

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles con sistema aporticado y de  
confinamiento aplicando elementos finitos en Santa Elena

INGE-2504

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERÍA CIVIL**

Presentado por:

Grace Tatiana Cordero Cedeño

Ricardo Andrés Saldaña Heras

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año:

2024

## **Dedicatoria #1**

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a Dios, por darme la oportunidad, la salud y la fuerza para poder educarme en una institución de prestigio, asimismo, dedico este trabajo a mis padres Jacinto Cordero y Nelly Cedeño por su enorme esfuerzo y apoyo a lo largo de mi carrera. Y por último dedico este proyecto a mi hermana menor, Ruth Cordero porque como hermana mayor quiero ser su ejemplo a seguir.

Grace Tatiana Cordero Cedeño

## **Agradecimiento #1**

Expreso mis sinceros agradecimientos a la PhD. Natividad García y MSc. Ingrid Orta por su valiosa orientación en este proyecto, así como a cada uno de mis docentes a lo largo de la carrera quienes hoy me han formado en una profesional de bien.

Agradezco a mis padres por su sacrificio y esfuerzo en educarme y a familiares por su constante apoyo durante mi vida universitaria en ESPOL, así mismo, agradezco a César, mi novio quien me ha dado muchos ánimos.

Agradezco a mi compañero de proyecto, Ricardo por el apoyo y paciencia brindada, así como a mis amigos Teylon, Bruce, José, Paula, Elian y Anahí quienes tuve la oportunidad de conocer y compartir experiencias muy lindas en mi alma mater ESPOL.

Grace Tatiana Cordero Cedeño

## **Dedicatoria #2**

Este trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, cuyo apoyo constante ha sido fundamental en la culminación de esta investigación.

A mis padres Wilfrido Gereneldo Saldaña Veas y Elsa Patricia Heras Párraga quienes, con su esfuerzo, sacrificio, y valores inculcados me han guiado y apoyado en cada etapa de mi formación académica. Su amor y confianza han sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A mis profesores y tutores, cuyas enseñanzas y orientación han sido cruciales en mi desarrollo profesional y personal. Su dedicación y compromiso con la educación han dejado una huella imborrable en mi formación.

A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental en la realización de este proyecto, el cual representa no solo un logro personal, sino también el reflejo del esfuerzo colectivo y del valor del conocimiento compartido.

Ricardo Andrés Saldaña Heras

## **Agradecimiento #2**

Quiero dedicar este trabajo a la memoria de aquellos seres queridos que, aunque ya no están físicamente con nosotros, su legado y enseñanzas continúan guiando mis pasos. A mis abuelos quienes, con su sabiduría, valores y amor incondicional, me inspiraron a buscar siempre el conocimiento y la excelencia. Su ejemplo de vida permanece en mi corazón y en cada decisión que tomo.

A todos aquellos que han partido, pero dejaron una huella imborrable en mi vida, les agradezco profundamente por las lecciones impartidas y los momentos compartidos. Desde el cielo, su presencia sigue siendo una fuente de fortaleza y motivación.

Este logro también es suyo, y confío en que, con su guía desde el cielo, continuaré avanzando hacia un futuro lleno de esperanza, crecimiento y realización.

Ricardo Andrés Saldaña Heras

## Declaración Expresa

---


Nosotros, Grace Tatiana Cordero Cedeño y Ricardo Andres Saldaña Heras acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 23 de mayo del 2024.



Grace Tatiana Cordero Cedeño



Ricardo Andres Saldaña Heras

## Evaluadores



Firmado electrónicamente por:  
INGRID TATIANA ORTA  
ZAMBRANO

---

**MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano**

Profesor de Materia Integradora



Firmado electrónicamente por:  
NATIVIDAD LEONOR  
GARCIA TRONCOSO

---

**PhD. Natividad Leonor García Troncoso**

Tutor de Proyecto

## Resumen

El proyecto logró el objetivo de analizar el comportamiento sísmico de un sistema estructural compuesto diseñado para una vivienda ubicada en la zona costera de la provincia de Santa Elena, Ecuador, dónde la zona se ha caracterizado por una frecuente actividad sísmica, alta humedad y salinidad. La hipótesis de este estudio plantea que el uso de un sistema que combine pórticos estructurales y muros de confinamiento presenta mejor respuesta ante la resistencia sísmica y la durabilidad de las edificaciones; basados en la principal razón de la necesidad de desarrollar edificios que puedan resistir condiciones ambientales extremas y terremotos, proteger a los residentes y optimizar costos. Para ello, se analizaron métodos de construcción en detalle durante el desarrollo del proyecto y se utilizó un software de elementos finitos para modelar el comportamiento estructural, dónde se adoptó las normas nacionales e internacionales para que se garantice la seguridad de la estructura.

Los resultados mostraron que el sistema estructural propuesto logró un desempeño superior en términos de resistencia sísmica y durabilidad en comparación con los sistemas convencionales. Además, se observó una reducción de la corrosión del material, alargando la vida útil del edificio.

**Palabras clave:** Sistemas estructurales, actividad sísmica, resistencia, análisis de elementos finitos



## **Abstract**

The project successfully achieved the objective of analyzing the seismic behavior of a composite structural system designed for a house located in the coastal region of Santa Elena, Ecuador, an area characterized by frequent seismic activity, high humidity, and salinity. The hypothesis of this study posits that using a system combining structural frames with confinement walls offers improved seismic resistance and durability for buildings. This is based on the critical need to develop structures that can withstand extreme environmental conditions and earthquakes, protect residents, and optimize costs. Various construction methods were thoroughly analyzed throughout the project, and finite element software was utilized to model the structural behavior, adhering to both national and international standards to ensure the safety of the structure.

The results demonstrated that the proposed structural system achieved superior performance in terms of seismic resistance and durability compared to conventional systems. Additionally, a reduction in material corrosion was observed, extending the building's lifespan.

**Keywords:** Structural systems, seismic activity, resistance, finite element analysis.

## Índice de contenido

CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Descripción del Problema .....	4
1.3 Justificación del Problema.....	5
1.4 Objetivos .....	7
CAPITULO 2.....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 Revisión Literaria.....	9
2.1.1 Aspectos económicos .....	9
2.1.2 Aspectos técnicos .....	9
2.1.3 Aspectos ambientales .....	10
2.1.4 Análisis no lineal por elementos finitos.....	10
2.1.5 Sistema constructivo aporticado.....	12
2.1.6 Comparación de sistemas tradicionales con el sistema combinado .....	12
2.2 Área de estudio.....	16
2.2.1 Trabajo de campo y laboratorio.....	18
2.2.2 Análisis de datos .....	18
2.2.3 Granulometría .....	20
2.2.4 Propiedades Químicas y Compacidad .....	21
2.3 Análisis de alternativas.....	22
2.3.1 Estructural .....	22
2.3.2 Estética.....	24
CAPITULO 3.....	25
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	26
3.1 Diseños.....	26

3.1.1	Cimentación .....	26
3.1.2	Losa.....	27
3.1.3	Sistema aporticado y muros de carga (Sistema dual).....	27
3.1.4	Columnas .....	29
3.1.5	Vigas .....	29
3.2	Cargas de diseño .....	29
3.2.1	Cargas gravitacionales.....	29
3.2.1.1	Carga viva .....	29
3.2.1.2	Carga muerta .....	30
3.2.2	Carga sísmica .....	31
3.2.2.1	Espectro elástico de respuesta .....	31
3.2.3	Combinaciones de cargas .....	38
3.2.4	Diseño del modelado de la vivienda en hormigón armado .....	39
3.2.5	Resistencia de los materiales .....	40
3.2.5.1	Hormigón de 210 kgf/cm <sup>2</sup> y 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	40
3.2.5.2	Acero de refuerzo de 4200 kgf/cm <sup>2</sup> .....	41
3.2.6	Dimensionamiento de los elementos estructurales .....	42
3.2.6.1	Diseño flexo-compresión de las columnas .....	42
3.2.6.1.1	Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural .....	42
3.2.6.1.2	Detalles del diseño de la Columna.....	43
3.2.6.1.4	Propiedades de los materiales de la Columna.....	44
3.2.6.1.5	Coefficientes de reducción de los parámetros de diseño .....	44
3.2.6.1.6	Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para Pu, Mu2, Mu3 .....	44
3.2.6.1.7	Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial .....	44
3.2.6.1.8	Diseño de Cortante para Vu2, Vu3.....	44
3.2.6.1.9	Comprobación columna más desfavorable .....	45
3.2.6.1.10	Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural .....	47
3.2.6.1.11	Detalles del diseño de la Columna .....	48

3.2.6.1.12	Propiedades de la sección de la Columna.....	48
3.2.6.1.13	Propiedades de los materiales de la Columna.....	48
3.2.6.1.14	Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño.....	49
3.2.6.1.15	Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para $P_u$ , $M_{u2}$ , $M_{u3}$ .....	49
3.2.6.1.16	Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial .....	49
3.2.6.1.17	Diseño de Cortante para $V_{u2}$ , $V_{u3}$ .....	49
3.2.6.1.18	Comprobación columna más desfavorable .....	50
3.2.6.1.19	Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural .....	52
3.2.6.1.20	Detalles del diseño de la Columna .....	53
3.2.6.1.21	Propiedades de la sección de la Columna.....	53
3.2.6.1.22	Propiedades de los materiales de la Columna.....	53
3.2.6.1.23	Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño.....	54
3.2.6.1.24	Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para $P_u$ , $M_{u2}$ , $M_{u3}$ .....	54
3.2.6.1.25	Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial .....	54
3.2.6.1.26	Diseño de Cortante para $V_{u2}$ , $V_{u3}$ .....	54
3.2.6.1.27	Comprobación columna más desfavorable .....	55
3.2.6.1.28	Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural .....	57
3.2.6.1.29	Detalles del diseño de la Columna .....	59
3.2.6.1.30	Propiedades de la sección de la Columna.....	59
3.2.6.1.31	Propiedades de los materiales de la Columna.....	59
3.2.6.1.32	Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño.....	59
3.2.6.1.33	Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para $P_u$ , $M_{u2}$ , $M_{u3}$ .....	59
3.2.6.1.34	Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial .....	60
3.2.6.1.35	Diseño de Cortante para $V_{u2}$ , $V_{u3}$ .....	60
3.2.6.1.36	Comprobación columna más desfavorable .....	60
3.2.6.2	Diseño a flexión en las vigas .....	66
3.2.6.2.1	Cuantía de diseño según ACI318 -19 con análisis en software estructural .....	67
3.2.6.2.2	Detalles del diseño de la viga .....	67

3.2.6.2.3	Propiedades de la sección de la Viga.....	67
3.2.6.2.4	Determinación de la altura mínima.....	68
3.2.6.2.5	Determinación de la base.....	69
3.2.6.2.6	Propiedades de los materiales de la Columna.....	69
3.2.6.2.7	Coefficientes de reducción de los parámetros de diseño.....	69
3.2.6.2.8	Diseño de Momento y Refuerzo a Flexión para Momento.....	70
3.2.6.2.9	Fuerza Cortante y Refuerzo para Corte, $V_u$ .....	71
3.2.6.2.10	Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, $T_u$ (Parte 1 de 2).....	71
3.2.6.2.11	Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, $T_u$ (Parte 2 de 2).....	72
3.2.6.2.12	Cálculo de acero.....	72
3.2.6.3	Diseño de muros de carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)	79
3.2.6.3.1	Modelado de muros de carga.....	80
3.2.6.3.2	Análisis estructural.....	80
3.2.6.3.3	Cálculo de esfuerzos y deformaciones.....	81
3.2.6.3.4	Optimización del diseño.....	81
3.2.6.4	Diseño de losa aligerada carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)	87
3.2.6.4.1	Análisis estructural.....	88
3.2.6.5	Diseño de cimentación carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)	93
3.2.6.5.1	Cálculo de capacidad portante del suelo.....	94
3.2.6.5.2	Determinación del ángulo de fricción interna.....	94
3.2.6.5.3	Factores de capacidad portante de Terzaghi.....	95
3.2.6.5.4	Capacidad portante de Terzaghi.....	95
3.2.6.5.5	Cálculo del área de la zapata.....	96
3.2.6.5.6	Comprobación de asentamientos.....	98
3.2.6.6	Análisis estructural.....	100

3.3	Especificaciones Técnicas .....	104
3.3.1	Actividades Previas .....	104
3.3.2	Replanteo .....	104
3.3.3	Movimiento de tierra para cimentación de muro y zapatas.....	105
3.3.4	Estructura .....	106
3.3.4.1	Hormigón .....	106
3.3.4.2	Acero de refuerzo.....	109
3.3.5	Mampostería de Bloque.....	109
3.3.6	Enlucido .....	110
3.3.7	Pintura de interior y exterior.....	111
3.3.8	Pisos .....	112
3.3.9	Cerámica para paredes y baños .....	113
3.3.10	Cubierta de cielo raso de gypsum.....	114
CAPÍTULO 4.....		116
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	117
4.1	Descripción del proyecto.....	117
4.2	Línea Base Ambiental .....	117
4.2.1	Actividades del Proyecto.....	118
4.2.2	Identificación de impactos ambientales (Matriz de Leopold) .....	119
4.2.3	Valoración de Impactos Ambientales (Valoración cualitativa).....	122
4.2.4	Medidas de mitigación .....	123
CAPITULO 5.....		125
5.	PRESUPUESTO .....	126
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo .....	126
5.2	Rubros y análisis de precios unitario .....	127
5.2.1	Rubro A. Fase Preliminar .....	127
5.2.1.1	Rubro A.1 Limpieza del terreno .....	127

5.2.1.2	Rubro A.2 Nivelación del Terreno .....	127
5.2.2	Rubro B. Replanteo .....	127
5.2.2.1	Rubro B.1 Trazado del terreno definido en planos .....	127
5.2.3	Rubro C. Movimientos de tierra .....	128
5.2.3.1	Rubro C.1 Excavación manual para la cimentación .....	128
5.2.3.2	Rubro C.2 Relleno compactado con mejoramiento .....	129
5.2.3.3	Rubro C.3 Desalojo de material suelo natural .....	130
5.2.3.4	Rubro C.4 Fumigación y control de humedad .....	130
5.2.3.5	Rubro C.5 Drenaje y control de salinidad.....	130
5.2.3.6	Rubro C.6 Drenaje y control de salinidad.....	131
5.2.4	Rubro D. Estructura.....	131
5.2.4.1	Rubro D.1 Encofrado y desencofrado de elementos estructurales .....	131
5.2.4.2	Rubro D.2 Zapatas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ].....	135
	Tabla 43 .....	136
	<i>Rubro D.2 zapatas</i> .....	136
5.2.4.3	Rubro D.3 Varillas de acero de refuerzo colocado 4200 [kg - cm <sup>2</sup> ].....	136
5.2.4.4	Rubro D.4 Contrapiso de H.S. con e = 10 cm.....	137
5.2.4.5	Rubro D.5 Columnas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ].....	137
5.2.4.6	Rubro D.6 Columnas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ].....	138
5.2.4.7	Rubro D.7 Vigas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ].....	138
5.2.4.8	Rubro D.8 Vigas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ].....	139
5.2.4.9	Rubro D.9 Losa aligerada de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ] con e= 20 cm.....	139
5.2.4.10	Rubro D.10 Cubierta metálica .....	140
5.2.5	Rubro E. Mampostería .....	140
5.2.5.1	Rubro E.1 Pared de bloque de cemento .....	140
5.2.6	Rubro F. Acabados .....	141
5.2.6.1	Rubro F.1 Enlucido .....	141

5.2.6.2	Rubro F.2 Pintura de interior .....	141
5.2.6.3	Rubro F.3 Pintura de exterior .....	142
5.2.6.4	Rubro F.4 Cerámica de paredes y baños.....	142
5.2.7	Rubro G. Pisos .....	142
5.2.7.1	Rubro G.1 Revestimiento de piso con porcelanato .....	142
5.2.8	Rubro H. Cubierta de cielo raso .....	142
5.2.8.1	Rubro H.1 Cielo raso de gypsum.....	142
5.3	Descripción de cantidades de obra .....	143
5.4	Valoración integral del costo del proyecto .....	144
5.5	Cronograma de obra.....	144
CAPITULO 6.....		146
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	147
6.1	Conclusiones .....	147
6.2	Recomendaciones.....	149
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	151
8.	ANEXOS .....	154
8.1	Análisis de precios unitarios.....	154
8.2	Planos y Memorias de Cálculo .....	180



## Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
NEC-SE-CG	Normativa Ecuatoriana de Construcción - Sección Cargas Gravitacionales
NEC-SE-DS	Normativa Ecuatoriana de Construcción - Sección Diseño Sísmico
FEM	Finite Elements Method
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
ANNEF	Análisis No Lineal por Elementos Finitos.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos

## Simbología

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
m	Metro	$\phi_T$	Factor de reducción de resistencia para tensión
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado	$\phi_{CTied}$	Factor de reducción para compresión con estribos
m <sup>3</sup>	Metro cúbico	$\phi_{CSpiral}$	Factor de reducción para compresión con espirales
cm	Centímetro	$\phi_{Vns}$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado	$\phi_{Vs}$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
kgf	Kilogramo fuerza	$\phi_{joint}$	Factor de reducción de resistencia para cortante en juntas
ton	Tonelada	$\Omega_0$	Factor de capacidad de diseño
s	Segundo	$P_u$	Fuerza axial de diseño
g	Aceleración debida a la gravedad	$M_{u2}$	Momento flector de diseño en el eje 2
$\mu$	Coeficiente de fricción	$M_{u3}$	Momento flector de diseño en el eje 3
$\sigma$	Esfuerzo o tensión	$M_2$	Momento mínimo en el eje 2
$\tau$	Esfuerzo cortante	$M_3$	Momento mínimo en el eje 3
$\nu$	Coeficiente de Poisson	$A_{sr}$	Área mínima de la sección transversal del acero de refuerzo
$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto	$\rho$	Porcentaje de refuerzo en relación al área total de la sección

