla 4.5 Auto identificación de etnias (Alcaldía de Machala 2015)

Auto-identificación	Casos	%
Indígena	2.618	1,06 %
Afroecuatoriano/a Afrodescendiente	11.817	4,80 %
Negro/a	2.944	1,20 %
Mulato/a	8.121	3,30 %
Montubio/a	3.601	1,46 %
Mestizo/a	193.214	78,55 %
Blanco/a	22.747	9,25 %
Otro/a	910	0,37 %
Total	245.972	100,00 %

El nivel de educación básica y primaria de los habitantes de Machala superan el 90%, tanto en la zona urbana como en la zona rural, para los niveles superiores el porcentaje de nivel de educación disminuye como se describe en la Tabla 4.6:

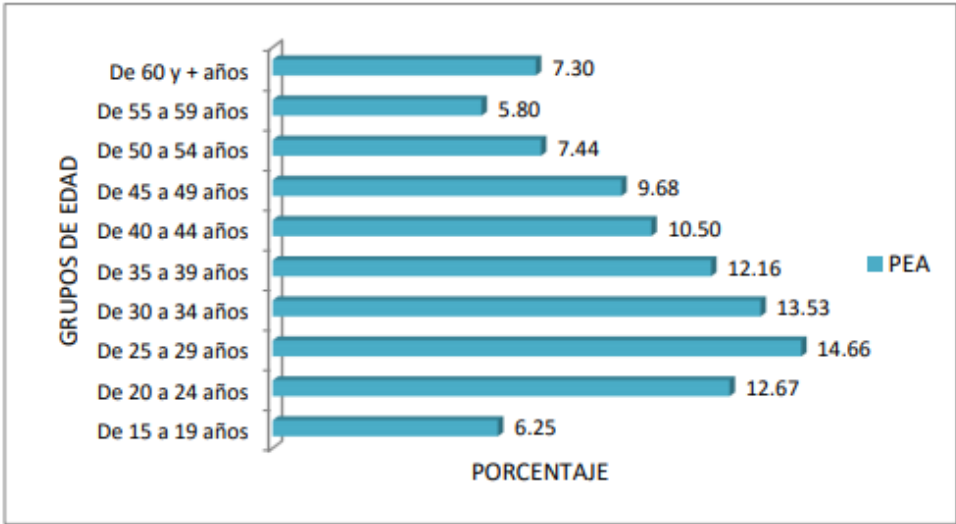
Tabla 4.6 Tasa de nivel de educación (Alcaldía de Machala 2015)

Cantón Machala	Nivel de educación	Tasa de asistencia		
		Total	Urbana	Rural
	Básica	93,79	93,90	92,12
	Primaria	94,31	94,40	92,90
	Secundaria	71,31	72,12	61,36
	Bachillerato	58,83	59,77	42,63
	Superior	23,62	24,44	11,69

La tasa de analfabetismo de la población es del 3.0% para los hombres y del 3.3% para las mujeres.

En la población económicamente activa predomina la población joven de entre 25 a 34 años, como se indica en la Tabla 4.7. Los hombres son más económicamente activos que las mujeres, donde el porcentaje de hombres de del 63.6% y de las mujeres el 36.4%.

Tabla 4.7 Porcentaje de edades de la PEA (Alcaldía de Machala 2015)



La mayor parte de la PEA (Población económicamente activa) aporta al sector terciario, con un 60.5% y este sector abarca los servicios como el comercio, transporte, administración educación y salud.

Por otro ámbito, la mayor parte de la PAE tiene ocupaciones de empleado u obrero de instituciones públicas y privadas, y por cuenta propia. La Tabla 4.8 describe los porcentajes asociados a las principales actividades ocupacionales.

Tabla 4.8 Categorías ocupacionales (Alcaldía de Machala 2015)

Categoría De Ocupación	PEA Ocupada			
	Hombres	Mujeres	Total	(%)
Empleado/a u obrero/a del Estado, Gobierno, Municipio, Consejo Provincial, Juntas Parroquiales	7.200	5.077	12.277	12,06
Empleado/a u obrero/a privado	24.094	11.511	35.605	34,98
Jornalero/a o peón	10.288	1.024	11.312	11,11
Patrono/a	2.489	1.507	3.996	3,93
Socio/a	912	441	1.353	1,33
Cuenta propia	16.430	10.934	27.364	26,88
Trabajador/a no remunerado	993	507	1.500	1,47
Empleado/a doméstico/a	273	3.509	3.782	3,72
No declarado	2.524	2.081	4.605	4,52
Trabajador nuevo				
TOTAL	65.203	36.591	101.794	100,00

Gran parte de la PEA no está afiliada a la seguridad, abarcando el 69.5%.

El comercio, la agricultura y la construcción son los sectores industriales que más aportan al desarrollo económico del cantón. En la agricultura, el banano destaca en producción y exportación, siendo un producto característico del cantón, aunque también hay plantaciones de arroz, café y cacao.

El medio socioeconómico se vería beneficiado con la implementación del proyecto, porque se generarían plazas de trabajo, infraestructura y plusvalía.

4.4 Identificación de impactos ambientales causados en las fases del proyecto

Las actividades descritas en el proyecto implican un potencial de impacto asociado a un factor o aspecto de las áreas sensibles (medio) y se ha empleado una metodología de tablas. Los aspectos ambientales más relevantes para el proyecto son: el suelo, el aire, el agua y el empleo; la mayoría de las actividades tienen incidencia en los factores ambientales propuestos.

Fase de construcción

Tabla 4.9 Aspectos ambientales en la fase de construcción

Medio	Actividad	Factor	Aspectos ambientales
Físico	Transporte de maquinaria, movimiento de tierras, preparación del terreno	Aire	Emisiones de CO ₂ y esparcimiento de polvo. Altos niveles de ruido debido a motores de maquinarias
	Movimiento de tierras, preparación del terreno	Suelo	Se alteran las propiedades del suelo
	Establecimiento de instalaciones temporales, preparación del encofrado y el acero de refuerzo, construcción de la estructura, construcción de paredes, acabados de construcción, desencofrado	Aire	Esparcimiento de polvo y material particulado. Altos niveles de ruido debido a la construcción
	Establecimiento de instalaciones temporales, preparación del encofrado y del acero de refuerzo, colocación de instalaciones hidrosanitarias, fundición, desencofrado, acabados de construcción	Suelo	Se generan residuos de construcción
	Fundición de cimientos, construcción de la estructura, curado del hormigón	Agua	Alteración de las aguas subterráneas por infiltración de residuos de metales, aditivos y residuos de curado del hormigón.
Biótico	Movimiento de tierras	Flora y fauna	Retiro de monte y maleza, se ahuyentan roedores e insectos.

Socio económico	Todas las actividades	Empleo	Se genera plazas de trabajo
-----------------	-----------------------	--------	-----------------------------

Fase de operación

Tabla 4.10 Aspectos ambientales en la fase de operación

Medio	Actividad	Factor	Aspectos ambientales
Físico	Uso del parqueadero	Aire	Emisiones de CO ₂
	Generación de residuos	Suelo	Se alteran las propiedades del suelo
	Consumo de recursos, uso de departamentos	Agua	Generación de aguas residuales domésticas
Socio económico	Uso de oficinas	Empleo	Se generan plazas de trabajo

Fase de cierre

Tabla 4.11 Aspectos ambientales en la fase de cierre

Medio	Actividad	Factor	Aspectos ambientales
Físico	Retiro de escombros, transporte de material sobrante	Aire	Esparcimiento de polvo, Emisiones de CO ₂
	Desmontaje de instalaciones temporales	Ruido	Se produce ruido
	Arreglos exteriores, manejo de residuos sólidos	Suelo	El suelo se puede contaminar con residuos
Socio económico	Todas las actividades	Empleo	Se generan plazas de trabajo

4.5 Valoración del impacto ambiental

La valoración del impacto ambiental se realizó mediante la matriz de valoración cualitativa de Coneza-Fernández. Esta matriz reduce la subjetividad en las valoraciones

de los impactos ambientales. La Tabla 4.12 muestra los impactos ambientales asociados a actividades y con su respectiva puntuación.