$\rho$	Densidad del material	$\gamma$	Relación capacidad de carga resistente y la carga de diseño aplicada
M	Momento flector	$c_{m2}$	Curvatura principal en el eje 2
V	Fuerza cortante	$c_{m3}$	Curvatura principal en el eje 3
P	Carga axial	$V_{u2}$	Fuerza cortante en el eje 2
$\Delta$	Desplazamiento o deflexión	$\phi V_{c2}$	Resistencia al cortante nominal en el eje 2
$\theta$	Ángulo de rotación	$\phi V_{s2}$	Resistencia al cortante por el refuerzo en el eje 2
$\Phi$	Factor de reducción de resistencia	$A_{(v_{s2})}$	Relación entre el área del refuerzo y la distancia de separación en el eje 2
pH	Potencial de Hidrógeno	$V_{u3}$	Fuerza cortante en el eje 3
msnm	Metros sobre el nivel del mar	$\phi V_{c3}$	Resistencia al cortante nominal en el eje 3
Z	Factor de zona sísmica	$\phi V_{p3}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo en el eje 3
Fa	Factor de amplificación del suelo para períodos cortos	$I_X$	Momento de inercia en el eje X
Fd	Factor de amplificación del suelo para períodos largos	$I_Y$	Momento de inercia en el eje Y
Fs	Factor de amplificación del suelo para períodos intermedios	$P_n$	Capacidad nominal de la columna
I	Coefficiente de importancia de la estructura	$M_{n2}$	Momento nominal en el eje 2

R	Factor de reducción de resistencia sísmica	M_n3	Momento nominal en el eje 3
Ct	Coeficiente de Tipo de Estructura	S_max	Separación máxima de estribos según NEC 2015
$\alpha$	Coeficiente de Amortiguamiento	$\phi_{est}$	Diámetro de los estribos
Tc	Período Característico	A_v	Área de estribo (doble ramal)
TL	Período Límite	V_c	Resistencia al corte del concreto
To	Período de Inicio	S_req	Separación requerida de los estribos
$\eta$	Factor de Ajuste Regional	B	Base de la sección transversal de la columna (mm)
r	Coeficiente de Reducción de Suelo	H	Altura de la sección transversal de la columna (mm)
Ro	Factor de Reducción para Sistema Dual	f <sub>c</sub>	Resistencia a la compresión del concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ia	Coeficiente de Irregularidad en Altura	f <sub>y</sub>	Límite elástico del acero de refuerzo (kgf/cm <sup>2</sup> )
Ip	Coeficiente de Irregularidad en Piso	f <sub>ys</sub>	Límite elástico del acero para estribos (kgf/cm <sup>2</sup> )
hn	Altura máxima del Edificio	$\phi_{ve}$	Diámetro de la barra de refuerzo transversal (cm)
T	Período de Oscilación	$\phi_{est}$	Diámetro del estribo (cm)
Sa	Aceleración Espectral	$\phi_{ct}$	Recubrimiento de torsión (cm)
C	Coeficiente Sísmico	$\phi_{cb}$	Recubrimiento de la barra (cm)
D	Carga Muerta	Le	Longitud basada en el software (m)

L	Carga Viva	Be	Base basada en el software (cm)
Ex	Carga Horizontal en la dirección X	He	Altura basada en el software (cm)
Ey	Carga Horizontal en la dirección Y	Bf	Ancho del ala (cm)
Comb	Combinación de Cargas	$\rho_{\min}$	Cuantía mínima de refuerzo
A_g	Área Bruta Área de la Sección	$\rho_b$	Cuantía balanceada
A_s	Transversal del Acero de Refuerzo	$\rho_{\max}$	Cuantía máxima
$\rho_{\min}$	Cuantía Mínima	As_sup	Área de refuerzo a flexión para momentos negativos
$\rho_{\max}$	Cuantía Máxima	As_psup	Área de refuerzo a flexión para momentos positivos
A_smín	Área Mínima de Acero de Refuerzo	As_min_sup	Área mínima de refuerzo
D_c	Diámetro Mínimo de la Barra de Refuerzo	As_r_sup	Área total de refuerzo requerida
T_c	Recubrimiento Mínimo Requerido	As_inf	Área de refuerzo a flexión para momentos negativos (inferior)
L	Largo	As_pinf	Área de refuerzo a flexión para momentos positivos (inferior)
A	Ancho	As_min_inf	Área mínima de refuerzo (inferior)
n_v	Número de Varillas	As_r_inf	Área total de refuerzo requerida (inferior)
$\phi_v$	Diámetro de Varilla	Vu2	Fuerza cortante para Eje 2 (kgf)

L_c	Altura Total de la Columna	$\phi V_{c2}$	Resistencia al cortante nominal (kgf)
L_H	Altura Libre de la Columna	$\phi V_{s2}$	Resistencia al cortante por el refuerzo (kgf)
CPB1	Códigos de Referencia para Columnas	$\phi V_{p2}$	Resistencia al cortante por adicionales de refuerzo (kgf)
E	Módulo de elasticidad del concreto	$A_{v_s2}$	Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo (cm <sup>2</sup> /cm)
f_y	Límite elástico del acero de refuerzo	Tu	Momento torsor (kgf·cm)
f_ys	Límite elástico del acero para estribos	$\phi T_{th}$	Capacidad de torsión por fisuración (kgf·cm)

## Índice de Ilustraciones

Figura 1 – Gráfico de línea de series de precipitación anual (basado en Madelaine Catuto, 2020).....	5
Figura 2 – Tipos de Sistemas Constructivos (basado en Andres Ceballos, 2019).....	13
Figura 3 – Ubicación del Proyecto (Google Earth, 2024) .....	17
Figura 4 – Área del Proyecto (Autores, 2024).....	18
Figura 5 – Planimetría del Proyecto (Autores, 2024) .....	19
Figura 6 – Altimetría del Proyecto (Autores, 2024) .....	20
Figura 7 – Curva Granulométrica .....	21
Figura 8 – Cimentación de la Estructura.....	26
Figura 9 – Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z (NEC-SE-DS, 2015) .....	31
Figura 10 – Espectro Elástico e Inelástico de Respuesta (Autores).....	38
Figura 11 – Modelo analítico de la vivienda de Hormigón Armado (Autores).....	39
Figura 12 – Propiedades del Hormigón (Autores).....	40
Figura 13 – Propiedades del Acero de Refuerzo (Autores) .....	41
Figura 14. Tipo de columna #1 .....	42
Figura 15 – Modelado de columnas tipo #1.....	45
Figura 16. Tipo de columna #2 .....	47
Figura 17 – Modelado de columnas tipo #2.....	50
Figura 18. Tipo de columna #3 .....	52
Figura 19 – Modelado de columnas tipo #3.....	55
Figura 20. Tipo de columna #4 .....	57
Figura 21 – Modelado de columnas tipo #4.....	61

Figura 22 – (a) Momento flector en columnas [kgf-cm], (b) Carga axial en columnas [kgf/cm <sup>2</sup> ], (c) Fuerza cortante en columnas [kgf] .....	64
Figura 23 - Tipo de viga #1.....	67
Figura 24 – Diagrama de Momentos .....	69
Figura 25 - Modelado de vigas tipo #1 .....	72
Figura 26 – (a) Fuerza Cortante en vigas [kgf], (b) Fuerza de torsión en vigas [kgf-cm], (c) Momento flector en vigas [kgf-cm] .....	78
Figura 27 - Momentos mínimos en Eje A.....	82
Figura 28 - Momentos máximos en Eje A.....	82
Figura 29 – Momentos mínimos Eje E .....	83
Figura 30 – Momentos máximos Eje E.....	83
Figura 31– Momentos mínimos Eje 5.....	84
Figura 32 – Momentos máximos Eje 5 .....	84
Figura 33 – Momentos mínimos Eje D.....	84
Figura 34 – Momentos máximos Eje D .....	85
Figura 35 – Momentos mínimos en la losa PB .....	89
Figura 36 – Momentos máximos en la losa PB .....	89
Figura 37 – Momentos mínimos en la losa PA.....	90
Figura 38 – Momentos máximos en la losa PA .....	90
Figura 39 – Momentos mínimos cimentación .....	101
Figura 40 – Momentos máximos cimentación.....	101
Figura 41 - Matriz de Leopold aplicada al proyecto.....	121
Figura 42 - Plan de trabajo del proyecto .....	126
Figura 43. Diseño Arquitectónico.....	141
Figura 44 - Cronograma de Obra .....	145



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> .....	16
<b>Tabla 2</b> .....	18
<b>Tabla 3</b> .....	21
<b>Tabla 4</b> .....	23
<b>Tabla 5</b> .....	23
<b>Tabla 6</b> .....	24
<b>Tabla 7</b> .....	30
<b>Tabla 8</b> .....	30
<b>Tabla 9</b> .....	30
<b>Tabla 10</b> .....	33
<b>Tabla 11</b> .....	33
<b>Tabla 12</b> .....	33
<b>Tabla 13</b> .....	34
<b>Tabla 14</b> .....	35
<b>Tabla 15</b> .....	35
<b>Tabla 16</b> .....	37
<b>Tabla 17</b> .....	65
<b>Tabla 18</b> .....	66
<b>Tabla 19</b> .....	79
<b>Tabla 20</b> .....	79
<b>Tabla 21</b> .....	87
<b>Tabla 22</b> .....	92
<b>Tabla 23</b> .....	92
<b>Tabla 24</b> .....	93

<b>Tabla 25</b> .....	96
<b>Tabla 26</b> .....	102
<b>Tabla 27</b> .....	103
<b>Tabla 28</b> .....	103
<b>Tabla 29</b> .....	103
<b>Tabla 30</b> .....	104
<b>Tabla 31</b> .....	107
<b>Tabla 32</b> .....	118
<b>Tabla 33</b> .....	118
<b>Tabla 34</b> .....	120
<b>Tabla 35</b> .....	120
<b>Tabla 36</b> .....	122
<b>Tabla 37</b> .....	123
<b>Tabla 38</b> .....	124
<b>Tabla 39</b> .....	132
<b>Tabla 40</b> .....	133
<b>Tabla 41</b> .....	134
<b>Tabla 42</b> .....	135
<b>Tabla 43</b> .....	136
<b>Tabla 44</b> .....	136
<b>Tabla 45</b> .....	137
<b>Tabla 46</b> .....	137
<b>Tabla 47</b> .....	138
<b>Tabla 48</b> .....	138
<b>Tabla 49</b> .....	139

<b>Tabla 50</b> .....	140
<b>Tabla 51</b> .....	140
<b>Tabla 52</b> .....	143
<b>Tabla 53</b> .....	144

### **Índice de Planos**

A101.1 Plano de Diseño Arquitectónico: Planta Baja y Planta Alta

A101.2 Plano de Diseño Arquitectónico: Planta Alta Hab. Máster y Cortes

A102 Plano Arquitectónico: Cortes y Fachadas

A103 Plano Arquitectónico: Vista en planta y Cubierta

A104 Plano Arquitectónico: Vista en planta y 3D

A105 Plano Arquitectónico: Elevaciones Arquitectónicas

ES101 Plano Estructural: Cimentación

ES102 Plano Estructural: Riostras

ES103 Plano Estructural: Columnas

ES104 Plano Estructural: Vigas

ES105 Plano Estructural: Losas

ES106 Plano Estructural: Muros

## **CAPITULO 1**

# 1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los países latinoamericanos con alta actividad sísmica debido a que la ubicación del país se encuentra en medio del Cinturón de Fuego del Pacífico, una región donde se encuentran varias placas tectónicas, incluyendo la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Es por eso que la normativa ecuatoriana tiene en consideración ciertos factores que normalmente son despreciables en otras partes del mundo. Debido a esto los profesionales se han visto obligados a ingeniar nuevos métodos constructivos que ayuden a mitigar los efectos negativos de estos fenómenos físicos en las estructuras residenciales. Gracias a la creciente demanda global por edificaciones sostenibles y duraderas en el campo de la ingeniería civil, la elección de sistemas estructurales tradicionales representa un desafío significativo, debido a la amplia gama de sistemas estudiados y su desempeño óptimo, el cual varía según las características sísmicas específicas del terreno en el que se desarrolla el proyecto.

Es por eso en el siguiente proyecto integrador se analizará y diseñará el desempeño sísmico de un sistema estructural combinado el cual se integran en un solo sistema marcos o portales que proporcionan resistencia lateral y columnas de sección corta diseñadas específicamente para soportar cargas verticales, transmitiendo el peso de la estructura y las cargas vivas a los cimientos. Este proyecto de tesis ubicado en la parroquia Santa Elena en la ciudad de Santa Elena se sitúa en una región que combina un entorno árido con una elevada humedad relativa y un ambiente salino característico, sumado a que la costa ecuatoriana es uno de los sectores más afectados por la actividad sísmica. Por lo tanto, en este desarrollo del proyecto no solo hay un desafío que plantea soluciones que aseguren la durabilidad de la estructura, sino que también mitiguen los efectos adversos del entorno, tales como la corrosión y la degradación de materiales.

Para lograr estos objetivos, se implementará un análisis detallado utilizando software de elementos finitos. Esta metodología permitirá simular y evaluar el comportamiento estructural de la vivienda ante diversas cargas, tanto estáticas como dinámicas, considerando la interacción entre los sistemas de pórticos y muros de confinamiento. La elección de esta técnica avanzada de análisis estructural responde a la necesidad de desarrollar un diseño que garantice la seguridad y la resiliencia de la construcción frente a las condiciones sísmicas de la región.

### **1.1 Antecedentes**

Este proyecto integrador tendrá en cuenta los antecedentes que inciden directamente en el diseño de la estructura en un ambiente salino como el de la provincia de Santa Elena, lo que podría afectar la resistencia y durabilidad de la estructura en el tiempo, así como la importancia de que las normas nacionales se aplican estrictamente para mitigar los riesgos sísmicos, asegurando así la integridad estructural de la vivienda. Además, se debe tener en cuenta el cumplimiento de los códigos locales y nacionales de construcción y seguridad sísmica. Esto incluye una comprensión profunda de los códigos de construcción y códigos sísmicos vigentes, así como de otras regulaciones relacionadas, que pueden variar según la ubicación geográfica.

Dado que los diseños de las edificaciones deben ser planificados y ejecutados utilizando los materiales idóneos y técnicas constructivas adecuadas para garantizar la vida útil y la seguridad de la estructura en ambientes exigentes y ante posibles eventos sísmicos el cumplimiento estricto de las normas de construcción se vuelve fundamental para evitar problemas durante la construcción y, lo que es más importante, proteger la vida y la seguridad de los futuros residentes. La provincia de Santa Elena es una zona sísmicamente activa, lo que requiere una atención minuciosa de las normativas de construcción y seguridad sísmica para garantizar la protección de las construcciones y sus ocupantes.

Las normativas nacionales proporcionan un marco esencial para el diseño y la construcción de estructuras que puedan resistir eventos sísmicos, especialmente en el Ecuador, el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) y el Reglamento Ecuatoriano de Construcción y Seguridad Sísmica (NEC-SE-DS) establecen criterios que deben seguirse para el diseño y construcción de estructuras resistentes a sismos. Estos códigos exigen que las edificaciones sean diseñadas para soportar las fuerzas sísmicas esperadas en la región, utilizando factores de seguridad adecuados y procedimientos de diseño específicos, como el análisis dinámico y la consideración de desplazamientos laterales. El cumplimiento de estos códigos no solo garantiza la integridad estructural, sino que también protege la vida de los ocupantes al minimizar el riesgo de colapso durante un evento sísmico. Además, las normativas locales son un poco más estrictas en los factores considerados debido a que por cada región y la calidad del suelo estos factores y las técnicas constructivas recomendadas son más efectivas para mitigar los efectos sísmicos.

Asimismo, las técnicas constructivas deben adaptarse a las condiciones locales. En zonas sísmicas, es esencial emplear sistemas estructurales que aumenten la ductilidad de las estructuras, permitiéndoles absorber y disipar la energía sísmica sin sufrir daños significativos. Esto puede lograrse mediante el diseño de detalles estructurales específicos, como juntas que permitan movimientos controlados, y la implementación de prácticas avanzadas en ingeniería y construcción, alineadas con las mejores normativas y estándares para enfrentar los retos que presenta un ambiente tan exigente como el de Santa Elena, proporcionando soluciones duraderas y seguras para la comunidad.

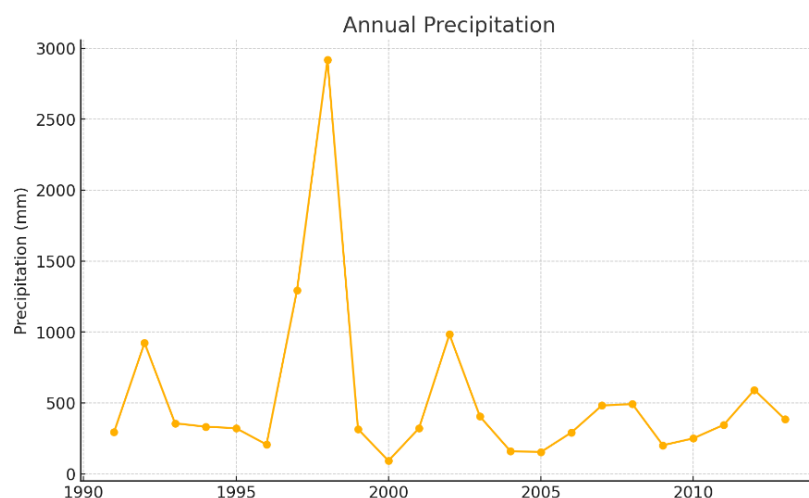
## **1.2 Descripción del Problema**

Establecer el diseño de la vivienda implica nivelar el terreno, y considerar el ambiente salino de la zona para no afectar resistencia, duración del diseño. El problema central que este proyecto integrador busca abordar es el diseño de una vivienda unifamiliar de dos niveles.

Además, la ubicación de la vivienda en una zona con ambiente salino plantea desafíos adicionales. El ambiente marino puede tener un impacto corrosivo en los materiales de construcción, lo que podría comprometer la resistencia y durabilidad de la estructura a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se necesitan recomendaciones de diseño de los materiales a utilizar y las técnicas de construcción para mitigar los efectos del ambiente salino y garantizar la vida útil de la vivienda. El diseño de la vivienda también debe cumplir con las normativas locales y nacionales para asegurar su seguridad ante eventos sísmicos. Esto implica una comprensión profunda de los códigos de construcción, las regulaciones sísmicas, y otras normativas relacionadas que varían según la ubicación geográfica.