Se ha identificado que una de las actividades que causa mayor impacto ambiental fue la de movimiento de tierras y preparación del terreno con una puntuación de 54, esto es debido a la pérdida de cobertura vegetal permanente y a las alteraciones de las propiedades del suelo como su fertilidad y contenido de humedad. Otro ejemplo de actividades son la fundición de cimientos, la construcción de la estructura y el curado del hormigón, con una puntuación de 42; esto se debe a que estas actividades pueden generar residuos que se podrían infiltrar en el suelo y contaminar aguas subterráneas, también, en caso de lluvias, los contaminantes pueden ser arrastrados a cuerpos de agua por efectos de la escorrentía.

A pesar de existir actividades con potencial de impacto ambiental; casi todas las actividades tienen un efecto positivo asociado al medio socioeconómico, porque al tratarse de una obra de construcción civil, se generan muchas plazas de trabajo durante todas las fases.

4.6 Matriz de evaluación de impactos ambientales

Tabla 4.12 Matriz de evaluación de impactos ambientales

ACTIVIDADES			IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA ESTE ESTUDIO											VALORACION															
			Severidad (S)			Probabilidad Ocurrencia (P)			(T)	Extensión (E)			Intensidad (I)			Duración (Du)			Desarrollo (De)			Recuperación (R)			Interacción (Ia)			(Mg)	(Imp)
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO		1	2	3	1	2	3	Relevancia del Impacto	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	Magnitud del Impacto $Mg = E + I + Du + De + R + Ia$	Importancia del Impacto $Imp = Mg \times T$
			positivo	medio	negativo	muy poco probable	poco probable	cierto		puntual	parcial	alta	baja	moderada	alta	corto plazo	mediano plazo	permanente	largo plazo	medio plazo	inmediato	reversible	mitigable	irreversible	simple	acumulativo	sinérgico		
Transporte de maquinaria, movimiento de tierras, preparación	Aire	Contaminación por emisiones de CO ₂ y esparcimiento de polvo		2				3	6		1			1				1			2			0			1	6	36

ción del terreno		Contaminación acústica debido a altos niveles de ruido	2		3	6	1	0	0		2	0		1	4	24
Movimiento de tierras, preparación del terreno	Suelo	Degradación por alteración de las propiedades del suelo	2		3	6	1	1	2		2		2	1	9	54
Construcción de la estructura, construcción de paredes, acabados de construcción		Contaminación debido a esparcimiento de polvo y material particulado	2		3	6	1	1	1		2	0		1	6	36
Establecimiento de instalaciones temporales, preparación del encofrado, preparación del acero de refuerzo, construcción de la estructura, desencofrado	Aire	Contaminación acústica por altos niveles de ruido debido a la construcción	2		3	6	1	0	0		2	0		1	4	24
Establecimiento de instalaciones temporales,	Suelo	Contaminación por la generación de residuos	2		3	6	1	1	0		1		1	1	5	30

preparación del encofrado y del acero de refuerzo, colocación de instalaciones hidrosanitarias, fundición, desencofrado, acabados de construcción		construcción															
Fundición de cimientos, construcción de la estructura, curado del hormigón	agua	Contaminación de aguas subterráneas por infiltración de residuos de metales, aditivos y residuos de curado del hormigón.	2		3	6		2	1	1	1		1	1		7	42
Uso del parqueadero	Aire	Contaminación del aire por emisiones de CO2	2		2	4		1	1	1		2	1	1		7	28
Generación de residuos	Suelo	Degradación por la alteración de las propiedades del suelo	2		2	4		1	1		2	2		2	1	9	36
Consumo de recursos, uso de	Agua	Contaminación por la generación de aguas residual	2		3	6	0		1	1		1	1		1	5	30

Fundición de cimientos, construcción de la estructura, curado del hormigón	Agua y suelo	Cubrir adecuadamente los materiales de construcción, evitar en lo posible la preparación del hormigón en campo, caso contrario realizar la mezcla sobre una superficie textil para evitar derrame de residuos, instalar tubería de drenaje temporales
Transporte de maquinaria, retiro de escombros, acabados de construcción	Aire	Notificar a los alrededores sobre actividades ruidosas, ejecutarlas durante el día y en un máximo de 2 horas continuas, evitar bocinas y sirenas, evitar el uso de vehículos con accesorios sonoros (frenos de aire, válvulas, etc.), evitar el uso de maquinarias que expulsen humo oscuro

4.8 Conclusiones de la evaluación del impacto ambiental

1. El tipo de proyecto califica como registro ambiental, dado a que se trata de un proyecto de construcción civil que puede generar impactos ambientales como se ha evidenciado en la sección de valoración de impactos ambientales.
2. Las principales actividades del proyecto que generan efectos adversos para el medio ambiente son: movimiento de tierras, preparación del terreno, fundición y curado de hormigón y el transporte de maquinarias y materiales.
3. Se han propuesto medidas de prevención para las actividades más relevantes, para mitigar el impacto ambiental; tales medidas de prevención son: señalética, instalaciones de drenaje provisionales, manejo de residuos sólidos, control en el preparado y curado del hormigón y notificaciones de actividades ruidosas y con restricción de tiempo.

Debido a las medidas de prevención propuestas, el proyecto es sostenible ambientalmente ya que, estas medidas de prevención reducen los efectos adversos de las actividades de construcción del proyecto.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Fue necesario redimensionar las vigas para que estos elementos sean óptimos, reduciendo peso, costos de materiales y reduciendo espacios en los interiores del edificio.
- Algunos elementos estructurales tienen acero de refuerzo mínimo recomendado por el código ACI, porque en los cálculos no se requería acero.
- Las tuberías de las instalaciones de agua potable tienen diámetros de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y 1 pulgada, la bajante tiene una tubería de 2 pulgadas.
- Es necesario hacer un mejoramiento de la calidad del suelo mediante excavación y posterior relleno con material más resistente y uniforme para mejorar la capacidad portante del suelo.
- El costo de construcción general de la obra gris es de \$ 291.85 por m².
- El proyecto tiene un bajo impacto al medio ambiente gracias a que se ubica en una zona urbana donde no existe hábitat de flora y fauna, también considerando de que aplicaran las respectivas medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales descritas en el capítulo de evaluación de impacto ambiental.

5.2 Recomendaciones

- El cálculo de la altura del tanque elevado dio como resultado un valor muy alto, y se recomienda colocar algún dispositivo; por ejemplo, una bomba, un presurizador, o un tanque de presión; para aumentar la presión en el piso superior (piso 4) y que el agua llegue con una presión aceptable (mínimo 2 mca) a las duchas y demás piezas sanitarias.
- Se recomienda colocar 2 módulos de bomba instalados en paralelo y que operen de manera no simultánea, para los casos en que se dañe alguna bomba o se deba hacer mantenimiento.
- Se recomienda realizar un estudio de suelo del lugar específico donde se ejecutará la construcción del proyecto. Esto incluye un análisis de la cimentación.

- Para el cálculo de diámetro en tuberías de drenaje sanitario se determinó un diámetro de 3 pulgadas, sin embargo, se recomienda usar tuberías de 4 pulgadas para bajantes y colectores horizontales, al igual que en aguas lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Machala. (2018). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Machala.

Instituto Nacional de Estadísticas y Cencos INEC, 2010

Zambrano, R. (agosto de 2013). Circunscripción y límites de las parroquias de Machala.

[Mensaje en un blog]. Notorio Machala. Recuperado de: https://notioro.blogspot.com/2013/08/normal-0-21-false-false-false-es-trad-x_16.html

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción: Cargas no sísmicas. Ecuador.

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción: Peligro sísmico, diseño sismo resistente. Ecuador.

ACI-318 American Concrete Institute. 2019

Quinde, P. y Reinoso, E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y prepuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca*. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México., Cd. Universitaria, Coyoacán, México.

Arthur H. Nilson (12va Ed.). (2001). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá, Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. ISBN: 958-600-953-X

Coello, H. y Jaramillo, J. (2019). *Diseño de Edificio de 5 pisos en suelos muy blando en la parroquia Puerto Bolívar, provincia de El Oro*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Ramos V, Y. y Ayala T, L. (2016). *Comparación financiera entre concreto reforzado y acero estructural como alternativa de vivienda de interés social (VIS) para casas de dos pisos en Bogotá D.C.* Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Córdova Reyes, M. (2014). *Estudio comparativo del sistema constructivo en hormigón y acero, en un edificio*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Rojas, N. y Arenas, J. (2007). *Comparación técnico-financiera del acero estructural y el hormigón armado*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. ISSN electrónico: 2346-2183

Das, Braja M. (4ta edición). (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México, D.F. ISBN: 978-607-519-373-1

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo 16: Norma Hidrosanitario NHE Agua. Ecuador.

International Code Council, INC. (2018). IPC: International Plumbing Code. ISBN: 978-1-60983-745-7.

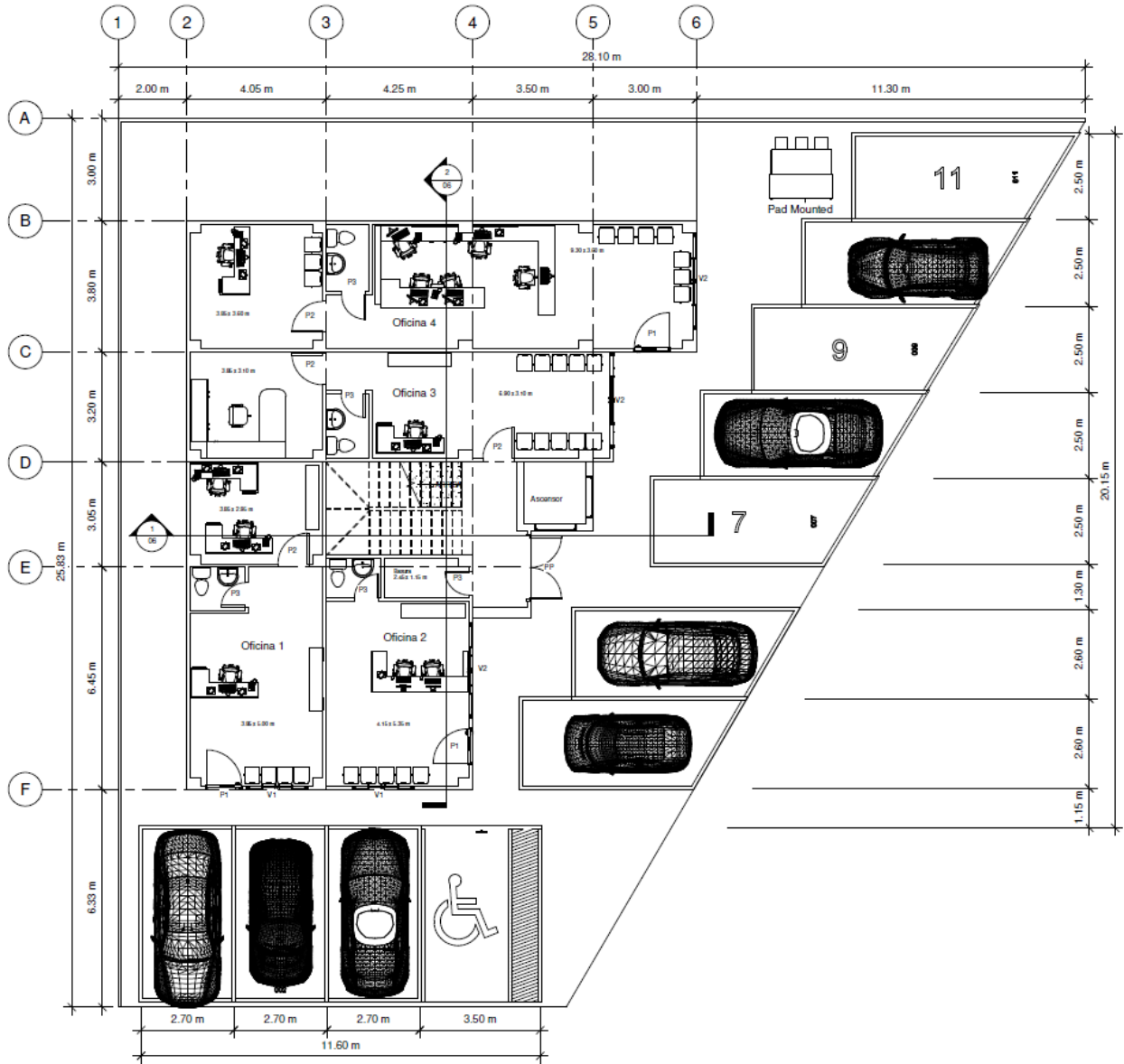
Pérez Carmona, Rafael. (6ta edición). (2010). Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-648-677-4

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. (2015). Anuario Meteorológico Nro. 52-2012. Quito, Ecuador.

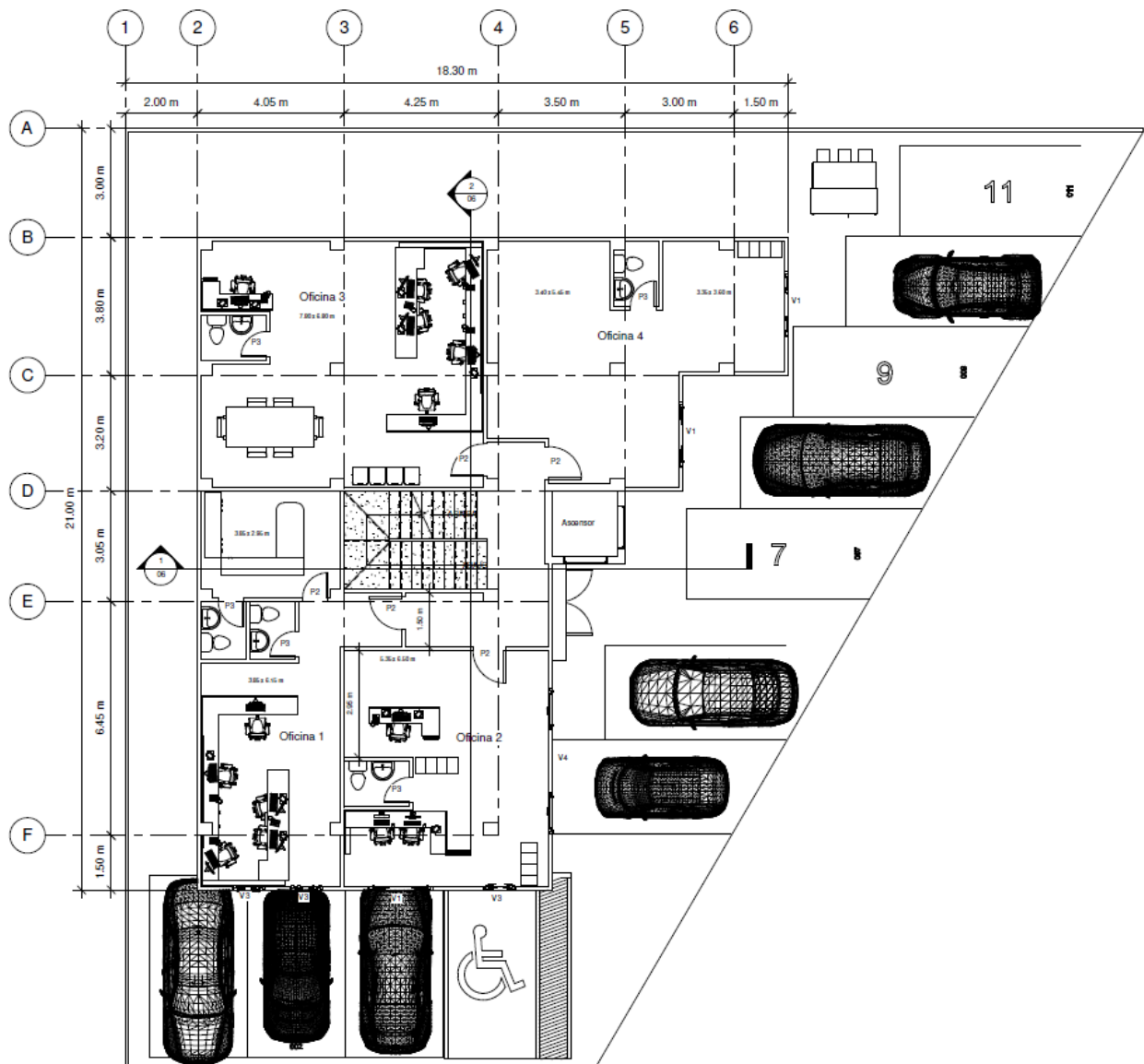
M&M Bioconsultores Ambientales. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para construcción, operación y mantenimiento del hospital clínica metropolitana*. Ibarra, Ecuador.