### 1.3 Justificación del Problema

El terreno del proyecto está ubicado en una región árida/desértica, caracterizada por una precipitación promedio de 458 mm tal como se puede visualizar en la Figura 1, temperaturas que oscilan entre los 17 y 40 °C, una humedad media del 82% y un ambiente salino, lo que implica desafíos significativos para el diseño y la construcción de estructuras habitacionales. La falta de investigaciones exhaustivas sobre el comportamiento de sistemas estructurales combinados en condiciones ambientales adversas resalta la necesidad de un análisis detallado y riguroso en este ámbito (Catuto, 2020).



*Figura 1 – Gráfico de línea de series de precipitación anual (basado en Madelaine Catuto, 2020)*



Como ingenieros civiles comprometidos con el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida, nos proponemos estudiar y comprender los sistemas estructurales combinados bajo un diseño que permita afrontar de manera óptima las condiciones adversas del entorno. Específicamente, este proyecto se enfocará en analizar y comparar sistemas tradicionales de hormigón armado, considerando aspectos como costos de construcción, desempeño sísmico y ciclo de vida, con el objetivo de encontrar soluciones eficientes y económicamente viables.

El propósito último de este estudio es estandarizar un sistema constructivo que, apoyado en herramientas de modelado 3D y análisis no lineal por elementos finitos, facilite el diseño y la construcción de viviendas de hasta dos plantas en zonas costeras de América del Sur y América Central. Esto permitirá mejorar la resiliencia estructural de las comunidades frente a condiciones climáticas adversas, al mismo tiempo que se optimizan los procesos de construcción y se fomenta el desarrollo urbano sostenible en la región.

Por lo tanto, las ventajas más notorias que se obtienen al resolver esta problemática dentro de nuestro diseño es que la durabilidad de la vivienda no se verá afectada a corto plazo por estos fenómenos y condiciones climáticas ya que al utilizar materiales y técnicas innovadoras se garantiza que la estructura resista la corrosión y los sismos intensos que podría sufrir la edificación. Como resultado, la seguridad de los ocupantes de la edificación no se verá mermada ya que se asegurará protegiéndolos de riesgos potenciales durante eventos sísmicos.

No resolver esta problemática, por otro lado, podría generar conflictos graves, como el deterioro prematuro de la estructura, riesgos de colapso durante sismos, elevados costos de reparación y problemas legales debido al incumplimiento de normativas. Por ende, es imperativo que el diseño de la vivienda considere todos estos aspectos para garantizar una estructura segura, duradera y conforme a la legislación vigente.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Aplicar el análisis de software de elementos finitos para el desarrollo de un diseño óptimo de una vivienda unifamiliar de dos niveles en la ciudad de Santa Elena, integrando sistemas estructurales de pórticos y muros de confinamiento, con el enfoque de la reducción de los efectos adversos del ambiente salino, garantizando así la estabilidad y durabilidad de la estructura en condiciones ambientales desafiantes.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Desarrollar modelos computacionales utilizando software de elementos finitos simulando el comportamiento estructural de la vivienda ante cargas estáticas y dinámicas, considerando la interacción entre los sistemas de pórticos y muros de confinamiento.

Aplicar tecnologías innovadoras en el diseño y construcción de la vivienda unifamiliar impulsando la industrialización sostenible e inclusiva fomentando la innovación en la infraestructura.

Diseñar sistemas estructurales de pórticos y muros de confinamiento adecuados para la vivienda unifamiliar según la NEC 2015, optimizando su resistencia y estabilidad bajo la influencia de las condiciones ambientales adversas presentes en la región.

Integrar sistemas estructurales y medidas de mitigación de riesgos para el diseño una vivienda unifamiliar sostenible y resiliente, promoviendo ciudades inclusivas y seguras.

## **CAPITULO 2**

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Revisión Literaria**

#### **2.1.1 Aspectos económicos**

El costo inicial de implementación de estos sistemas puede ser más elevado debido a la necesidad de materiales y técnicas de construcción específicas para resistir las condiciones adversas, como el uso de materiales resistentes a la corrosión en ambientes salinos o la implementación de medidas de refuerzo para resistir cargas sísmicas en zonas sísmicamente activas.

Sin embargo, a largo plazo, estos sistemas pueden resultar más económicos debido a su mayor durabilidad y resistencia frente a condiciones ambientales extremas. La inversión inicial en materiales y diseño adecuado puede conducir a una reducción significativa en los costos de mantenimiento y reparación a lo largo de la vida útil de la estructura. Además, la implementación de sistemas estructurales combinados puede contribuir a la reducción de los costos asociados con daños estructurales causados por fenómenos naturales, como inundaciones o terremotos.

#### **2.1.2 Aspectos técnicos**

Es necesario considerar la selección adecuada de materiales que puedan resistir la corrosión, la degradación y otros efectos adversos del ambiente, como la exposición al agua salada en zonas costeras o la presencia de agentes químicos en áreas industriales.

Además, el diseño estructural debe tener en cuenta las cargas y fuerzas específicas asociadas con las condiciones ambientales adversas, como los vientos fuertes, las lluvias intensas, los sismos o la expansión y contracción térmica. Esto puede implicar la implementación de medidas de refuerzo, como el uso de refuerzos estructurales adicionales o

la incorporación de elementos de absorción de energía para mitigar los efectos de las cargas dinámicas.

### **2.1.3 Aspectos ambientales**

Es fundamental considerar el uso de materiales y técnicas de construcción que minimicen el impacto ambiental, como la selección de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental y la implementación de prácticas de construcción sostenibles.

Además, es crucial considerar la capacidad de los sistemas estructurales para resistir y adaptarse a eventos climáticos extremos y otros fenómenos naturales, como tormentas, inundaciones o erosión costera. La implementación de medidas de resiliencia y la integración de diseño ecológico pueden ayudar a minimizar los riesgos ambientales y mejorar la capacidad de las estructuras para resistir condiciones adversas a lo largo del tiempo.

### **2.1.4 Análisis no lineal por elementos finitos**

El análisis no lineal por elementos finitos (ANNEF) es una técnica avanzada de análisis estructural que utiliza métodos computacionales para estudiar el comportamiento de estructuras sometidas a cargas no lineales, como grandes deformaciones, material no lineal, y contacto entre componentes (Tarque et al., 2015). Los inicios de esta metodología se remontan a la década de 1950, cuando los ingenieros comenzaron a explorar la posibilidad de aplicar métodos numéricos para resolver problemas de ingeniería (Andrés Gaviria et al., 2013).

Uno de los primeros usos del método de elementos finitos (MEF) en el análisis estructural se atribuye a los trabajos de los ingenieros civiles Richard Courant y Kurt Otto Friedrichs, junto con el matemático J. T. Oden en la década de 1950 (Padron et al., 2015). Estos pioneros desarrollaron métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales parciales y aplicaron estos métodos a problemas de elasticidad y flujo de fluidos. En la

década de 1960, el método de elementos finitos comenzó a utilizarse en la industria aeroespacial y de defensa para el análisis de estructuras complejas y componentes de aeronaves y vehículos espaciales. Sin embargo, su aplicación en el diseño estructural civil se desarrolló más lentamente debido a limitaciones tecnológicas y computacionales. A medida que la potencia informática aumentó en las décadas de 1970 y 1980, el análisis no lineal por elementos finitos se volvió más accesible y comenzó a utilizarse en una variedad de aplicaciones estructurales, incluyendo edificaciones, puentes, presas y estructuras offshore (Steven & Limaico, 2021).

La capacidad para modelar comportamientos no lineales, como el pandeo, la fluencia y el contacto entre componentes, permitió a los ingenieros abordar problemas de diseño más complejos y optimizar el rendimiento estructural. Hoy en día, el análisis no lineal por elementos finitos es una herramienta estándar en la ingeniería estructural, ampliamente utilizada para el diseño y análisis de una amplia gama de estructuras en diversas industrias. Su desarrollo continuo y la mejora de los algoritmos computacionales han permitido a los ingenieros abordar desafíos estructurales cada vez más complejos con mayor precisión y eficiencia.

La metodología de un análisis no lineal basada en análisis de elementos finitos para una vivienda unifamiliar sigue un procedimiento que implica modelar la estructura tridimensionalmente, definir las condiciones de carga y ejecutar el análisis no lineal. En este análisis, se consideran fenómenos como el pandeo, la fluencia del material y el comportamiento de contacto. Estos parámetros son los que se toman en cuenta para potenciar la resistencia, ductilidad y resiliencia de la estructura.

Para calcular los desplazamientos, esfuerzos y deformaciones en los elementos estructurales, se utilizan fórmulas basadas en principios de mecánica estructural. Por ejemplo, para calcular

los esfuerzos en una viga de concreto reforzado sometida a flexión, se emplea la fórmula correspondiente. Los resultados numéricos obtenidos incluyen desplazamientos máximos, esfuerzos máximos en elementos como columnas y vigas, y deformaciones máximas en elementos y nudos. Además, se obtienen factores de capacidad de carga que indican la seguridad estructural de la vivienda. Estos resultados se utilizan para evaluar el desempeño estructural de la vivienda y garantizar que cumpla con los requisitos de diseño y las normativas locales. Es fundamental trabajar con un ingeniero estructural calificado para interpretar y aplicar estos resultados de manera adecuada en el diseño y análisis de la estructura.

### **2.1.5 Sistema constructivo aporticado**

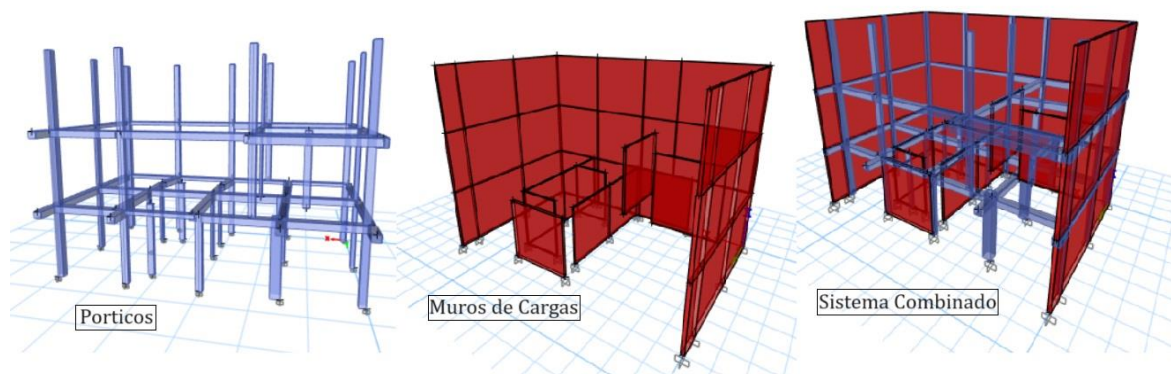
El sistema aporticado de construcción es aquel cuyos elementos estructurales principales formado por vigas y columnas conectados a través de nudos que constituyen pórticos resistentes en las dos direcciones principales de análisis (x e y). Este sistema basa su éxito en la resistencia, la estabilidad y la durabilidad, y permite ejecutar modificaciones al interior de la vivienda sin afectar las vigas. Los muros en este sistema no soportan carga estructural y pueden retirarse para hacer espacio según conveniencia. Además, los muros en este sistema solo sirven para dividir espacios, no para aportar resistencia a la estructura, ya que se implementan después de construidos los pórticos brinda espacios más frescos y permite la construcción de divisiones de ambientes, tabiques, acabados, cielorrasos y cerramientos. (ICASA, 2022)

### **2.1.6 Comparación de sistemas tradicionales con el sistema combinado**

El desarrollo económico y el crecimiento poblacional han ocasionado una creciente presión sobre estos ecosistemas al punto de amenazar con afectar seriamente la sostenibilidad de la biodiversidad, particularmente las costas. La alteración del hábitat es resultado de

actividades tales como las construcciones y las carreteras en las zonas costeras (Soria Vladimir, 2005).

Es por eso por lo que hoy en día establecer métodos constructivos más eficientes y resilientes con el medio ambiente se vuelve crucial como principal propuesta de competencia en el mundo industrial y laboral. Es importante destacar que los diseños de viviendas en ambientes salinos o zonas costeras se ven afectados en su resistencia y duración a edades tempranas generando más gastos y recursos en la operación y mantenimiento de la vivienda. Por lo tanto, se necesitan recomendaciones de diseño de los materiales a utilizar y de las técnicas de construcción para mitigar los efectos del ambiente salino y garantizar la vida útil de la vivienda. Es esencial garantizar que el diseño cumpla con estas normativas para evitar problemas durante o después de la construcción y, lo que es más importante, para proteger la vida y la seguridad de los futuros residentes.



*Figura 2 – Tipos de Sistemas Constructivos (basado en Andres Ceballos, 2019)*

En este contexto al momento de definir un método constructivo para un proyecto con enfoque a viviendas de interés social, es el costo. Según el estudio de análisis comparativo de sistemas constructivos aplicados en viviendas de la ciudad de Guayaquil realizado por la facultad de arquitectura e ingeniería civil de la (UEES), el Ecuador es un país donde el aumento poblacional va de la mano con el aumento en el déficit de viviendas (Cedeño Gabriela, 2015). El mercado de la vivienda en la actualidad, orientado por el gobierno a



través de la banca pública y privada, incentiva la construcción de viviendas de interés social. Esto abre una ventana hacia nuevos métodos constructivos menos costosos para satisfacer esta demanda, teniendo en cuenta que en el país el método más común es el sistema aporticado con estructura de hormigón armado y divisiones de mampostería. Es decir, su esqueleto se conforma por vigas y columnas que están conectadas rígidamente entre sí por nudos lo que le dan la solidez y durabilidad que lo caracteriza y sus muros de ladrillo.

Como se muestra en la Figura 2, el sistema estructural combinado se emplea para resistir fuerzas laterales, además es uno de los sistemas que a lo largo del tiempo se utilizan de forma más recurrente debido a la zona sísmica en la que nos encontramos. Según la norma E-030 (2019) normativa de construcción en México que establece los requisitos para el diseño de estructuras de concreto en edificaciones. “Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros de confinamiento. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio”(Trujillo et al., 2022)

Es por eso que el desempeño sísmico en las edificaciones es de suma importancia al momento de seleccionar un sistema constructivo y los sistemas combinados, permiten integrar elementos de resistencia lateral tanto de acero como de concreto, lo que permite ofrecer un desempeño sísmico notable en comparación con otros sistemas estructurales tradicionales. Estos sistemas aprovechan las ventajas inherentes de cada material para proporcionar una respuesta estructural eficaz frente a cargas sísmicas significativas. Según datos recopilados por investigaciones en ingeniería sísmica, los sistemas combinados han mostrado una reducción significativa en los daños estructurales durante eventos sísmicos en comparación con sistemas tradicionales (Cueto Ferreira, 2024). Lo cual es un excelente método para la ubicación del proyecto debido a ser una zona costera del país categorizada como zona de alta peligrosidad sísmica.

Por ejemplo, un estudio realizado por el Instituto de Ingeniería Sísmica y Estructural encontró que los edificios diseñados con sistemas duales experimentaron hasta un 40% menos de daños estructurales durante terremotos de intensidad moderada a severa en comparación con edificios similares con sistemas convencionales (Velarde Cruz et al., 2022). Una de las razones clave detrás de este desempeño mejorado es la capacidad de los sistemas combinados para redistribuir las cargas sísmicas de manera eficiente entre los elementos de hormigón armado. Además, los sistemas combinados han demostrado ser altamente efectivos para minimizar los desplazamientos y deformaciones excesivas durante eventos sísmicos, lo que contribuye a la seguridad y habitabilidad de las edificaciones.

Los sistemas combinados, si bien ofrecen ventajas en desempeño sísmico, también tienen implicaciones significativas en el impacto ambiental debido al consumo de recursos naturales y la generación de residuos durante su producción y construcción. Según estudios del Instituto de Investigación en Construcción y Medio Ambiente, la fabricación de materiales para sistemas combinados puede requerir hasta un 20% más de energía y generar hasta 100 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado de edificación (Casañas, 2023).

Pero comparándolo en términos de valores de carga por metro cuadrado, los sistemas combinados pueden variar dependiendo de los materiales y tecnologías utilizados. Para este proyecto en específico una vivienda unifamiliar de 2 plantas, las cargas pueden oscilar entre 3 a 5 kN/m<sup>2</sup> para cargas gravitacionales y de 1 a 2 kN/m<sup>2</sup> para cargas sísmicas. Lo que representa una ventaja que sacrifica un 20% más de energía y generación de CO<sub>2</sub>, pero como se muestra en la Tabla 1 el beneficio en resistencia, ductilidad y resiliencia estructural permite asegurar la seguridad y estabilidad a largo plazo de la construcción, mitigando gastos de operación y mantenimientos de la estructura.

**Tabla 1**

*Datos estadísticos de los sistemas estructurales (INEC, 2019)*

	Sistemas Combinados	Sistemas Tradicionales
Impacto Ambiental		
Consumo de energía (%)	20	10
Emisiones de CO <sub>2</sub> (%)	15	8
Generación de residuos (%)	25	15
Resistencia, Ductilidad y Resiliencia		
Resistencia (%)	90	85
Ductilidad (%)	85	80
Resiliencia (%)	95	90

En respuesta a este impacto ambiental, se están desarrollando nuevas tecnologías de construcción más sostenibles, como el concreto reciclado, la madera laminada encolada y los materiales compuestos de fibra de carbono que permitirán que este método combinado sea uno de los sistemas más eficientes para construcciones situadas en zonas con alta actividad sísmica. Estos materiales alternativos pueden tener valores de carga similares a los sistemas combinados convencionales y ofrecer beneficios adicionales en términos de sostenibilidad y eficiencia energética.

## **2.2 Área de estudio**

La ubicación del terreno para el presente proyecto Figura 3 se encuentra en la ciudad de Santa Elena, con coordenadas geográficas (2°13'01.1"S 80°52'08.3"W). Este terreno, perteneciente a un cliente, ha sido designado para la ejecución de una vivienda unifamiliar de dos niveles con sistema aporricado y de confinamiento. Este proyecto, de naturaleza desafiante, requiere la aplicación de múltiples criterios ingenieriles, abordados con rigurosidad y en consonancia con las últimas tecnologías y estándares de desarrollo

sostenible. La implementación de estos criterios garantizará la viabilidad y la durabilidad estructural del proyecto.



*Figura 3 – Ubicación del Proyecto (Google Earth, 2024)*

El proyecto se caracteriza por su dimensión total de 12 metros de longitud y 8 metros de ancho, abarcando un área total de 96 metros cuadrados de terreno, Figura 4. Su propósito es el diseño de una vivienda unifamiliar de dos niveles, utilizando un enfoque arquitectónico contemporáneo. Los espacios previstos en la vivienda incluyen sala de estar, cocina, comedor, baños, dormitorios, garaje, escalera, balcón y patio.



*Figura 4 – Área del Proyecto (Autores, 2024)*

### 2.2.1 Trabajo de campo y laboratorio

Con el propósito de llevar a cabo la delimitación georreferenciada del terreno y la planimetría, se ejecutó un estudio topográfico, visualizar la Figura 5. Este estudio se orientó a comprender a fondo las características topográficas del área, incluyendo su relieve y su impacto en la disposición espacial de la vivienda proyectada, así como en la implementación de sistemas de drenaje apropiados y medidas de mitigación de riesgos.

### 2.2.2 Análisis de datos

A continuación, en la Tabla 2, se muestran los datos topográficos tomados en campo, que permitirán conocer la forma y relieve del terreno del proyecto.

**Tabla 2**

*Datos topográficos*

Elevación del Terreno a 30 msnm					
Pto.	Nombre	Coordenada		Coordenada	Cota
n	i , j	Latitud	Longitud	[Lat, Long]	[m]
1	1C	-2216893	-80868988	-2.216893, -80.868988	1134
2	1A	-2216949	-80868943	-2.216949, -80.868943	0,912

3	4C	-2216938	-80869056	-2.216938, -80.869056	1030
4	4A	-2216995	-80869012	-2.216995, -80.869012	0,720
5	2C	-2216908	-80869011	-2.216908, -80.869011	0,757
6	3C	-2216922	-80869033	-2.216922, -80.869033	0,865
7	3A	-2216982	-80868993	-2.216982, -80.868993	1070
8	2A	-2216967	-80868970	-2.216967, -80.86897	0,788
9	1B	-2216923	-80868966	-2.216923, -80.868966	1180
10	4B	-2216970	-80869033	-2.21697, -80.869033	0,735
11	3B	-2216950	-80869005	-2.21695, -80.869005	1000
12	-	-2216937	-80868926	-2.216937, -80.868926	1316
13	-	-2216910	-80868945	-2.21691, -80.868945	1247
14	-	-2216880	-80868966	-2.21688, -80.868966	1437

En cuanto a la altimetría, en la Figura 6 se muestra la forma del terreno en base a los datos tomados con la finalidad de determinar el diseño adecuado de la cimentación y la estructura de la vivienda, así como para la planificación de sistemas de drenaje eficientes que puedan manejar cualquier gradiente de elevación en el sitio. Permitiendo evaluar y mitigar los riesgos asociados con posibles problemas de erosión, inundaciones o deslizamientos de tierra, asegurando así la seguridad y estabilidad a largo plazo de la construcción.

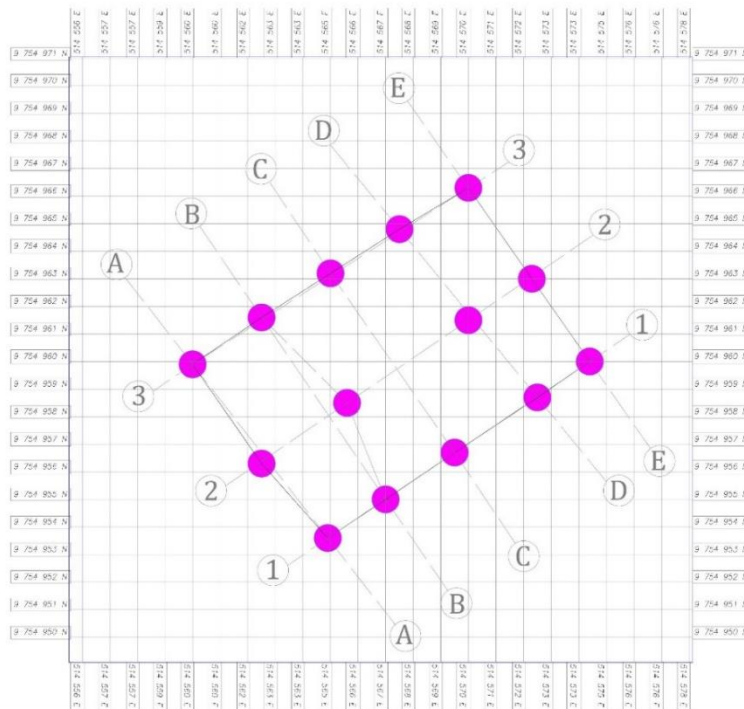
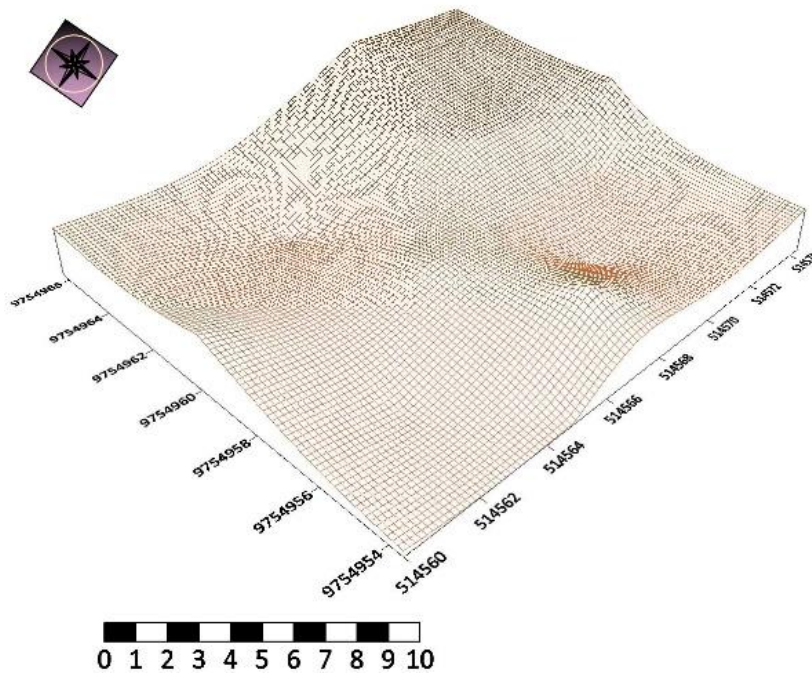


Figura 5 – Planimetría del Proyecto (Autores, 2024)



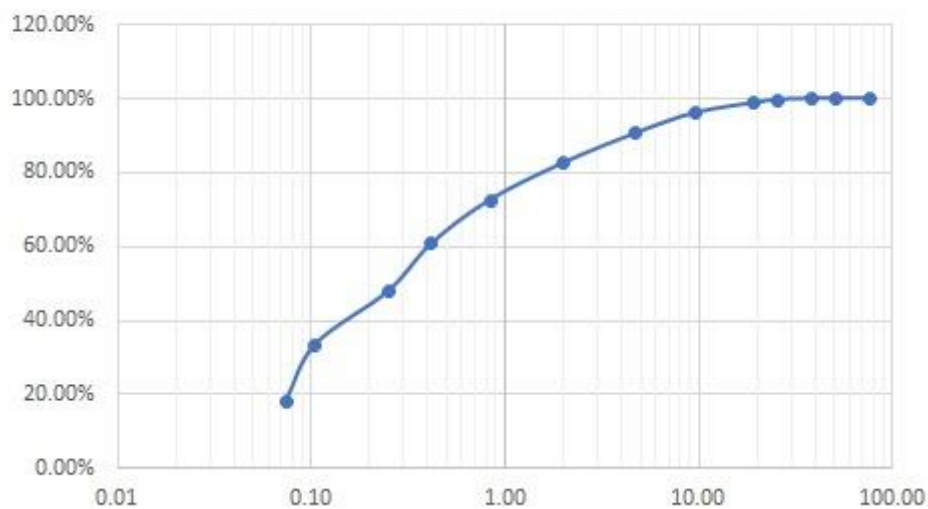
*Figura 6 – Altimetría del Proyecto (Autores, 2024)*

### 2.2.3 Granulometría

La granulometría permite determinar la composición y distribución del tamaño de las partículas del suelo, bajo este contexto los terrenos en zonas costeras como Santa Elena tiene una composición que presenta mezclas de arena, limo y en algunos casos arcilla considerando la presencia de material calcáreo debido a su cercanía al mar (Gonzabay, 2021). El análisis granulométrico mostrado en la Tabla 3 permitió determinar características cruciales que permitirán diseñar una cimentación idónea para la estructura, previniendo y mitigando problemas relacionados con la compactación, la estabilidad y el drenaje del suelo, asegurando una base sólida para la vivienda unifamiliar de dos niveles. Se utilizó información granulométrica obtenida de un análisis de suelos del en una ubicación cercana de la ubicación de nuestro proyecto (Macias, 2020). Como se muestra en la Figura 7 se usaron los datos de la Tabla 3 para poder graficar la curva granulométrica y poder interpretar los resultados del tipo de suelo que posee el terreno.

**Tabla 3***Análisis granulométrico por tamizado*

Tamiz (ASTM)	Abertura [mm]	Masa Retenida [gr]	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76.12	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	6.54	0.36%	0.36%	99.64%
3/4"	19.05	16.36	0.90%	1.26%	98.74%
3/8"	9.52	49.07	2.71%	3.97%	96.03%
N4	4.76	98.13	5.42%	9.39%	90.61%
N10	2.00	147.20	8.12%	17.51%	82.49%
N20	0.84	179.91	9.93%	27.44%	72.56%
N40	0.42	212.62	11.73%	39.17%	60.83%
N60	0.25	235.52	13.00%	52.17%	47.83%
N140	0.11	261.69	14.44%	66.61%	33.39%
N200	0.07	278.04	15.34%	81.95%	18.05%
Base		327.11	18.05%	100.00%	
Masa del Suelo		1812.19	100%		

**Curva Granulométrica***Figura 7 – Curva Granulométrica*

### 2.2.4 Propiedades Químicas y Compacidad

El suelo costero de las zonas más cercanas al mar en Santa Elena presenta varias características químicas que pueden influir en la cimentación de la estructura, la muestra que se analizó es de un pH de suelo 8.164 lo que demuestra que el suelo es ligeramente alcalino y



puede afectar significativamente la durabilidad de los materiales de construcción en contacto con el suelo. El contenido de carbonatos, que se sitúa en un 25.021%, es debido a la proximidad al mar, indicando la presencia de material calcáreo que puede impactar la estabilidad y la reacción química del suelo con los cimientos.

Añadiendo a esto la moderada-alta salinidad que es algo típico en regiones costeras y ayudar a la corrosión del acero y deterioro de diversos materiales de construcción. Por este análisis se sugiere tomar en cuentas estas propiedades químicas esenciales para la protección y durabilidad en el diseño de la cimentación y los materiales a utilizar (Intriago & Moreira, 2019).

En cuanto a la compacidad del terreno, este es un factor clave para poder determinar la capacidad de soporte y estabilidad del mismo. Con una composición de arena del 63.725%, limo del 26.630% y arcilla del 9.644%, el suelo donde se construirá la edificación presenta una proporcionalidad de agregados finos y gruesos que puede proporcionar una buena base para la cimentación (Domingo, 2015).

La densidad aparente del suelo es de 1.561 g/cm<sup>3</sup>, lo cual indica un suelo de densidad moderada, mientras que la porosidad es del 37.547%, indica un volumen considerable de vacíos que podría afectar en menor medida a la compresibilidad y el asentamiento del suelo bajo carga. La alta permeabilidad y la capacidad de retención de agua moderada del suelo indican un buen drenaje natural, lo cual es beneficioso para evitar problemas de humedad en la cimentación.

## **2.3 Análisis de alternativas**

### **2.3.1 Estructural**

El proyecto presenta un desafío en el ámbito estructural, porque el terreno colindante izquierdo es un abismo, por lo tanto, al cliente se le propone el diseño de una cimentación tipo zapata de contención con una profundidad máxima de hasta 2 metros en ese lindero o diseñar una losa de cimentación en toda el área del proyecto, con la finalidad de precautelar

la estructura con problemas de asentamiento a lo largo del tiempo. Adicional, se propone diseñar zapatas aisladas para el área restante.

Para ello, se ha realizado en la Tabla 4 una escala de Likert con la finalidad de seleccionar la mejor alternativa para el cliente, basándose en aspectos: económicos, resistencia, estabilidad, y ligereza.

**Tabla 4**

*Escala de Likert para cimentación*

Aspectos	Escala ideal	Zapata de contención	Losa de cimentación
Economía	50%	50%	30%
Resistencia	20%	20%	20%
Estabilidad	20%	15%	20%
Ligereza	10%	10%	2%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>	<b>72%</b>

El diseño de una cimentación con zapatas de contención en el lindero izquierdo y zapatas aisladas en los demás puntos es la alternativa más adecuada para el cliente, según la escala de Likert.

De manera similar en la Tabla 5, para el diseño de losa se establecieron dos alternativas siendo: losacero o losa aligerada considerando los aspectos anteriores.

**Tabla 5**

*Escala de Likert para la losa*

Aspectos	Escala ideal	Losacero	Losa aligerada
Economía	50%	35%	45%
Resistencia	20%	20%	15%
Estabilidad	20%	20%	15%
Ligereza	10%	5%	10%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>85%</b>

### 2.3.2 Estética

El diseño arquitectónico fue realizado en base a las preferencias y necesidades del cliente, incluida, la iluminación, por lo que se presentó dos alternativas viables, siendo: diseñar una fachada con entrada de luz natural o aplicar luces led en los diferentes ambientes dependiendo de la distribución del ambiente y la necesidad. Se estableció la siguiente escala de Likert en la Tabla 6 basándose en aspectos: económicos, sostenibilidad, visual y diseño.

**Tabla 6**

*Escala de Likert para la iluminación*

Aspectos	Escala ideal	Fachada	Luces led
Economía	50%	40%	50%
Sostenibilidad	25%	21%	20%
Visual	5%	5%	2%
Diseño	20%	20%	8%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>86%</b>	<b>80%</b>

Para los accesos de a la planta alta se planteó la alternativa de diseñar una escalera fundida en hormigón armado, sin embargo, la longitud disponible es menor a 4 metros, lo cual no generaba una huella cómoda, por lo que se optó por una escalera metálica con la recomendación de realizar un curado a la misma por el tipo de ambiente de la zona.

## **CAPITULO 3**

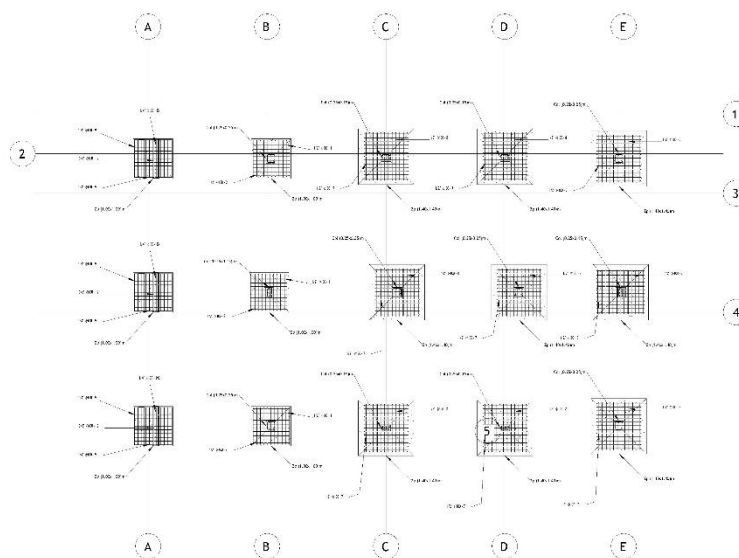
### 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Diseños

##### 3.1.1 Cimentación

Se ha considerado como una alternativa más adecuada para la cimentación un sistema combinado de zapatas de contención que proteja el lindero en la zona más baja del mismo soportando las cargas laterales del terreno, y las zapatas aisladas que ayude a distribuir las cargas verticales de toda la estructura como se muestra en la Figura 8. Este diseño se ha seleccionado basándose en una escala de Likert que evaluó aspectos económicos, resistencia, estabilidad y ligereza, refiérase a Tabla 4. Este enfoque garantiza la durabilidad y estabilidad a largo plazo de la vivienda. La cimentación incluye:

- **Zapatas de contención:** Diseñado para el lindero izquierdo donde el terreno colinda con un abismo. Este muro tendrá una profundidad máxima de hasta 2 metros, garantizando la estabilidad y seguridad del edificio.
- **Zapatas aisladas:** Para las demás áreas del proyecto, se han diseñado zapatas aisladas, proporcionando una base sólida y estable para la estructura.



*Figura 8 – Cimentación de la Estructura*

### 3.1.2 Losa

Para la losa, la alternativa seleccionada es la losa aligerada, refiérase a Tabla 5, considerando su superior desempeño en términos de economía, estabilidad y ligereza.

- **Losa aligerada:** Este tipo de losa se ha elegido por su economía y ligereza en comparación con el losacero. La losa aligerada reduce el peso de la estructura y mejora la eficiencia en el uso de materiales, manteniendo la resistencia y estabilidad necesarias.