APÉNDICES

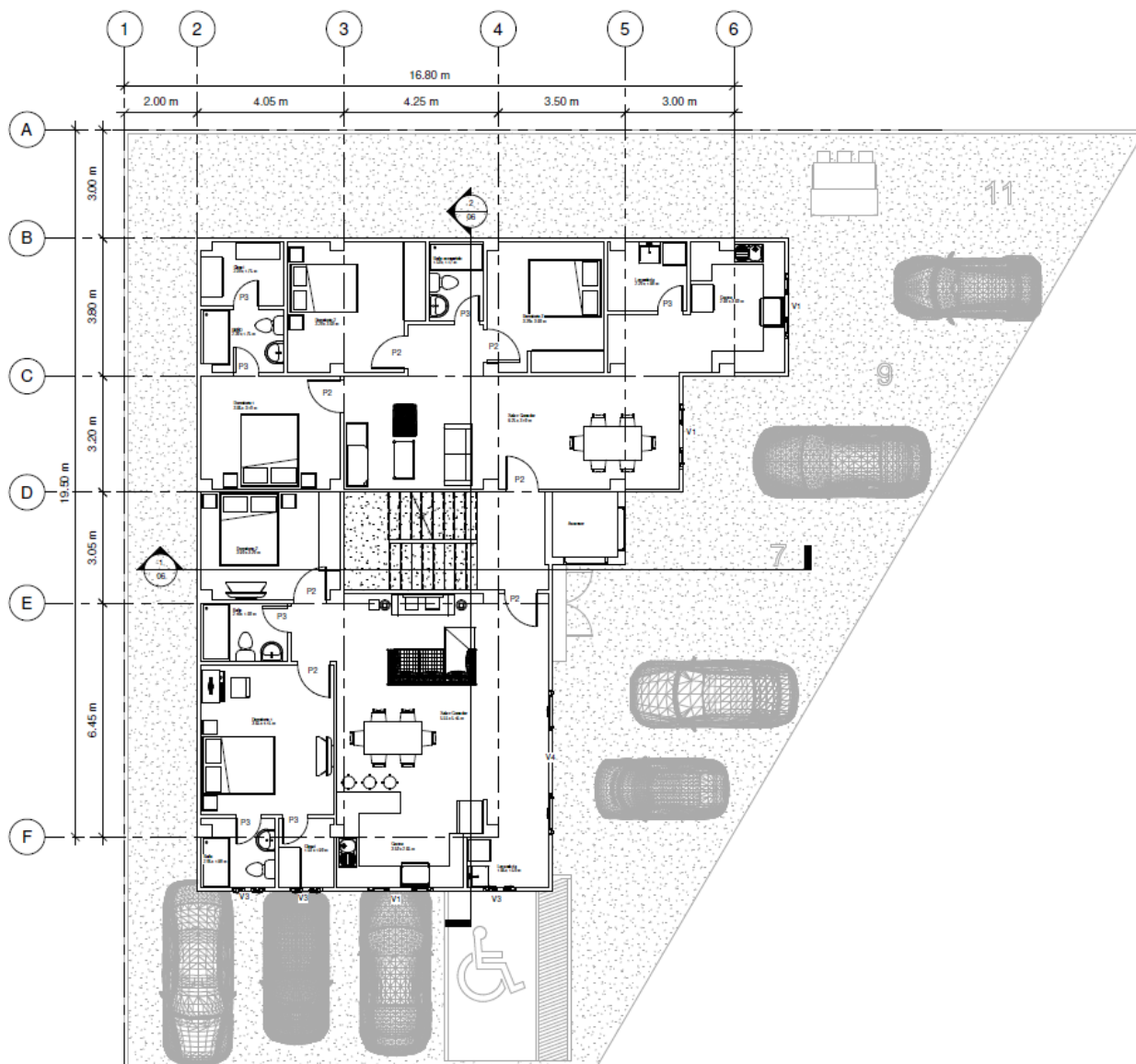
PLANOS ARQUITECTÓNICOS



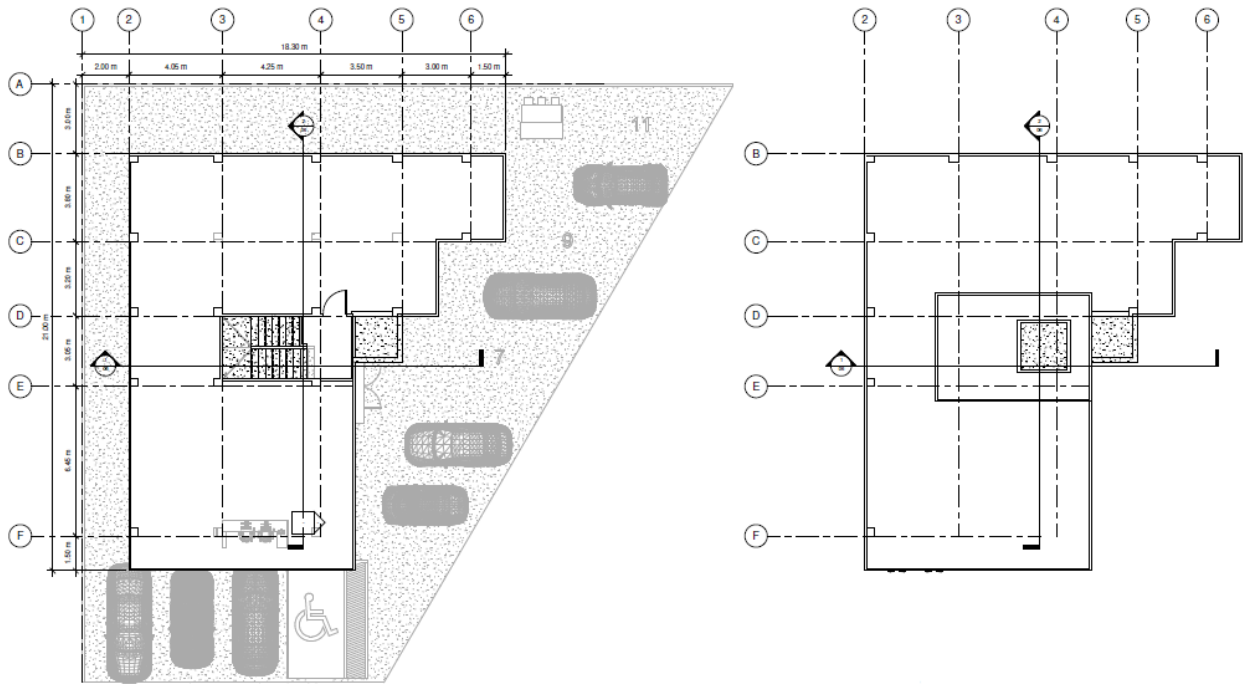
Plano Arq. 1 Planta baja



Plano Arq. 2 Segunda planta



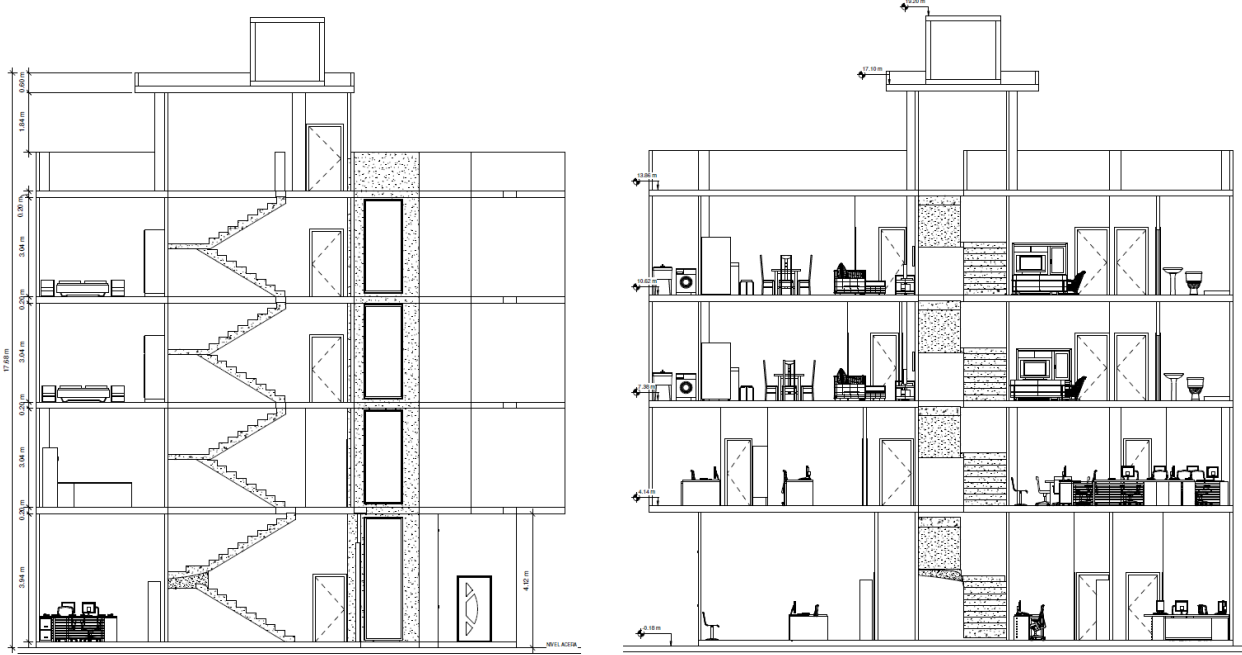