### 3.1.3 Sistema aporticado y muros de carga (Sistema dual)

Para la estructura principal de la vivienda, se ha considerado la implementación de un sistema aporticado combinado con muros de carga. Esta combinación se selecciona por su capacidad de proporcionar una mayor rigidez, resistencia y eficiencia estructural, adaptándose a las condiciones específicas del proyecto y las cargas previstas. A continuación, se describen los componentes y características principales de este diseño.

- **Sistema aporticado:** El sistema aporticado consiste en un entramado de columnas y vigas que forman un marco resistente. Este sistema es ideal para soportar cargas verticales y resistir fuerzas horizontales, por sismos y vientos. Las características principales del sistema aporticado en este proyecto son:
  - **Materiales:** Se utilizó concreto armado y acero estructural para las columnas y vigas, asegurando una alta resistencia y durabilidad.
  - **Distribución:** Las columnas se ubicarán en las esquinas y puntos críticos de la estructura, conectadas por vigas que distribuyen las cargas de manera uniforme.

- **Dimensiones:** Las dimensiones de columnas y vigas se mostrarán en el apartado siguiente que muestra el diseño estructural de la edificación.
- **Muros de carga:** Los muros de carga se emplearán en combinación con el sistema aporticado para proporcionar soporte adicional y mejorar la distribución de las cargas. Estos muros son elementos estructurales verticales que soportan tanto cargas verticales como laterales. Las características de los muros de carga en este proyecto son:
  - **Materiales:** Los muros de carga están contruidos con mampostería reforzada, debido a la zona donde está ubicada la edificación y a las cargas específicas que estará sometida.
  - **Ubicación:** Se colocaron estratégicamente en áreas donde pueden proporcionar el mayor beneficio estructural, como en las paredes exteriores y muros interiores.
  - **Espesor:** El espesor de los muros de carga varía según las cargas a soportar, y a las condiciones que están expuestos, los muros interiores llevan un espesor menor que los muros exteriores.
- **Integración del sistema dual:** La integración del sistema aporticado con los muros de carga proporciona una solución estructural robusta y eficiente. Esta combinación permite:
  - **Mayor rigidez estructural:** Los muros de carga complementan al sistema aporticado, aumentando la rigidez y reduciendo las deformaciones bajo cargas.
  - **Distribución de cargas:** Las cargas verticales y laterales se distribuyen de manera más eficiente, mejorando la estabilidad global de la estructura.

- **Resistencia a fuerzas sísmicas:** La combinación de columnas, vigas y muros de carga mejora la capacidad de la estructura para resistir fuerzas sísmicas, un factor crucial en zonas sísmicamente activas como Santa Elena.

### **3.1.4 Columnas**

Las columnas juegan un papel fundamental en el sistema estructural de la vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena. Su función principal es la de soportar cargas verticales y transferirlas de manera segura hacia la cimentación.

### **3.1.5 Vigas**

Las vigas son elementos estructurales horizontales que conectan las columnas y distribuyen las cargas hacia los apoyos. En el diseño de la vivienda unifamiliar en Santa Elena, las vigas aseguran la estabilidad y resistencia global de la estructura.

## **3.2 Cargas de diseño**

Para la determinación de las cargas de diseño de la vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena, se han seguido las directrices establecidas por la normativa NEC-2015. Esta normativa proporciona los parámetros para calcular las cargas gravitacionales (muerta y viva) y las cargas sísmicas, como se detalla en los apartados NEC-SE-CG 2015 y NEC-SE-DS 2015 respectivamente.

### **3.2.1 Cargas gravitacionales**

#### **3.2.1.1 Carga viva**

Según la NEC-SE-CG 2015, las cargas vivas se establecen en función de las actividades y los espacios dentro de la edificación. Las cargas vivas mínimas para diseño en viviendas unifamiliares se establecen en la Tabla 7:



## Tabla 7

*Cargas vivas para la estructura (NEC-SE-CG, 2015)*

Ocupación	[kg/m <sup>2</sup> ]
Residencias unifamiliares	203.94
Cubierta	71.379

### 3.2.1.2 Carga muerta

La carga muerta en una estructura se define como el peso de todos los elementos permanentes y fijos que componen la estructura para establecer este parámetro se han seguido criterios específicos que consideran tanto los elementos estructurales inherentes como las cargas sobreimpuestas, la Tabla 8 y Tabla 9 muestra los datos recopilados. Los componentes estructurales como vigas, losas nervadas y columnas han sido evaluados utilizando cálculos de elementos finitos que incorporan su densidad, área y longitud respectivas.

## Tabla 8

*Densidad de elementos estructurales (NEC-SE-CG, 2015)*

Material	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
Hormigón Armado	2400
Bloque hueco de hormigón	1200
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5	2000
Acero	7850
Aluminio	2700
Vidrio Plano	2600
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento (por cm de espesor)	200
Mortero de cemento compuesto de cal y arena	550

## Tabla 9

*Cargas sobreimpuestas en vivienda de hormigón armado (NEC-SE-CG, 2015)*

Elemento no estructural	[kg/m <sup>2</sup> ]
Instalaciones	10
Tumbados	20
Mampostería	330

## 3.2.2 Carga sísmica

### 3.2.2.1 Espectro elástico de respuesta

Para proporcionar el espectro elástico de respuesta, es necesario seguir varias etapas y consideraciones técnicas. Este proceso requiere datos sobre la aceleración sísmica esperada para la región dados según la Figura 9, la relación del terreno, el tipo de estructura y las características dinámicas de la misma, las que se detallan a continuación.

- La ubicación del proyecto es en Santa Elena, coordenadas ( $2^{\circ}13'01.1''S$   $80^{\circ}52'08.3''W$ ).
- La altitud del terreno es de 30 msnm.
- El tipo de suelo basado en análisis granulométrico y de campo, se compone de arena (63.725%), limo (26.630%) y arcilla (9.644%).
- El factor de zona ( $Z$ ) que se debe a la aceleración sísmica  $Z$  para la zona de Santa Elena es de 0.50, lo que la clasifica como una zona de muy alta sismicidad (Zona VI).
- El tipo de Suelo es D, con una velocidad de ondas de corte  $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$

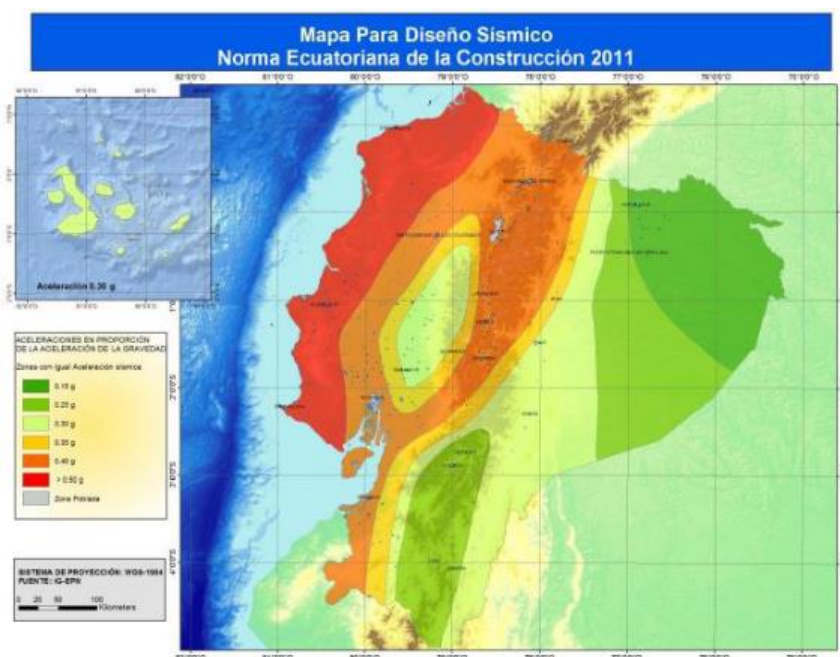


Figura 9 – Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona  $Z$  (NEC-SE-DS, 2015)

Basado en los parámetros previamente mencionados sobre las características del terreno, se procedió a realizar un análisis utilizando las tablas de tipo de suelo, zona sísmica y factor  $Z$ . Este análisis permitió determinar los factores correspondientes a los coeficientes de amplificación del suelo en la zona de período corto, así como la amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para el diseño en roca y el comportamiento no lineal de los suelos.

Teniendo como resultado  $F_a = 1.12$  este factor nos indica que habrá un aumento moderado de la respuesta sísmica en periodos cortos, sugiriendo que el terreno posee una cierta capacidad de amplificación sísmica, lo cual debe ser considerado en el diseño para asegurar la estabilidad estructural, obtenido de la Tabla 10. El resultado de  $F_d = 1.11$  refleja que, aunque hay amplificación, no es extremadamente significativa proporcionando una base para diseñar estructuras con desplazamientos controlados bajo eventos sísmicos, obtenido de la Tabla 11 y  $F_s = 1.40$  indica que la amplificación en periodos intermedios y largos hace que la estructura esté sujeta a mayores desplazamientos en estos períodos, obtenido de la Tabla 12.

La importancia de estos parámetros radica en su influencia directa sobre la precisión del diseño sísmico de la estructura. La identificación correcta de los parámetros en base a el tipo de perfil del subsuelo permitió estimar adecuadamente las amplificaciones de la respuesta estructural, lo cual fue esencial para garantizar la seguridad y resiliencia de la edificación. Adicionalmente, considerar la zona sísmica y el factor  $Z$  proporcionó una visión más completa del riesgo sísmico específico de la ubicación, minimizando potenciales daños y salvaguardando vidas humanas y así diseñar la estructura eficazmente.

**Tabla 10***Tipo de suelo y factores de sitio Fa adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.40	1.30	1.25	1.23	1.20	1.18
D	1.60	1.40	1.30	1.25	1.20	<b>1.12</b>
E	1.80	1.40	1.25	1.10	1.00	0.85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

**Tabla 11***Tipo de suelo y factores de sitio Fd adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	<b>1.11</b>
E	2.10	1.75	1.70	1.65	1.60	1.50
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

**Tabla 12***Tipo de suelo y factores de sitio Fs adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	<b>1.40</b>
E	1.50	1.60	1.70	1.80	19.00	2.00
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Para determinar el cortante basal, se establecieron los factores I (Importancia de la estructura de edificación) y R (Factor de Reducción de Resistencia Sísmica), basándose en el

tipo de uso que se le dará a la edificación. Dado que la edificación en cuestión es una vivienda unifamiliar que no se clasifica en categorías especiales o esenciales, el coeficiente de importancia es igual a 1, se obtiene de la Tabla 13. Adicionalmente, el factor R se obtiene considerando que nuestro sistema estructural es un sistema dual, el cual se categoriza como pórticos especiales sismo-resistentes con muros estructurales de hormigón armado, obteniendo un valor de 7, obtenido de la Tabla 14.

El factor de importancia ajusta el diseño estructural garantizando que las estructuras reciban un diseño más riguroso para asegurar su operatividad post-sismo. En el caso de una vivienda unifamiliar, un coeficiente de importancia de 1 es adecuado ya que no se requiere un nivel de protección adicional. Por otro lado, el factor de reducción de resistencia sísmica refleja la capacidad de la estructura para disipar energía durante un evento sísmico a través de deformaciones inelásticas. El sistema estructural de la vivienda posee una mayor capacidad de ductilidad y absorción de energía, lo cual es crucial para mitigar los efectos de un sismo y proteger la integridad estructural.

**Tabla 13**

*Tipo de uso de la estructura adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente (I)
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.50
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.30
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	<b>1.00</b>

**Tabla 14**

*Coeficiente R adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

<b>Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	<b>R</b>
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	<b>7</b>
<b>Pórticos Resistentes a Momentos</b>	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
<b>Otros Sistemas Estructurales Para Edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Para determinar cuáles son los coeficientes que corresponde al tipo de estructura de esta índole la normativa NEC-SE-DS (2015) establece estos coeficientes basándose en estudios y pruebas que determinan el comportamiento de los materiales y las estructuras bajo diferentes condiciones de carga como se muestra en la Tabla 15. Se obtienen los coeficientes de 0.055 y 0.750 se utilizan en el diseño de estructuras con muros estructurales, diagonales rigidizadoras y mampostería estructural debido a varias razones técnicas y normativas. El uso de coeficientes específicos permite optimizar el diseño de las estructuras, asegurando que se utilicen materiales de manera eficiente sin comprometer la seguridad.

**Tabla 15**

*Coeficientes, según el sistema adaptado de (NEC-SE-DS, 2015)*

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>C<sub>t</sub></b>	<b><math>\alpha</math></b>
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.800
Con arriostramientos	0.073	0.750
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.900

Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	<b>0.055</b>	<b>0.750</b>
--	--------------	--------------

---

En base a todas las consideraciones anteriores, se procedió a calcular los periodos característicos del espectro de respuesta que nos permitirán modelar una gráfica de espectro elástico e inelástico a las cual se someterá la edificación en el modelado por el software y así obtener las demandas y estrés específico al que se someterá la estructura en la vida real

Se obtuvieron los valores de  $T_c = 0.76$  seg., este es el período que marca el límite entre dos regiones y a partir del cual la pendiente de la curva cambia indicando una transición en el comportamiento dinámico de la estructura.  $T_L = 2.66$  seg. indica el límite superior de la región de amplificación y a partir de este período, la respuesta estructural se caracteriza predominantemente por desplazamientos amplificados en lugar de aceleraciones o velocidades. Por último,  $T_o = 0.14$  seg. define el inicio de la curva del espectro de respuesta y se asocia con la amplificación máxima de aceleraciones espectrales para estructuras muy rígidas y de períodos cortos.

En la Tabla 16, se muestra un resumen de todos los datos recabados para graficar el espectro elástico e inelástico de la vivienda.

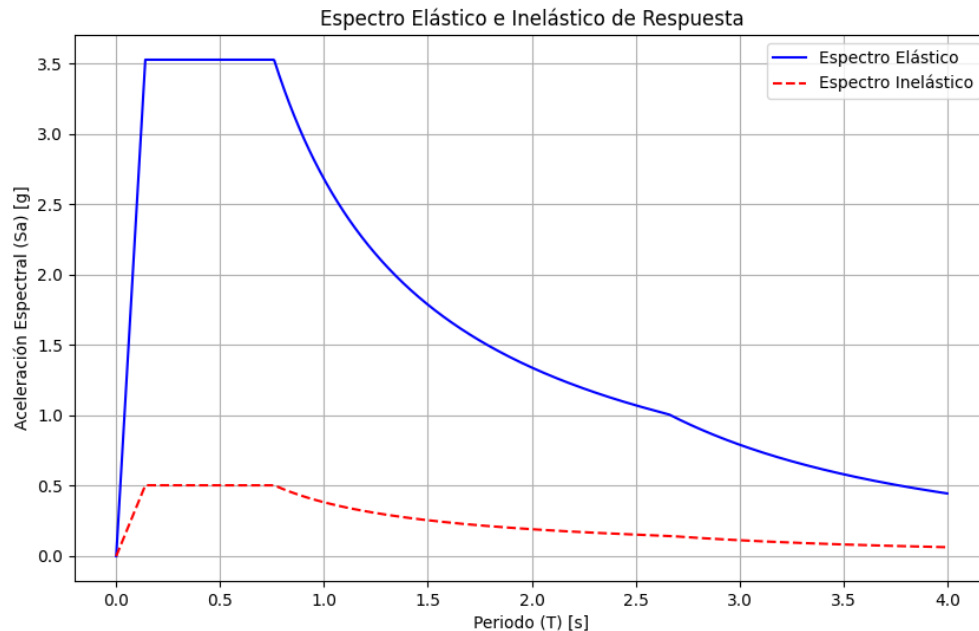
**Tabla 16***Parámetros para espectro de vivienda de Hormigón Armado (Autores)*

FACTOR DE ZONA		Zona Costera	
Z	Zona VI	0.50	Muy Alta
Suelo	Tipo D	360 [m/s] > Vs ≥ 180 [m/s]	
Fa	Tipo D	0.50	1.12
Fd	Tipo D	0.50	1.11
Fs	Tipo D	0.50	1.40
η	Provincias de la Costa		1.80
r	Suelos, excepción tipo E		1.00
Tc	$T_C = (0.55)(F_s) \left( \frac{F_d}{F_a} \right)$		0.76
T <sub>L</sub>	$T_L = (2.4)(F_d)$		2.66
To	$T_O = (0.10)(F_s) \left( \frac{F_d}{F_a} \right)$		0.14
I	Estructuras de edificación		1.00
Ro	Sistema Dual		7.00
Ia	Irregularidades en altura		1.00
Ip	Irregularidades en piso		1.00
R	Factor de reducción		7.00
Ct	Tipo de edificación		2.50
α	Tipo de edificación		0.75
hn	Altura máxima del edificio		9.00
T	Periodo		0.40
Sa	para $0 \leq T \leq T_c$		1.00800
Sa	para $T > T_c$		NO
Sa	para $T \leq T_o$		NO
C	Coficiente Sísmico		0.05717

Una vez obtenido todos estos resultados, se grafica el Espectro Elástico e Inelástico de Respuesta, se interpretan los datos obtenidos en la Figura 10. A partir de este análisis, se puede mencionar que la estructura está diseñada para soportar de manera eficiente las demandas sísmicas, mostrando amplificaciones significativas en períodos cortos que



disminuyen en períodos intermedios y largos. Esto refleja la capacidad de la estructura para disipar energía y controlar desplazamientos, garantizando así la seguridad y resiliencia frente a eventos sísmicos severos.



*Figura 10 – Espectro Elástico e Inelástico de Respuesta (Autores)*

### 3.2.3 Combinaciones de cargas

Las combinaciones de carga permiten considerar adecuadamente los diferentes tipos de cargas que pueden actuar sobre una estructura, como cargas permanentes, cargas variables, cargas accidentales y cargas excepcionales. A continuación, se detallan las combinaciones de carga más comunes según la NEC-2015.

Comb1.-  $1.4D$

Comb2.-  $1.2D + 1.6L$

Comb3.-  $1.2D + 0.5L + E_x + 0.3E_y$

Comb4.-  $1.2D + 0.5L + 0.3E_x + E_y$

Comb5.-  $0.9D + E_x + 0.3E_y$

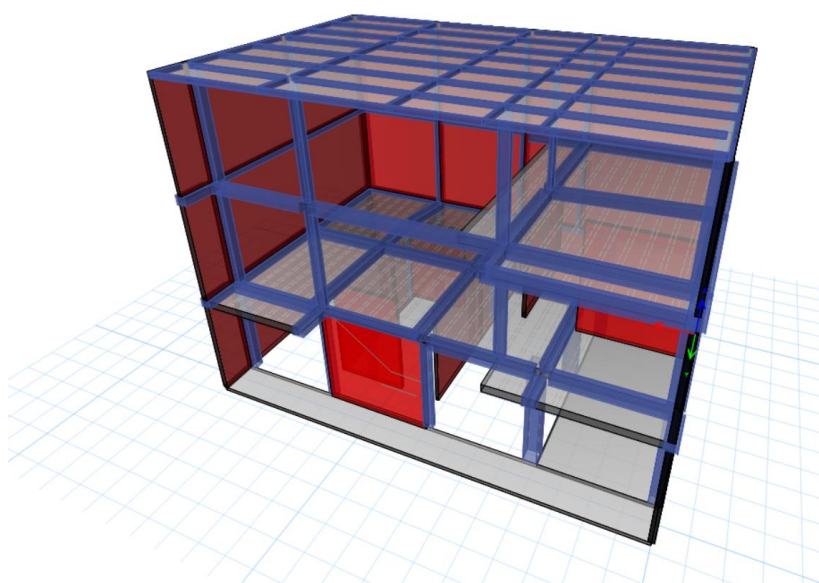
Comb6.-  $0.9D + 0.3E_x + E_y$

Comb7.-  $D + L$

### 3.2.4 Diseño del modelado de la vivienda en hormigón armado

El diseño del modelado de la vivienda en hormigón armado es un proceso complejo que requiere de una planificación meticulosa y un análisis exhaustivo. En este contexto, se utilizan las normativas estructurales pertinentes para garantizar la seguridad y durabilidad de la edificación. Cada componente, desde las vigas hasta las losas, debe ser diseñado para soportar las cargas previstas, incluyendo las fuerzas sísmicas y de viento, siguiendo los estándares establecidos en el Capítulo 2 de las normativas.

El análisis estructural de la vivienda se lleva a cabo mediante programas de elementos finitos, los cuales permiten una simulación detallada del comportamiento del hormigón armado bajo diversas condiciones de carga Figura 11. Este método computacional divide la estructura en elementos más pequeños y maneja las propiedades del material y las secciones para determinar las fuerzas principales de diseño. Así, se puede evaluar con precisión la resistencia y estabilidad de cada parte de la estructura antes de su construcción. Los elementos estructurales de la vivienda, como vigas, columnas y losas nervadas, estarán compuestos por secciones sólidas de hormigón armado, garantizando robustez y fiabilidad.

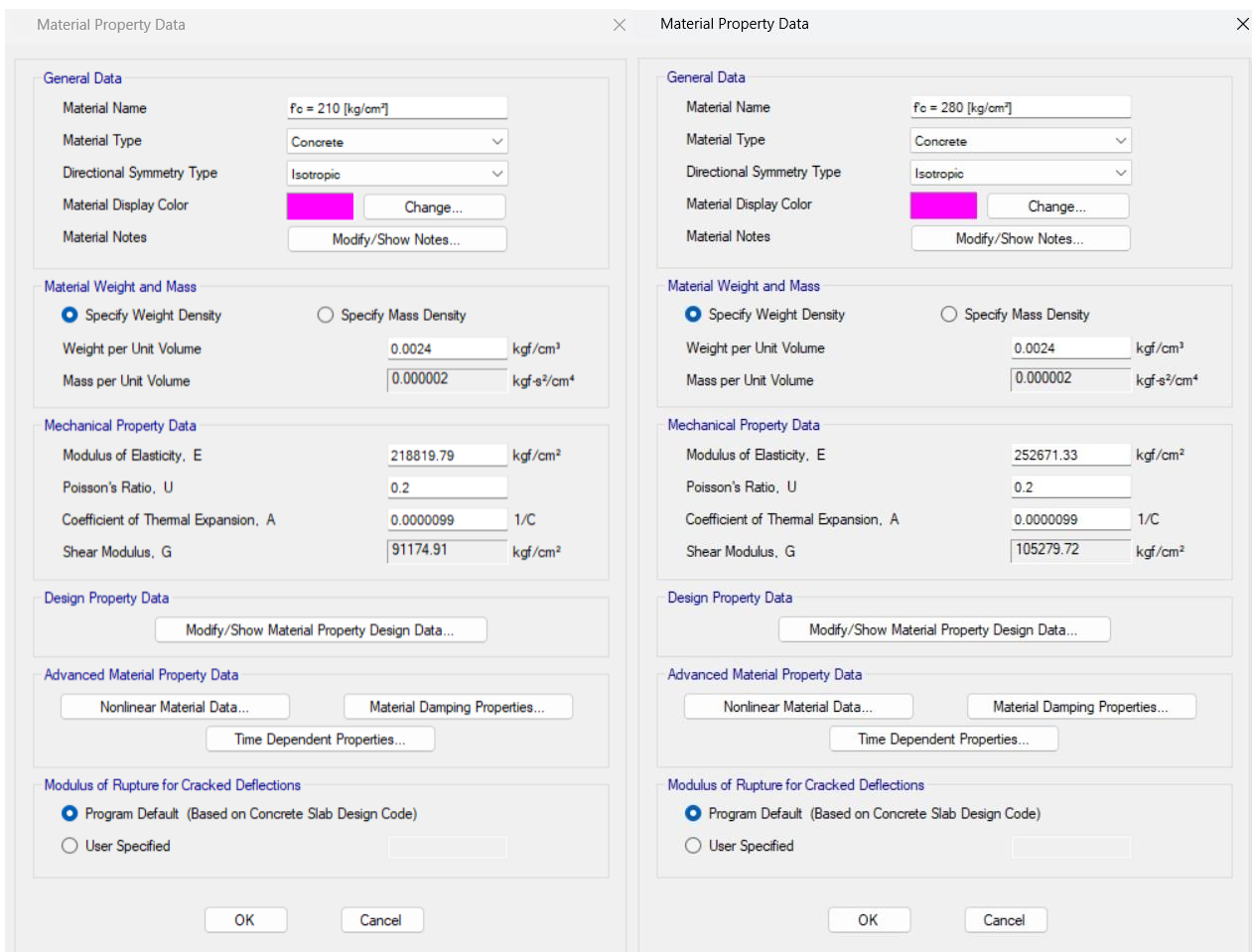


*Figura 11 – Modelo analítico de la vivienda de Hormigón Armado (Autores)*

### 3.2.5 Resistencia de los materiales

#### 3.2.5.1 Hormigón de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup>

El hormigón seleccionado tiene una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup>, la resistencia que se usa dependió netamente del esfuerzo al que es sometido el elemento estructural salvaguardando el diseño dual que se buscó modelar en software y se detallan en la Figura 12. Además, que la resistencia es crítica para asegurar que la estructura pueda soportar las cargas aplicadas, el análisis FEM, se utiliza para definir las propiedades del material en el modelo, asegurando que la simulación refleje con precisión el comportamiento real del hormigón bajo diferentes condiciones de carga.



*Figura 12 – Propiedades del Hormigón (Autores)*

### 3.2.5.2 Acero de refuerzo de 4200 kgf/cm<sup>2</sup>

El acero de refuerzo tiene una alta resistencia a la tracción de 4200 kgf/cm<sup>2</sup>, que es la opción ideal para resistencia dúctil y resistencia que coincida con la capacidad del concreto. El soporte estructural y la estabilidad se mejoran mediante el uso de este tipo de refuerzo, las propiedades del material dentro del software se detallan en la Figura 13.

El acero de refuerzo se define por las propiedades de su material y se incluye en el modelo FEM para simular su interacción con el hormigón bajo cargas aplicadas, particularmente bajo condiciones de carga complejas donde la interacción suelo-estructura es crítica, en casos tan desfavorables como son los suelos en zonas costeras, además de la zona con alto riesgo sísmico el análisis FEM permite descomponer la estructura y prever cómo las fuerzas del suelo afectan la estructura y viceversa, esto facilita la evaluación detallada de esfuerzos y deformaciones en cada parte de la estructura.

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: ; Material Type: ; Directional Symmetry Type: ; Material Display Color:  with a "Change..." button; Material Notes:
- Material Weight and Mass:**  Specify Weight Density;  Specify Mass Density; Weight per Unit Volume:  kgf/cm<sup>3</sup>; Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>3</sup>/cm<sup>4</sup>
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E:  kgf/cm<sup>2</sup>; Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C
- Design Property Data:**
- Advanced Material Property Data:** ; ;
- Buttons:  and
- Program Default:**  Program Default (Based on Concrete Slab Design Code);  User Specified
- Buttons:  and

*Figura 13 – Propiedades del Acero de Refuerzo (Autores)*

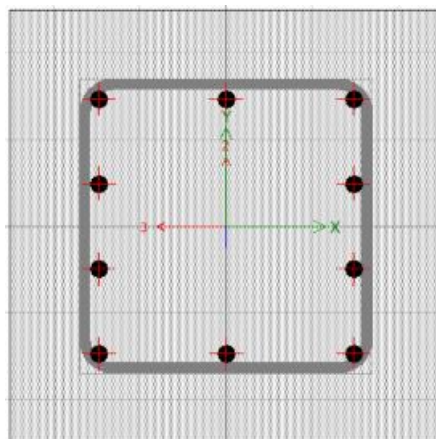
### 3.2.6 Dimensionamiento de los elementos estructurales

El diseño estructural contempla el uso de concreto reforzado para las columnas y vigas principales, asegurando resistencia ante cargas sísmicas y condiciones ambientales adversas como la salinidad. Se digitó cuidadosamente todas las cargas necesarias y se procedió a definir todos los parámetros de diseño en el programa, lo cual permitió realizar el predimensionamiento y dimensionamiento de manera precisa. Como resultado, se obtuvo el diseño de 4 tipos de columnas como se muestra en la sección 3.2.6.1.

Además, se emplearán los muros de carga desempeñan un papel fundamental en la distribución y transmisión de las cargas verticales y horizontales dentro de la estructura. Complementariamente, se incorporarán en el sistema de muros un acero de refuerzo en zonas estratégicas, para mejorar la ductilidad y capacidad de absorción de energía ante movimientos telúricos. Estos elementos estructurales se seleccionan específicamente para optimizar la seguridad, durabilidad y eficiencia del proyecto, considerando las condiciones particulares del sitio en Santa Elena y cumpliendo con estándares de construcción sostenible y resiliente.

#### 3.2.6.1 Diseño flexo-compresión de las columnas

##### 3.2.6.1.1 Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural



*Figura 14. Tipo de columna #1*

$L := 0,25 \text{ m}$	Largo
$A := 0,25 \text{ m}$	Ancho
$n_v := 10$	Número de Varillas
$\phi_v := 0.953 \text{ cm}$	Diámetro de Varilla
$A_g := (L) \cdot (A)$	Área bruta
$A_s := (n_v) \cdot \frac{(\pi) \cdot (\phi_v)^2}{4}$	Área de la sección transversal del acero de refuerzo

### Cuantía mínima

$$\rho_{\min} = \frac{A_s}{A_g} \geq 0.01$$

$$\rho_{\min} := \frac{A_s}{A_g} = 0.01141$$

$$A_{s\min} = 0.01 \cdot A_g$$

$$A_g = 625 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 7.133 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 6.25 \text{ cm}^2$$

### Cuantía máxima

$$\rho_{\max} = \frac{A_s}{A_g} \leq 0.06$$

$$\rho_{\max} := \frac{A_s}{A_g} = 0.01141$$

$$A_{s\min} = 0.06 \cdot A_g$$

$$A_g = 625 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 7.133 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 37.50 \text{ cm}^2$$

if $A_s \leq A_{s\max}$	= "Cumple"	if $A_s \geq A_{s\min}$	= "Cumple"
"Cumple"		"Cumple"	
else		else	
"No Cumple"		"No Cumple"	

∴ El acero cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 es 10 varillas de 3/8"

### 3.2.6.1.2 Detalles del diseño de la Columna

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

\* CPB1

\* CPB4

\* CPB17

\* CPB3

\* CPB19

$L_c := 3 \text{ cm}$

Altura total de la columna

$L_H := 2.85 \text{ cm}$

Altura libre de la columna

### 3.2.6.1.3 Propiedades de la sección de la Columna

Columna cuadrada de 0.25 m

$D_c := 5.117 \text{ cm}$

Diámetro mínimo la barra de refuerzo

$T_c := 2.73 \text{ cm}$

Recubrimiento mínimo requerido

### 3.2.6.1.4 Propiedades de los materiales de la Columna

$E := 218819.79 \text{ kgf/cm}^2$	Módulo de elasticidad del concreto
$f'c := 210 \text{ kgf/cm}^2$	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y := 4200 \text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero de refuerzo
$f_{ys} := 4200 \text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero para estribos

### 3.2.6.1.5 Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.9$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_{CTied} := 0.65$	Factor de reducción para compresión con estribos
$\phi_{CSpiral} := 0.75$	Factor de reducción para compresión con espirales
$\phi_{Vns} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.6$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\phi_{joint} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante en juntas
$\Omega_0 := 2$	Factor de capacidad de diseño

### 3.2.6.1.6 Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para $P_u$ , $M_{u2}$ , $M_{u3}$

$P_u := 4051.98 \text{ kgf}$	Fuerza axial de diseño
$M_{u2} := -10617.07 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 2
$M_{u3} := 161295.39 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 3
$M_2 := 9214.19 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 2
$M_3 := 9214.19 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 3
$A_{sr} := 6.25 \text{ cm}^2$	Área mínima de la sección transversal del acero de refuerzo
$\rho := 1\%$	Porcentaje de refuerzo en relación a el área total de la sección
$\gamma := 0.914$	Relación capacidad de carga resistente y la carga de diseño aplicada

### 3.2.6.1.7 Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial

Curvatura Principal en M3	Curvatura Principal en M3
$c_{m3} := 0.380757$	$c_{m2} := 0.351889$

### 3.2.6.1.8 Diseño de Cortante para $V_{u2}$ , $V_{u3}$

Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 903.26 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 2579.85 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s2} := 1318.26 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$A_{vs2} := 0.0209 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo y la distancia de separación

Cortante para Eje 3

$$V_{u3} := 194.32 \text{ kgf}$$

$$\phi V_{c3} := 1789.76 \text{ kgf}$$

$$\phi V_{p3} := 369.32 \text{ kgf}$$

Fuerza cortante

Resistencia al cortante nominal

Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo

### 3.2.6.1.9 Comprobación columna más desfavorable

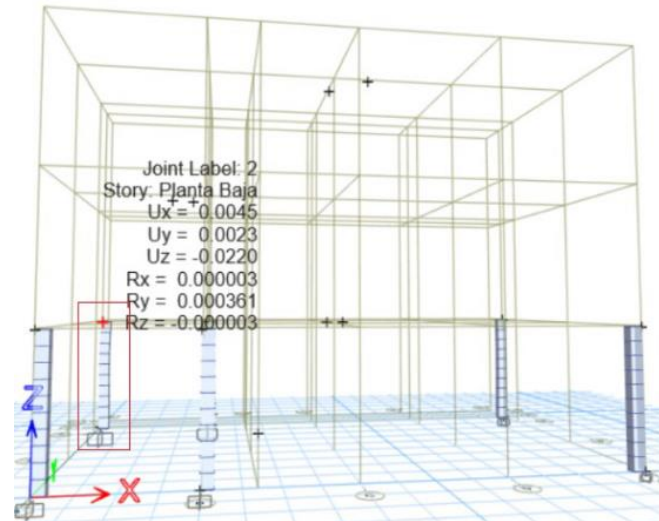


Figura 15 – Modelado de columnas tipo #1

**Momento de inercia**

$$I_X := \frac{L \cdot A^3}{12} = 32552.083 \text{ cm}^4$$

$$I_Y := \frac{L^3 \cdot A}{12} = 32552.083 \text{ cm}^4$$

**Capacidad nominal**

$$P_n := (0.85) \cdot (f'c) \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s$$

$$P_n := 140248.088 \text{ kgf}$$

$$M_{n2} := \frac{(\phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A^2)}{6}$$

$$M_{n2} := 355468.75 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{n3} := \frac{(\phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L^2) \cdot (A)}{6}$$



$$M_{n3} := 355468.75 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### Relación de capacidad

$$C_{RP} := \frac{P_u}{(\phi_{CTied}) \cdot P_n}$$

$$C_{RP} := 0.044$$

$$C_{RM2} := \frac{M_{u2}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n2}}$$

$$C_{RM2} := -0.046$$

$$C_{RM3} := \frac{M_{u3}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n3}}$$

$$C_{RM3} := 0.698$$

### Comprobación

if $C_{RP} \leq 1 \wedge C_{RM2} \leq 1 \wedge C_{RM3} \leq 1$    “La columna cumple con el diseño” else    “La columna no cumple con el diseño”	= “La columna cumple con el diseño”
---	-------------------------------------

### Propiedades de los estribos

$S_{max} = 15 \text{ cm}$	Separación máxima de estribos según NEC 2015
$\phi_{est} = 0.635 \text{ cm}$	Diámetro de los estribos
$A_v = (2)(\pi)\left(\frac{\phi_{est}}{2}\right)^2$	Área de estribo (doble ramal)

### Parámetros de diseño

$V_c := (0.17) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A)$	Resistencia al corte del concreto
---	-----------------------------------

### Verificación de la capacidad de los estribos

$$V_u = \max(\phi V_{c2}, \phi V_{c3})$$

$V_s = \max(0, V_u - V_c)$	Resistencia al cortante requerida por los estribos
----------------------------	--

### Cálculo de la separación de los estribos

Separación requerida de los estribos

$$S = \min (S_{req}, S_{max})$$

$$S_{req} = 15 \text{ cm}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

$$S_{req} := \begin{cases} \text{if } V_s \leq 0 & = 0.15 \text{ m} \\ \parallel S_{max} \\ \text{else} \\ \parallel \frac{(A_v \cdot f_y \cdot \phi_{est})}{\left( \frac{V_s}{\phi_{Vns}} \right)} \end{cases}$$

∴La columna se diseñará con dimensiones de 0.25x0.25 m, empleando 10 varillas de 3/8" como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 1/4" y una separación de estribos de 15 cm.