Plano Arq. 3 Tercera y cuarta planta



Plano Arq. 4 Planta terraza y Tapa gradas

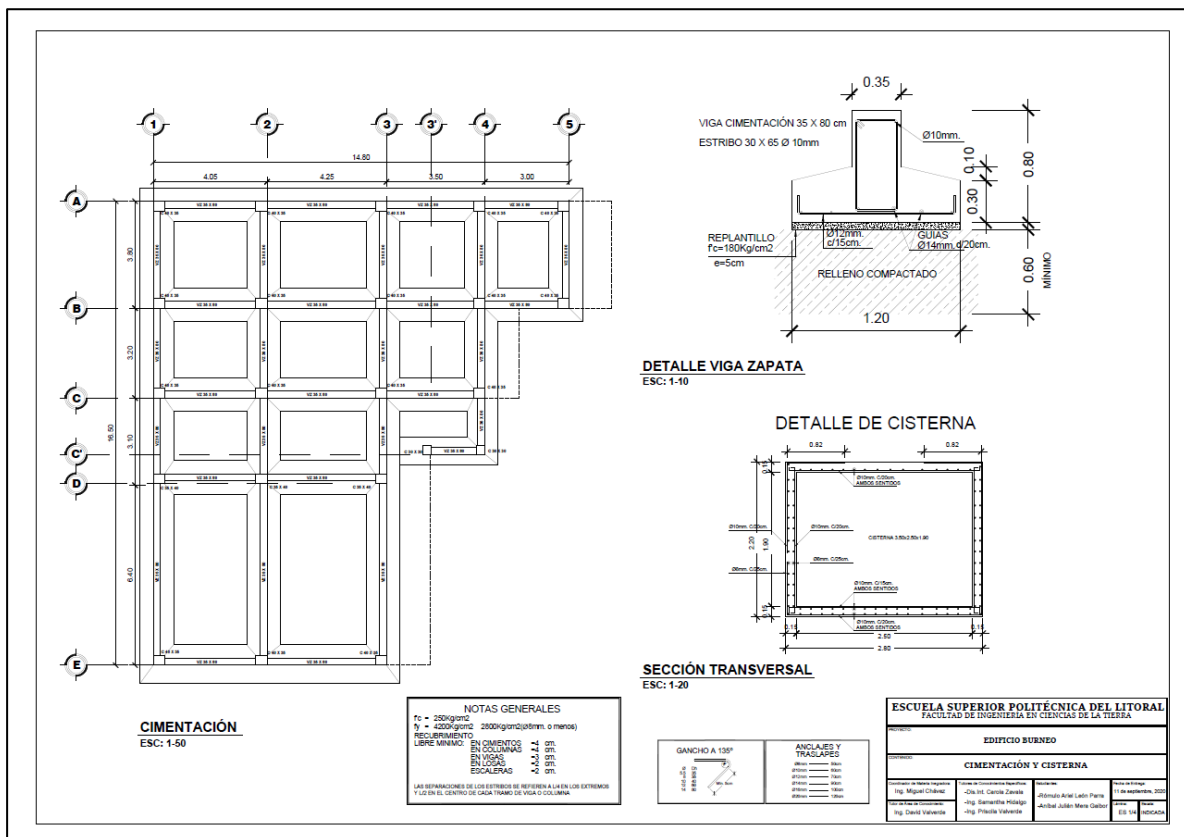


Plano Arq. 5 Fachada y perspectiva

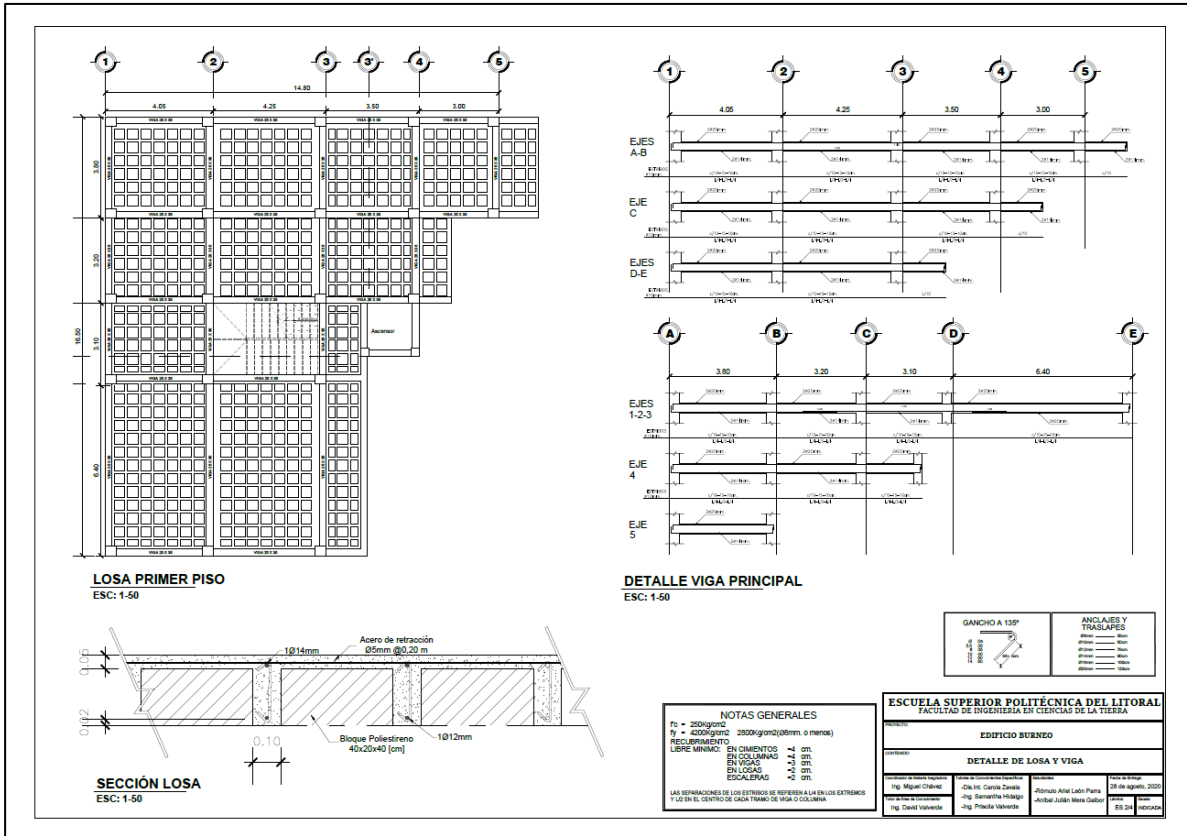


Plano Ar. 6 Cortes A y B

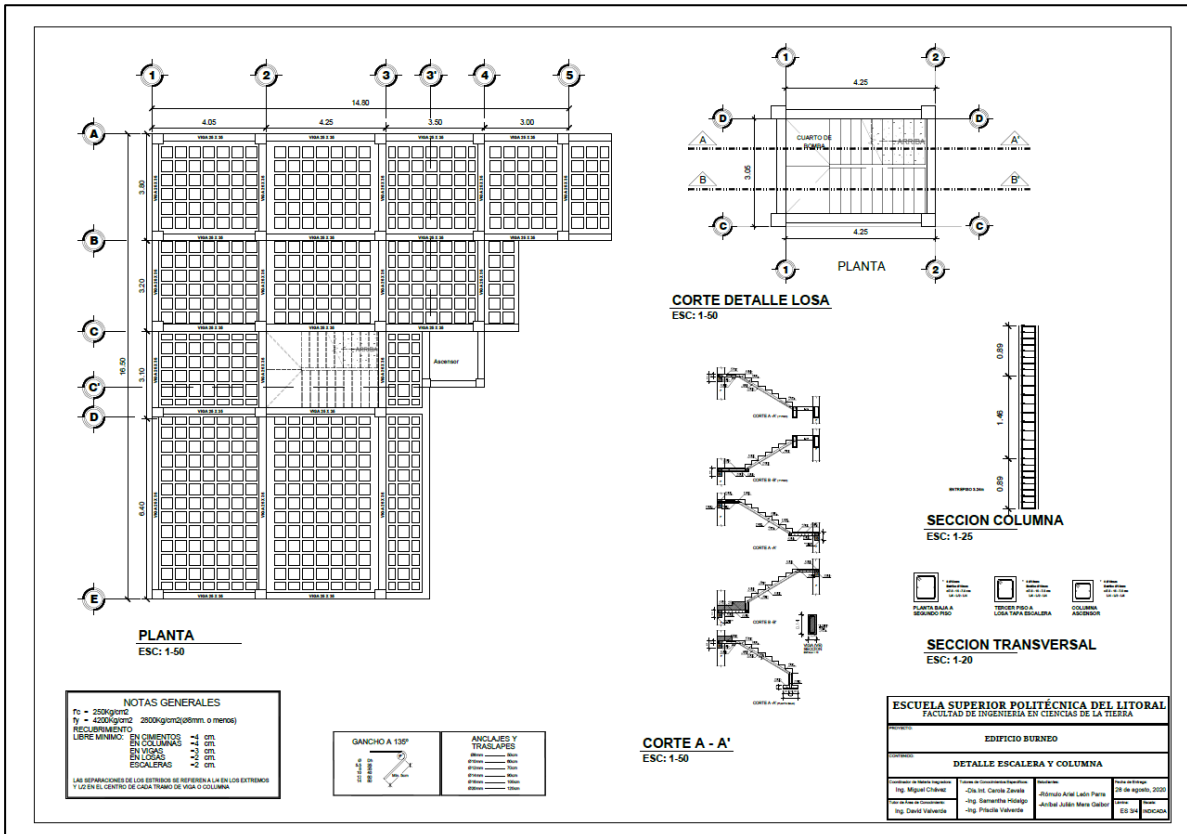