### 3.2.6.1.10 Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural

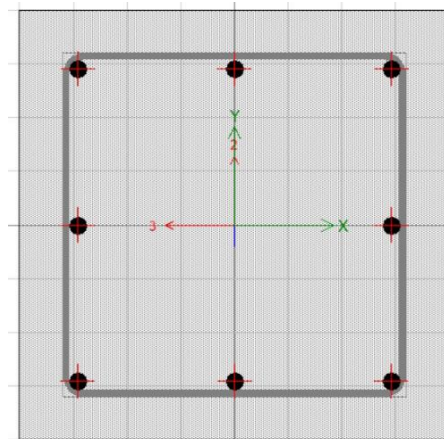


Figura 16. Tipo de columna #2

$$L := 0.37 \text{ m}$$

$$A := 0.37 \text{ m}$$

$$n_v := 8$$

$$\phi_v := 1.588 \text{ cm}$$

$$A_g := (L) \cdot (A)$$

$$A_s := (n_v) \cdot (\pi) \cdot \frac{(\phi_v)^2}{4}$$

**Cuantía mínima**

Largo

Ancho

Número de Varillas

Diámetro de Varilla

Área bruta

Área de la sección transversal del acero de refuerzo

$$\rho_{mín} = \frac{A_s}{A_g} \geq 0.01$$

$$\rho_{mín} := \frac{A_s}{A_g} = 0.01157$$

$$A_{smín} = 0.01 \cdot A_g$$

$$A_g = 1369 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 7.133 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 13.69 \text{ cm}^2$$

### Cuantía máxima

$$\rho_{máx} = \frac{A_s}{A_g} \leq 0.06$$

$$\rho_{máx} := \frac{A_s}{A_g} = 0.01141$$

$$A_{smín} = 0.06 \cdot A_g$$

$$A_g = 1369 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 15.845 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 82.14 \text{ cm}^2$$

if $A_s \leq A_{smax}$    "Cumple" else    "No Cumple"	="Cumple"	if $A_s \geq A_{smin}$    "Cumple" else    "No Cumple"	="Cumple"
---	-----------	---	-----------

∴ El acero que cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 es 8 varillas de 5/8"

### 3.2.6.1.11 Detalles del diseño de la Columna

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

\* CPB5

\* CPB6

$L_c := 3 \text{ cm}$                       Altura total de la columna

$L_H := 2.85 \text{ cm}$                     Altura libre de la columna

### 3.2.6.1.12 Propiedades de la sección de la Columna

Columna cuadrada de 0.37 m

$D_c := 5.438 \text{ cm}$                       Diámetro mínimo la barra de refuerzo

$T_c := 2.73 \text{ cm}$                         Recubrimiento mínimo requerido

### 3.2.6.1.13 Propiedades de los materiales de la Columna

$E := 218819.79 \text{ kgf/cm}^2$             Módulo de elasticidad del concreto

$f'_c := 210 \text{ kgf/cm}^2$                     Resistencia a la compresión del concreto

$f_y := 4200 \text{ kgf/cm}^2$                     Límite elástico del acero de refuerzo

$f_{ys} := 4200 \text{ kgf/cm}^2$                     Límite elástico del acero para estribos

### 3.2.6.1.14 Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.9$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_{CTied} := 0.65$	Factor de reducción para compresión con estribos
$\phi_{CSpiral} := 0.75$	Factor de reducción para compresión con espirales
$\phi_{Vns} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.6$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\phi_{joint} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante en juntas
$\Omega_0 := 2$	Factor de capacidad de diseño

### 3.2.6.1.15 Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para Pu, Mu2, Mu3

$P_u := 22268.69 \text{ kgf}$	Fuerza axial de diseño
$M_{u2} := -350324.05 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 2
$M_{u3} := 743503.6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 3
$M_2 := 58655.73 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 2
$M_3 := 58655.73 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 3
$A_b := 13.69 \text{ cm}^2$	Área mín. del acero de refuerzo
$\rho := 1\%$	Porcentaje de refuerzo a el área total de la sección
$\gamma := 0.886$	Relación entre la capacidad de carga resistente y la carga de diseño aplicada

### 3.2.6.1.16 Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial

Curvatura Principal en M3	Curvatura Principal en M3
$c_{m3} := 0.352951$	$c_{m2} := 0.366178$

### 3.2.6.1.17 Diseño de Cortante para Vu2, Vu3

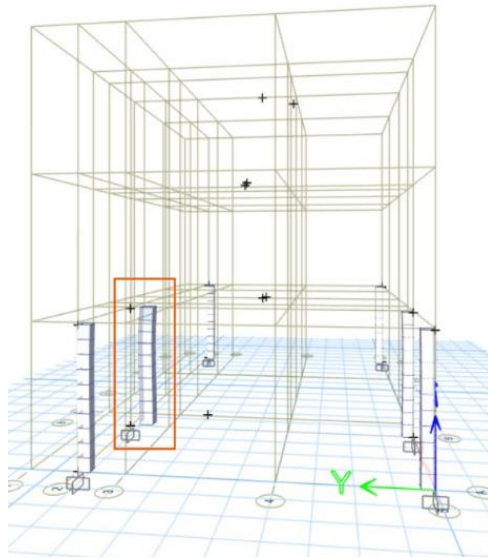
Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 4329.43 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 8895.10 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_s := 3078.88 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$A_{v_s2} := 0.031 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo y la distancia de separación

Cortante para Eje 3

$V_{u3} := 2006.63 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c3} := 6798.12 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{p3} := 603.28 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo

### 3.2.6.1.18 Comprobación columna más desfavorable



*Figura 17 – Modelado de columnas tipo #2*

#### Momento de inercia

$$I_X := \frac{L \cdot A^3}{12} = 156180.083 \text{ cm}^4$$

$$I_Y := \frac{L^3 \cdot A}{12} = 156180.083 \text{ cm}^4$$

#### Capacidad nominal

$$P_n := (0.85) \cdot (f'c) \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s$$

$$P_n := 308085.498 \text{ kgf}$$

$$M_{n2} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A^2)}{6}$$

$$M_{n2} := 1152355.75 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{n3} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L^2) \cdot (A)}{6}$$

$$M_{n3} := 1152355.75 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### Relación de capacidad

$$C_{RP} := \frac{P_u}{(\phi_{CTied}) \cdot P_n}$$

$$C_{RP} := 0.111$$

$$C_{RM2} := \frac{M_{u2}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n2}}$$

$$C_{RM2} := -0.468$$

$$C_{RM3} := \frac{M_{u3}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n3}}$$

$$C_{RM3} := 0.993$$

### Comprobación

if $C_{RP} \leq 1 \wedge C_{RM2} \leq 1 \wedge C_{RM3} \leq 1$    “La columna cumple con el diseño” else    “La columna no cumple con el diseño”	= “La columna cumple con el diseño”
---	-------------------------------------

### Propiedades de los estribos

$S_{max} := 15 \text{ cm}$	Separación máxima de estribos según NEC 2015
$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro de los estribos
$A_v := (2)(\pi)\left(\frac{\phi_{est}}{2}\right)^2$	Área de estribo (doble ramal)

### Parámetros de diseño

$$V_c := (0.17) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A) \quad \text{Resistencia al corte del concreto}$$

### Verificación de la capacidad de los estribos

$$V_u := \max(\phi V_{c2}, \phi V_{c3})$$

$$V_s := \max(0, V_u - V_c) \quad \text{Resistencia al cortante requerida por los estribos}$$

### Cálculo de la separación de los estribos

Separación requerida de los estribos

$$S := \min(S_{req}, S_{max})$$

$$S_{req} = 15 \text{ cm}$$

$$S := 150 \text{ mm}$$

$$S_{req} := \begin{cases} S_{max} & \text{if } V_s \leq 0 \\ \frac{(A_v \cdot f_y \cdot \phi_{est})}{\left(\frac{V_s}{\phi_{Vns}}\right)} & \text{else} \end{cases} = 0.15 \text{ m}$$

∴ La columna se diseñará con dimensiones de 0.37x0.37 m, empleando 8 varillas de 5/8" como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 1/4" y una separación de estribos de 15 cm.

### 3.2.6.1.19 Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural

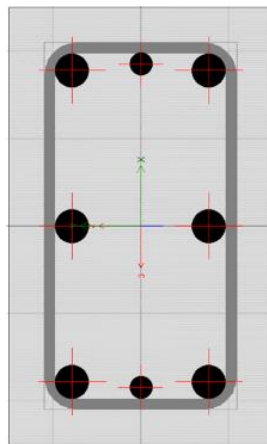


Figura 18. Tipo de columna #3

$$L := 0.25 \text{ m}$$

$$A := 0.15 \text{ m}$$

$$n_v := 6$$

$$n_v := 2$$

$$\phi_v := 1.905 \text{ cm}$$

$$\phi_v := 1.270 \text{ cm}$$

$$A_g := (L) \cdot (A)$$

$$A_s := (n_v) \cdot \frac{(\pi) \cdot (\phi_v)^2}{4}$$

refuerzo

Largo

Ancho

Número de Varillas

Número de Varillas

Diámetro de Varilla

Diámetro de Varilla

Área bruta

Área de la sección transversal del acero de refuerzo

### Cuantía mínima

$$\rho_{mín} = \frac{A_s}{A_g} \geq 0.01$$

$$\rho_{mín} := \frac{A_s}{A_g} = 0.0456$$

$$A_{smín} = 0.01 \cdot A_g$$

$$A_g = 375 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 17.101 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 3.75 \text{ cm}^2$$

### Cuantía máxima

$$\rho_{máx} = \frac{A_s}{A_g} \leq 0.06$$

$$\rho_{máx} := \frac{A_s}{A_g} = 0.046 A_{smax} = 0.06 \cdot A_g$$

$$A_g = 375 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 17.101 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 22.5 \text{ cm}^2$$

if $A_s \leq A_{smax}$	= "Cumple"	if $A_s \geq A_{smin}$	= "Cumple"
"Cumple"		"Cumple"	
else		else	
"No Cumple"		"No Cumple"	

∴ El acero que cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 es 6 varillas de 3/4" y 2 varillas de 1/2"

#### 3.2.6.1.20 Detalles del diseño de la Columna

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

\* CPB2

\* CPB10

\* CPB16

\* CPB7

\* CPB13

\* CPB18

$L_c := 3 \text{ m}$

Altura total de la columna

$L_H := 2.85 \text{ cm}$

Altura libre de la columna

#### 3.2.6.1.21 Propiedades de la sección de la Columna

Columna rectangular de 0.15 x 0.25 m

$D_c := 5.757 \text{ cm}$

Diámetro mínimo la barra de refuerzo

$T_c := 2.73 \text{ cm}$

Recubrimiento mínimo requerido

#### 3.2.6.1.22 Propiedades de los materiales de la Columna

$E := 218819.79 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto

$f'c := 210 \text{ kgf/cm}^2$

Resistencia a la compresión del concreto



$f_y := 4200 \text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero de refuerzo
$f_{ys} := 4200 \text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero para estribos

### 3.2.6.1.23 Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.9$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_{CTied} := 0.65$	Factor de reducción para compresión con estribos
$\phi_{CSpiral} := 0.75$	Factor de reducción para compresión con espirales
$\phi_{Vns} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.6$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\phi_{joint} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante en juntas
$\Omega_0 := 2$	Factor de capacidad de diseño

### 3.2.6.1.24 Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para $P_u$ , $Mu_2$ , $Mu_3$

$P_u := 7948.94 \text{ kgf}$	Fuerza axial de diseño
$M_{u2} := 18075.88 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 2
$M_{u3} := -79202.54 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 3
$M_2 := 18075.88 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 2
$M_3 := 15769.12 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 3
$A_b := 6.63 \text{ cm}^2$	Área mínima de la sección transversal del acero de refuerzo
$\rho := 1.77\%$	Porcentaje de refuerzo en relación a el área total de la sección
$\gamma := 1$	Relación entre la capacidad de carga resistente y la carga de diseño aplicada

### 3.2.6.1.25 Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial

Curvatura Principal en M3	Curvatura Principal en M3
$c_{m3} := 0.384849$	$c_{m2} := 0.302319$

### 3.2.6.1.26 Diseño de Cortante para $Vu_2$ , $Vu_3$

Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 427.00 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 1823.26 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s2} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$\phi V_{p2} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo

$A_{v_{s2}} := 0 \frac{cm^2}{cm}$  Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo

Cortante para Eje 3

$V_{u3} := 193.56 \text{ kgf}$  Fuerza cortante  
 $\phi V_{c3} := 2279.08 \text{ kgf}$  Resistencia al cortante nominal  
 $\phi V_{s3} := 0 \text{ kgf}$  Resistencia al cortante por el refuerzo  
 $\phi V_{p3} := 189.78 \text{ kgf}$  Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo

$A_{v_{s3}} := 0 \frac{cm^2}{cm}$  Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo

### 3.2.6.1.27 Comprobación columna más desfavorable

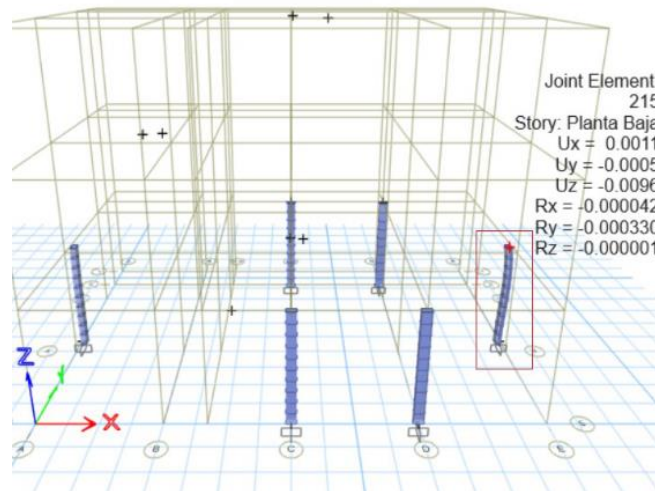


Figura 19 – Modelado de columnas tipo #3

**Momento de inercia**

$$I_x := \frac{L^3 \cdot A}{12} = 19531.25 \text{ cm}^4$$

$$I_y := \frac{L \cdot A^3}{12} = 7031.25 \text{ cm}^4$$

**Capacidad nominal**

$$P_n := (0.85) \cdot (f'c) \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s$$

$$P_n := 135710.689 \text{ kgf}$$

$$M_{n2} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A^2)}{6}$$

$$M_{n2} := 127968.75 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{n3} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L^2) \cdot (A)}{6}$$

$$M_{n3} := 213281.25 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### Relación de capacidad

$$C_{RP} := \frac{P_u}{(\Phi_{CTied}) \cdot P_n}$$

$$C_{RP} := 0.09$$

$$C_{RM2} := \frac{M_{u2}}{(\Phi_{CTied}) \cdot M_{n2}}$$

$$C_{RM2} := 0.217$$

$$C_{RM3} := \frac{M_{u3}}{(\Phi_{CTied}) \cdot M_{n3}}$$

$$C_{RM3} := -0.571$$

### Comprobación

if $C_{RP} \leq 1 \wedge C_{RM2} \leq 1 \wedge C_{RM3} \leq 1$    “La columna cumple con el diseño” else    “La columna no cumple con el diseño”	= “La columna cumple con el diseño”
---	-------------------------------------

### Propiedades de los estribos

$$S_{max} := 15 \text{ cm}$$

Separación máxima de estribos según NEC 2015

$$\Phi_{est} := 0.953 \text{ cm}$$

Diámetro de los estribos

$$A_v := (2)(\pi) \left( \frac{\Phi_{est}}{2} \right)^2$$

Área de estribo (doble ramal)

### Parámetros de diseño

$$V_c := (0.17) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A)$$

Resistencia al corte del concreto

### Verificación de la capacidad de los estribos

$$V_u := \max(\phi V_{c2}, \phi V_{c3})$$

$$V_s := \max(0, V_u - V_c)$$

Resistencia al cortante requerida por los estribos

### Cálculo de la separación de los estribos

Separación requerida de los estribos

$$S := \min(S_{req}, S_{max})$$

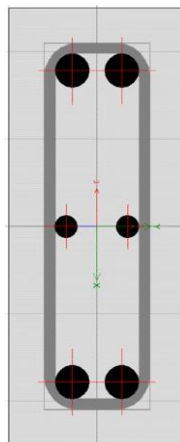
$$S_{req} = 15 \text{ cm}$$

$$S := 150 \text{ mm}$$

$$S_{req} := \begin{cases} S_{max} & \text{if } V_s \leq 0 \\ \frac{(A_v \cdot f_y \cdot \phi_{est})}{\left(\frac{V_s}{\phi_{Vns}}\right)} & \text{else} \end{cases} = 0.15 \text{ m}$$

∴ La columna se diseñará con dimensiones de 0.15x0.25 m, empleando 6 varillas de 3/4" como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 3/8" y una separación de estribos de 15 cm.