PLANOS ESTRUCTURALES



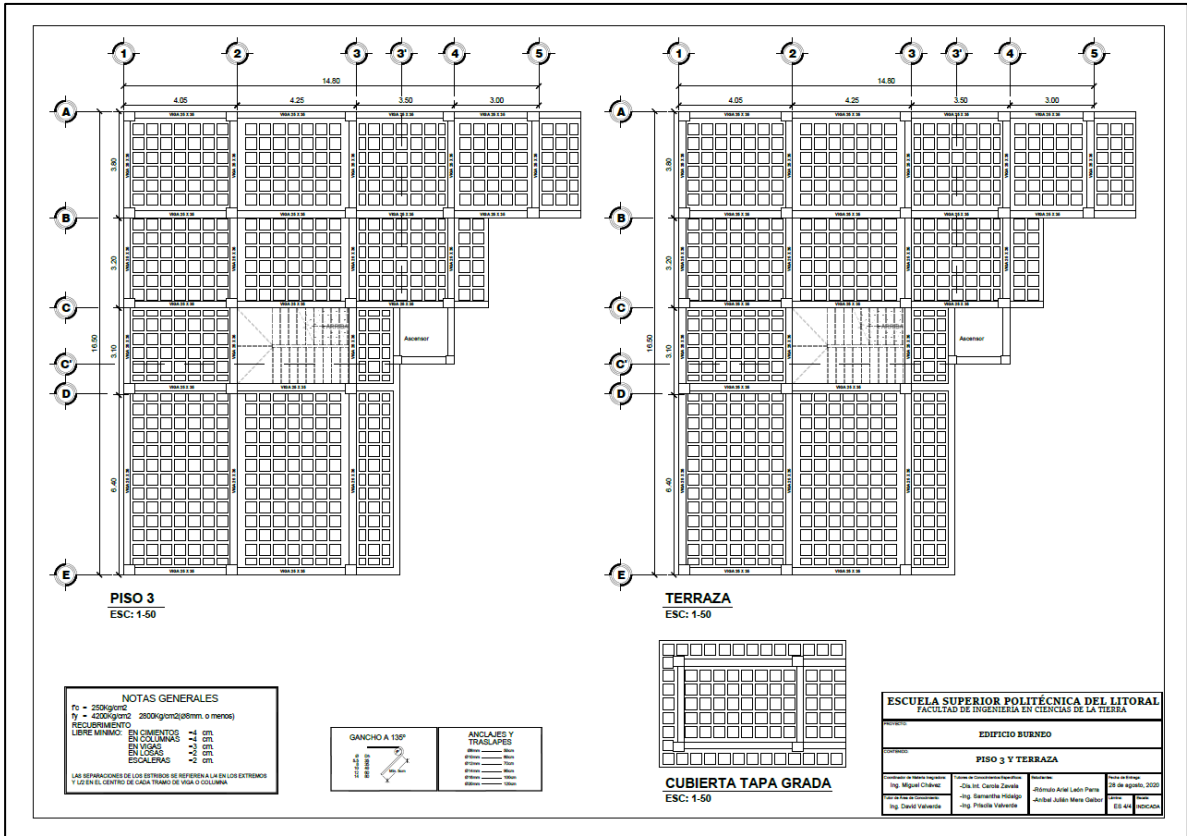
Plano Es. 1 Cimentación y cisterna



Plano Es. 2 Detalle de losa y viga

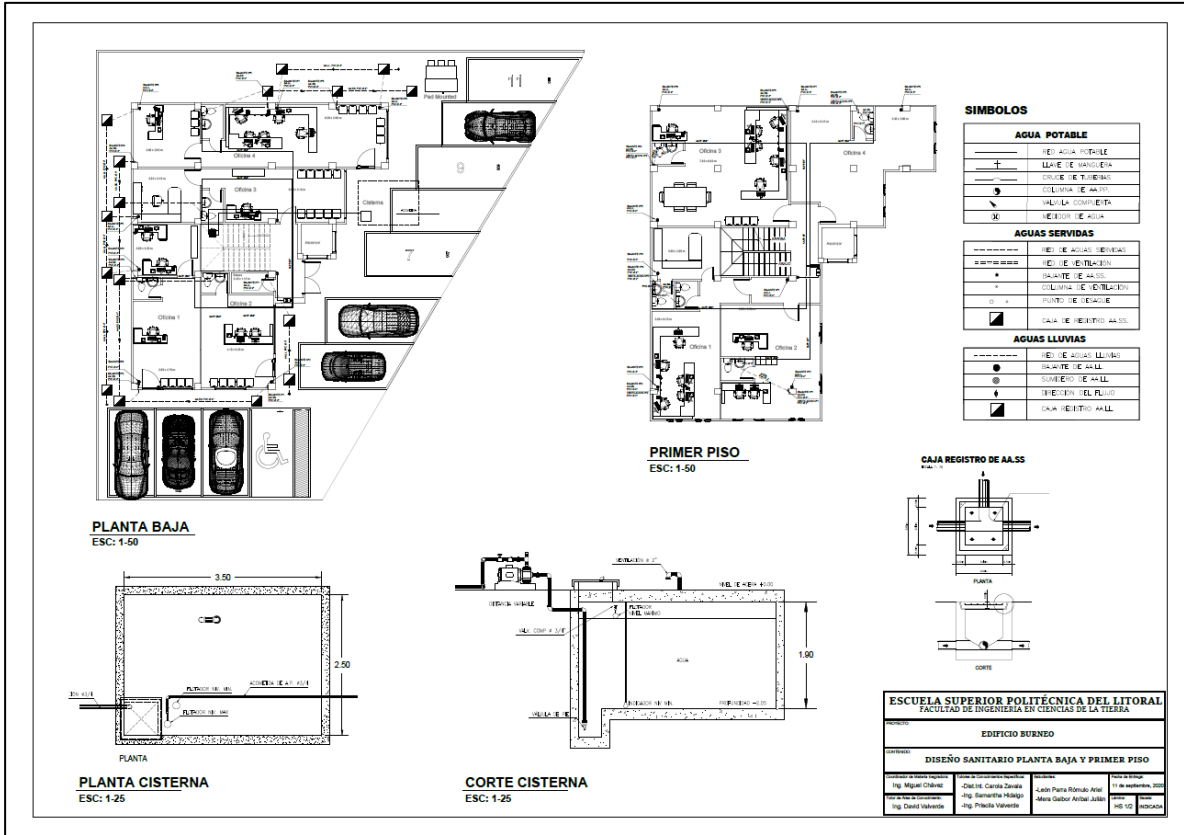


Plano Es. 3 Detalla de columnas y losa

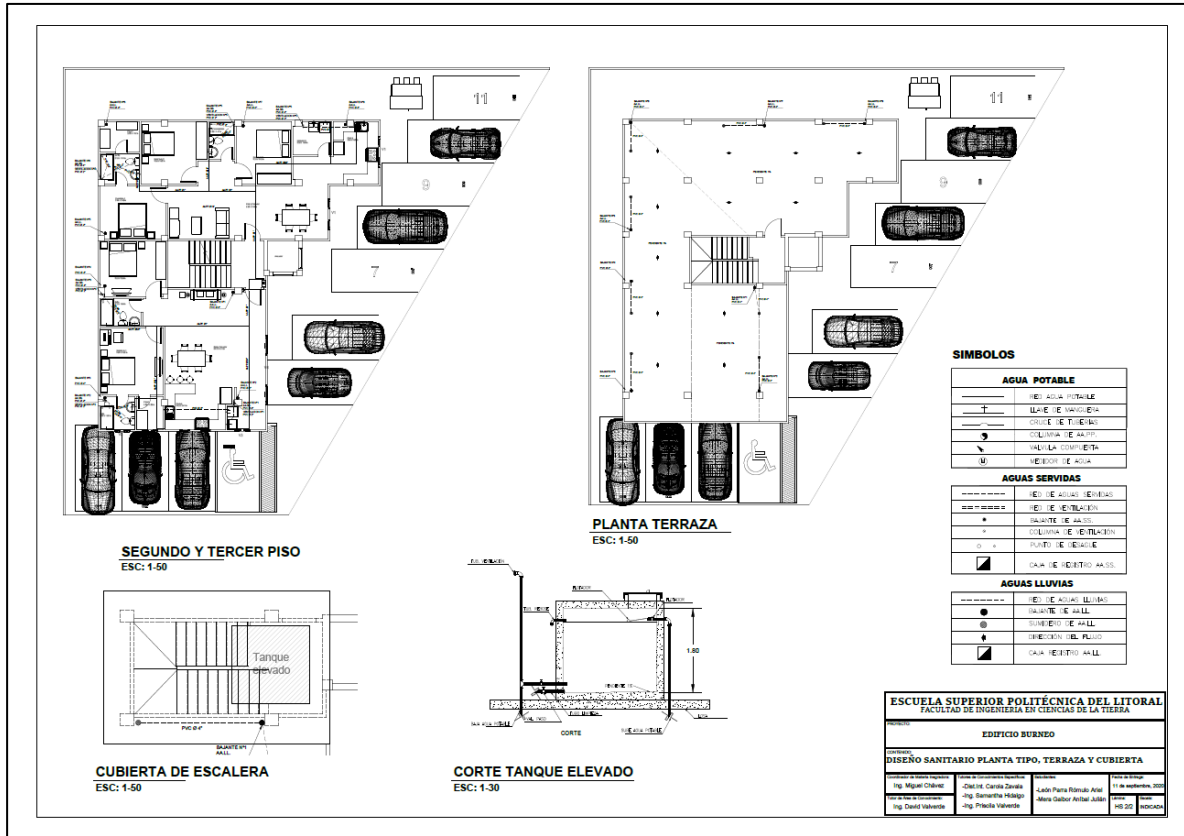


Plano Es. 4 Piso 3 y terraza

PLANOS HIDROSANITARIOS



Plano HS. 1 Planta baja y 2da planta



Plano HS. 2 Plantas 3 y 4, Terraza

Tabla Flamant para tuberías de 1/2 pulgada de diámetro

1/2"

$$j = 4C (V^{1.75} / D^{1.2})$$

$$Q = AV$$

$$j = 6,1C (Q^{1.75} / D^{4.75})$$

Unidades	Caudal Q			V	hv	Pérdidas por fricción en m/m				
	gal/min	l/min	l/s			Coeficiente de fricción C				
						Fundido 0,00031	Galva- nizado 0,00031	Acero 0,00018	Cobre 0,00012	P.V.C. 0,00010
1	3,79	0,06	0,47	0,01	0,079	0,058	0,046	0,030	0,025	
2	2	7,57	0,13	1,03	0,05	0,304	0,226	0,177	0,118	0,098
3	3	11,35	0,19	1,50	0,11	0,591	0,439	0,343	0,229	0,191
5	4	15,14	0,25	1,97	0,20	0,956	0,709	0,555	0,370	0,308
6	5	18,92	0,32	2,53	0,33	1,472	1,092	0,855	0,570	0,475
7	6	22,71	0,38	3,00	0,46	1,989	1,475	1,155	0,770	0,642
8	7	26,50	0,44	3,49	0,62	2,587	1,919	1,502	1,001	0,834
10	8	30,28	0,50	3,98	0,81	3,267	2,424	1,897	1,265	1,054
12	9	34,07	0,57	4,48	1,02	4,015	2,979	2,331	1,554	1,295
14	10	37,85	0,63	4,98	1,26	4,828	3,582	2,804	1,869	1,558
16	12	45,42	0,76	5,98	1,82	6,643	4,929	3,857	2,571	2,143
20	14	52,99	0,88	6,97	2,48	8,700	6,455	5,052	3,368	2,806

Tabla Flamant para tuberías de ¾ pulgadas de diámetro

3/4"

$$j = 4C (V^{1,75} / D^{1,25})$$

$$Q = AV$$

$$j = 6,1C (Q^{1,75} / D^{4,75})$$

Unidades	Caudal Q			V	hv	Pérdidas por fricción en m/m				
	gal/min	l/min	l/s			Coeficiente de fricción C				
				Fundido 0,00031	Galva- nizado 0,00023	Acero 0,00018	Cobre 0,00012	P.V.C. 0,00010		
2	2	7,57	0,13	0,46	0,01	0,044	0,033	0,026	0,017	0,014
3	3	11,35	0,19	0,67	0,02	0,086	0,064	0,050	0,033	0,028
5	4	15,14	0,25	0,88	0,04	0,139	0,103	0,081	0,054	0,045
6	5	18,92	0,32	1,12	0,06	0,215	0,159	0,125	0,083	0,069
7	6	22,71	0,38	1,33	0,09	0,290	0,215	0,168	0,112	0,093
8	7	26,46	0,44	1,54	0,12	0,375	0,278	0,218	0,145	0,121
10	8	30,24	0,50	1,75	0,16	0,469	0,348	0,272	0,181	0,151
12	9	34,07	0,57	1,99	0,20	0,585	0,434	0,340	0,227	0,189
14	10	37,80	0,63	2,21	0,25	0,702	0,521	0,408	0,272	0,226
16	12	45,36	0,76	2,67	0,36	0,975	0,723	0,566	0,377	0,314
20	14	52,92	0,88	3,09	0,49	1,260	0,935	0,732	0,488	0,406
23	16	60,48	1,01	3,54	0,64	1,604	1,190	0,931	0,621	0,517
27	18	68,04	1,13	3,96	0,80	1,952	1,448	1,133	0,755	0,630

Tabla Flamant para tuberías de 1 pulgadas de diámetro

1"

$$j = 4C (V^{1,75} / D^{1,25})$$

$$Q = AV$$

$$j = 6,1C (Q^{1,75} / D^{4,75})$$

Unidades	Caudal Q			V	hv	Pérdidas por fricción en m/m				
	gal/ min	l/min	l/s			Coeficiente de fricción C				
				Fundido 0,00031	Galva- nizado 0,00023	Acero 0,00018	Cobre 0,00012	P.V.C. 0,00010		
5	4	15,14	0,25	0,50	0,01	0,036	0,027	0,021	0,014	0,012
7	6	22,71	0,38	0,75	0,03	0,073	0,054	0,043	0,028	0,024
8	7	26,50	0,44	0,87	0,04	0,096	0,071	0,056	0,037	0,031
10	8	30,28	0,50	1,00	0,05	0,121	0,090	0,071	0,047	0,039
12	9	34,07	0,57	1,12	0,06	0,149	0,111	0,087	0,058	0,048
16	12	45,42	0,76	1,49	0,11	0,247	0,183	0,143	0,096	0,080
22	15	56,78	0,95	1,87	0,18	0,365	0,271	0,212	0,141	0,118
27	18	68,13	1,14	2,24	0,26	0,502	0,372	0,291	0,194	0,162
32	21	79,49	1,32	2,61	0,35	0,657	0,488	0,382	0,254	0,212
38	24	90,84	1,51	2,99	0,46	0,830	0,616	0,482	0,321	0,268
45	27	102,20	1,70	3,36	0,58	1,020	0,757	0,593	0,395	0,329
46	28	105,98	1,77	3,49	0,62	1,088	0,807	0,631	0,421	0,351
60	32	121,12	2,02	3,98	0,81	1,374	1,019	0,798	0,532	0,443

Tabla de Flamant para tuberías de 2 pulgadas de diámetro

2"

$$j = (Q / 280CD^{2.63})^{1.85}$$

$$Q = AV$$

Unidades	Caudal			V	hv	Pérdida de carga j en m/m						
	gal/min	l/min	l/s	m/s	m	80	90	100	120	130	140	150
30	20	75,70	1,26	0,62	0,02	0,027	0,022	0,018	0,013	0,011	0,010	0,008
40	25	94,63	1,58	0,78	0,03	0,041	0,033	0,027	0,019	0,017	0,015	0,013
47	30	113,55	1,89	0,93	0,04	0,058	0,046	0,038	0,027	0,023	0,020	0,018
70	35	132,48	2,21	1,09	0,06	0,077	0,062	0,051	0,036	0,031	0,027	0,024
85	40	151,40	2,52	1,24	0,08	0,098	0,079	0,065	0,046	0,040	0,035	0,031
110	45	170,33	2,84	1,40	0,10	0,122	0,098	0,081	0,058	0,050	0,043	0,038
130	50	189,25	3,15	1,56	0,12	0,148	0,119	0,098	0,070	0,060	0,053	0,046
155	55	208,18	3,47	1,71	0,15	0,177	0,142	0,117	0,083	0,072	0,063	0,055
175	60	227,10	3,79	1,87	0,18	0,208	0,167	0,137	0,098	0,085	0,074	0,065
200	65	246,03	4,10	2,02	0,21	0,241	0,194	0,159	0,114	0,098	0,085	0,075
225	70	264,95	4,42	2,18	0,24	0,276	0,222	0,183	0,130	0,112	0,098	0,086
250	75	283,88	4,73	2,33	0,28	0,314	0,252	0,208	0,148	0,128	0,111	0,098
275	80	302,80	5,05	2,49	0,32	0,354	0,284	0,234	0,167	0,144	0,126	0,110
300	85	321,73	5,36	2,65	0,36	0,396	0,318	0,262	0,187	0,161	0,140	0,124
325	90	340,65	5,68	2,80	0,40	0,440	0,354	0,291	0,208	0,179	0,156	0,137
350	95	359,58	5,99	2,96	0,45	0,486	0,391	0,322	0,230	0,198	0,173	0,152
375	1 00	378,50	6,31	3,11	0,49	0,535	0,430	0,354	0,252	0,218	0,190	0,167