#### 3.2.6.1.28 Cuantía de diseño según NEC 2015 con análisis en software estructural



*Figura 20. Tipo de columna #4*

$L := 0.25 \text{ m}$		Largo
$A := 0.10 \text{ m}$		Ancho
$n_{v1} := 4$	$n_{v2} := 2$	Número de Varillas
$\Phi_{v1} := 1.905 \text{ cm}$	$\Phi_{v2} := 1.270 \text{ cm}$	Diámetro de Varilla
$A_g := (L) \cdot (A)$		Área bruta
$A_{s1} := (n_{v1}) \cdot \frac{(\pi) \cdot (\Phi_{v1})^2}{4}$		Área de la sección transversal del acero
de refuerzo		
$A_{s2} := (n_{v2}) \cdot \frac{(\pi) \cdot (\Phi_{v2})^2}{4}$		
	$A_s := A_{s1} + A_{s2}$	

### Cuantía mínima

$$\rho_{\min} = \frac{A_s}{A_g} \geq 0.01$$

$$\rho_{\min} := \frac{A_s}{A_g} = 0.05574$$

$$A_{s\min} = 0.01 \cdot A_g$$

$$A_g = 250 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 13.934 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 2.5 \text{ cm}^2$$

### Cuantía máxima

$$\rho_{\max} = \frac{A_s}{A_g} \leq 0.06$$

$$\rho_{\max} := \frac{A_s}{A_g} = 0.056 A_{s\max} = 0.06 \cdot A_g$$

$$A_g = 250 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 13.934 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\max} = 15 \text{ cm}^2$$

if $A_s \leq A_{s\max}$	= "Cumple"	if $A_s \geq A_{s\min}$	= "Cumple"
"Cumple"		"Cumple"	
else		else	
"No Cumple"		"No Cumple"	

∴ El acero que cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 es cuatro varillas de 3/4" y dos varillas de 1/2".

### 3.2.6.1.29 Detalles del diseño de la Columna

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

* CPB8	* CPB11	* CPB14
* CPB9	* CPB12	* CPB15

$L_c := 3\text{ m}$	Altura total de la columna
$L_H := 2.85\text{ m}$	Altura libre de la columna

### 3.2.6.1.30 Propiedades de la sección de la Columna

Columna rectangular de 0.10 x 0.25 m

$D_c := 3.589\text{ cm}$	Diámetro mínimo la barra de refuerzo
$T_c := 0.73\text{ cm}$	Recubrimiento mínimo requerido

### 3.2.6.1.31 Propiedades de los materiales de la Columna

$E := 265862.93\text{ kgf/cm}^2$	Módulo de elasticidad del concreto
$f'_c := 280\text{ kgf/cm}^2$	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y := 4200\text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero de refuerzo
$f_{ys} := 4200\text{ kgf/cm}^2$	Límite elástico del acero para estribos

### 3.2.6.1.32 Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.9$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_{CTied} := 0.65$	Factor de reducción para compresión con estribos
$\phi_{CSpiral} := 0.75$	Factor de reducción para compresión con espirales
$\phi_{VNS} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{VS} := 0.6$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\phi_{joint} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante en juntas
$\Omega_0 := 2$	Factor de capacidad de diseño

### 3.2.6.1.33 Diseño de la Fuerza Axial y Momento Biaxial para Pu, Mu2, Mu3

$P_u := 5196.91\text{ kgf}$	Fuerza axial de diseño
$M_{u2} := 11817.77\text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 2
$M_{u3} := -40281.06\text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento flector de diseño en el eje 3
$M_2 := 11817.77\text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 2

$M_3 := 9479.16 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento mínimo en el eje 3
$A_b := 3.04 \text{ cm}^2$	Área mínima de la sección transversal del acero de refuerzo
$\rho := 1\%$	Porcentaje de refuerzo en relación a el área total de la sección
$\gamma := 0.803$	Relación entre la capacidad de carga resistente y la carga de diseño aplicada

### 3.2.6.1.34 Factores de Fuerza Axial y Momento Biaxial

Curvatura Principal en M3	Curvatura Principal en M3
$c_{m3} := 0.375487$	$c_{m2} := 0.385685$

### 3.2.6.1.35 Diseño de Cortante para Vu2, Vu3

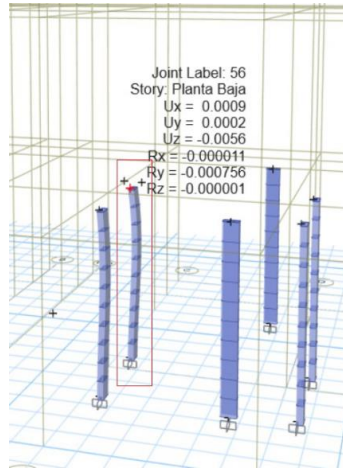
Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 228.69 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 1934.98 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s2} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$\phi V_{p2} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo
$A_{v_s2} := 0 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo

Cortante para Eje 3

$V_{u3} := 14.84 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c3} := 1903.67 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s3} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$\phi V_{p3} := 270.72 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo
$A_{v_s3} := 0 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo

### 3.2.6.1.36 Comprobación columna más desfavorable



*Figura 21 – Modelado de columnas tipo #4*

### Momento de inercia

$$I_x := \frac{L^3 \cdot A}{12} = 13020.833 \text{ cm}^4$$

$$I_y := \frac{L \cdot A^3}{12} = 2083.333 \text{ cm}^4$$

### Capacidad nominal

$$P_n := (0.85) \cdot (f'c) \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s$$

$$P_n := 120727.985 \text{ kgf}$$

$$M_{n2} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A^2)}{6}$$

$$M_{n2} := 83958.333 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{n3} := \frac{(\Phi_{CTied}) \cdot (f'c) \cdot (L^2) \cdot (A)}{6}$$

$$M_{n3} := 209895.833 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### Relación de capacidad

$$C_{RP} := \frac{P_u}{(\Phi_{CTied}) \cdot P_n}$$

$$C_{RP} := 0.066$$



$$C_{RM2} := \frac{M_{u2}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n2}}$$

$$C_{RM2} := 0.217$$

$$C_{RM3} := \frac{M_{u3}}{(\phi_{CTied}) \cdot M_{n3}}$$

$$C_{RM3} := -0.295$$

### Comprobación

if $C_{RP} \leq 1 \wedge C_{RM2} \leq 1 \wedge C_{RM3} \leq 1$    “La columna cumple con el diseño” else    “La columna no cumple con el diseño”	= “La columna cumple con el diseño”
---	-------------------------------------

### Propiedades de los estribos

$$S_{max} := 15 \text{ cm}$$

Separación máxima de estribos según NEC 2015

$$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$$

Diámetro de los estribos

$$A_v := (2)(\pi)\left(\frac{\phi_{est}}{2}\right)^2$$

Área de estribo (doble ramal)

### Parámetros de diseño

$$V_c := (0.17) \cdot (f'c) \cdot (L) \cdot (A)$$

Resistencia al corte del concreto

### Verificación de la capacidad de los estribos

$$V_u := \max(\phi V_{c2}, \phi V_{c3})$$

$$V_s := \max(0, V_u - V_c)$$

Resistencia al cortante requerida por los estribos

### Cálculo de la separación de los estribos

Separación requerida de los estribos

$$S := \min(S_{req}, S_{max})$$

$$S_{req} = 15 \text{ cm}$$

$$S := 150 \text{ mm}$$

$$S_{req} := \begin{cases} \text{if } V_s \leq 0 \\ \quad \parallel S_{max} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \frac{(A_v \cdot f_y \cdot \phi_{est})}{\left(\frac{V_s}{\phi_{Vns}}\right)} \end{cases} = 0.15 \text{ m}$$

∴ La columna se diseñará con dimensiones de 0.10x0.25 m, empleando 4 varillas de 3/4" como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 1/4" y una separación de estribos de 15 cm.

Una vez comprobados todos los parámetros de diseño proporcionados por el programa, se procedió a una verificación manual detallada para asegurar la exactitud y consistencia de los resultados obtenidos. Esta etapa de validación incluyó una revisión exhaustiva de los cálculos estructurales, enfocándose en las cargas aplicadas, las reacciones internas y los factores de seguridad. Al confirmar la adecuación de estos parámetros, se utilizó el módulo Concrete Frame Design para analizar las fuerzas a las que está sometida cada columna en el proyecto, mostradas en las Figura 15.

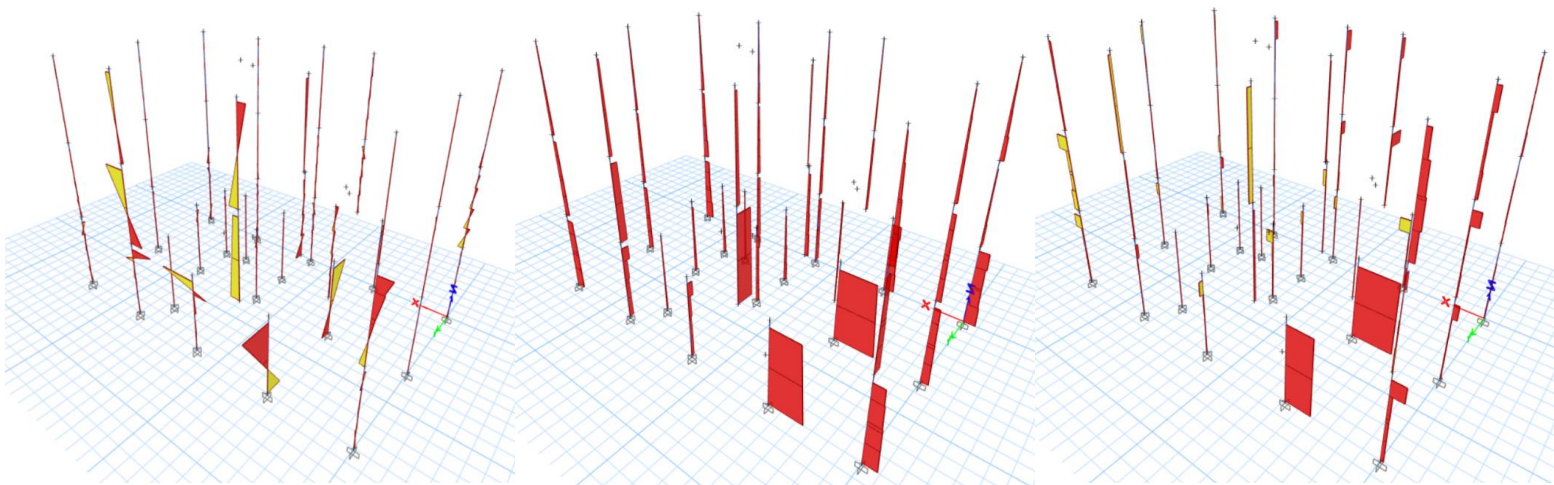
El análisis en el Concrete Frame Design permitió evaluar las fuerzas axiales, momentos flectores y esfuerzos cortantes actuantes en cada columna, como se observa en la Figura 17. Este software especializado realiza un análisis riguroso basado en métodos de elementos finitos, proporcionando resultados precisos sobre el comportamiento estructural de las columnas bajo diversas condiciones de carga, como se detalla en la Figura 19. Al obtener estos resultados, se realizó un segundo análisis orientado a optimizar el diseño estructural.

El proceso de optimización del diseño implicó ajustar las dimensiones y refuerzos de las columnas para mejorar su eficiencia y capacidad de carga. Se evaluaron diferentes configuraciones de armado y se realizaron ajustes en las secciones transversales, buscando un equilibrio entre resistencia estructural y economía de materiales. El objetivo principal fue asegurar que cada columna no solo cumpla con los requisitos normativos y de seguridad, sino

que también contribuya a una distribución eficiente de las cargas en toda la edificación, referencia mostrada en la Figura 21.

Los resultados del análisis optimizado indicaron que las columnas cumplen satisfactoriamente con todos los criterios de diseño y seguridad. Cada columna fue capaz de soportar las cargas impuestas mostradas en la Figura 22, distribuyendo adecuadamente las fuerzas a través de la estructura y manteniendo la estabilidad global del edificio. Además, la distribución eficiente de las cargas permitió una reducción en el uso de materiales sin comprometer la integridad estructural, lo cual es un aspecto crucial en proyectos de construcción sostenible y económica.

(a) (b) (c)



*Figura 22 – (a) Momento flector en columnas [kgf-cm], (b) Carga axial en columnas [kgf/cm<sup>2</sup>], (c) Fuerza cortante en columnas [kgf]*

Los resultados obtenidos para las columnas de diferentes tipos muestran variaciones significativas en las fuerzas y momentos registrados. Por ejemplo, la fuerza P en la Columna Tipo 1 varía entre -18048.46 kgf y -44.65 kgf, mientras que en la Columna Tipo 2 oscila entre -13581.72 kgf y 13581.72 kgf. Estas diferencias son evidentes también en las fuerzas de

corte y momentos, como se puede observar en la Tabla 17, donde se presentan los valores mínimos y máximos para las variables V2, V3, T, M2 y M3 para cada tipo de columna.

En cuanto a los aceros de refuerzo, cumplen con los requisitos estructurales, se evalúa la Tabla 18 que especifica las características del acero en las columnas de diferentes tipos, debido a que están dimensionados conforme a las normativas vigentes para cada tipo de sección de columna. Las dimensiones y disposiciones de barras ( $\phi$ ) aseguran la capacidad adecuada para resistir las cargas y garantizar la integridad estructural necesaria según el diseño establecido.

**Tabla 17**

*Información de las cargas a las que están sometidas las columnas*

(a)		
Columna Tipo 1		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	-18048.46 [kgf]	-44.65 [kgf]
V2	-41.64 [kgf]	93.79 [kgf]
V3	-72.34 [kgf]	11.59 [kgf]
T	-320.55 [kgf-cm]	122.98 [kgf-cm]
M2	-8826.79 [kgf-cm]	13925.19 [kgf-cm]
M3	-8656.67 [kgf-cm]	8073.94 [kgf-cm]
(c)		
Columna Tipo 3		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	23993.29 [kgf]	-23993.29 [kgf]
V2	-1293.32 [kgf]	-3415.57 [kgf]
V3	-101.99 [kgf]	-338.19 [kgf]
T	-141.27 [kgf-cm]	-302.76 [kgf-cm]
M2	61480.46 [kgf-cm]	-31522.39 [kgf-cm]
M3	611440.53 [kgf-cm]	-327840.49 [kgf-cm]

(b)		
Columna Tipo 2		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	-13581.72 [kgf]	13581.72 [kgf]
V2	-53.98 [kgf]	53.98 [kgf]
V3	-18.41 [kgf]	27.00 [kgf]
T	-113.41 [kgf-cm]	26.75 [kgf-cm]
M2	-3466.16 [kgf-cm]	4403.89 [kgf-cm]
M3	-11071.62 [kgf-cm]	11071.62 [kgf-cm]
(d)		
Columna Tipo 4		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	-6686.09 [kgf]	6686.09 [kgf]
V2	7.32 [kgf]	130.45 [kgf]
V3	-45.05 [kgf]	45.05 [kgf]
T	-46.66 [kgf-cm]	19.80 [kgf-cm]
M2	-814.25 [kgf-cm]	5306.90 [kgf-cm]
M3	-24159.77 [kgf-cm]	13081.62 [kgf-cm]

**Tabla 18***Resumen de columnas*

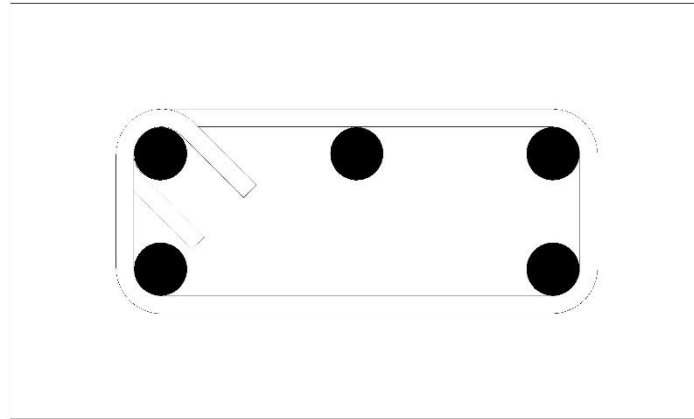
ID Columna	Sección		Acero Longitudinal	Acero Transversal	Separación [mm]
	B [mm]	H [mm]			
-			-	-	
Tipo #1	250	250	10 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 1/4"	150
Tipo #2	370	370	8 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4"	150
Tipo #3	150	250	6 $\phi$ 3/4"	$\phi$ 1/4"	150
Tipo #4	100	250	4 $\phi$ 3/4" + 2 $\phi$ 1/2"	$\phi$ 1/4"	150

### 3.2.6.2 Diseño a flexión en las vigas

Para el diseño de las vigas, se realizó un análisis similar al de las columnas mediante el análisis en el Concrete Frame Design, permitiendo evaluar las fuerzas axiales, momentos flectores y esfuerzos cortantes actuantes en cada viga. Las propiedades características de los materiales y secciones transversales se pre diseñaron considerando las cargas estáticas y dinámicas aplicadas a la estructura. El análisis estructural se utilizó para determinar los esfuerzos y diseñar el refuerzo longitudinal y transversal necesario para resistir los momentos y cortantes, siguiendo los estándares y parámetros de diseño proporcionados por el ACI 318-19. Se verificó el cumplimiento de las condiciones de servicio y las normativas aplicables, optimizando el diseño para lograr eficiencia y economía. Estos parámetros son cruciales para garantizar la seguridad estructural y el desempeño adecuado de las vigas, asegurando que la estructura pueda soportar las cargas aplicadas de manera efectiva y cumpla con las normativas de diseño vigentes, como se muestra en la Figura 23.

### 3.2.6.2.1 Cuantía de diseño según ACI318 -19 con análisis en software estructural

Tipo de viga #1



*Figura 23 - Tipo de viga #1*

### 3.2.6.2.2 Detalles del diseño de la viga

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y  
Vigas de iguales propiedades en PB y PA

* VPB01	* VPB05	* VPB06	*VPB11	* VPA12
* VPB02	* VPB10	* VPB07	*VPA13	*VPA11

### 3.2.6.2.3 Propiedades de la sección de la Viga

Viga de rectangular de 0.15x0.25 m

$L_e := 3.50 \text{ m}$	Longitud basada en el software
$B_e := 25 \text{ cm}$	Base basada en el software
$H_e := 15 \text{ cm}$	Altura basada en el software
$B_f := 15 \text{ cm}$	Ancho del ala, para este caso es igual a la $B_e$
$\phi_{ve} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro de la barra de refuerzo transversal
$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro del estribo
$\phi_{ct} := 4 \text{ cm}$	Recubrimiento de torsión
$\phi_{cb} := 4 \text{ cm}$	Recubrimiento de la barra

## Datos

$$L := L_e - 0.15 \text{ m} - 0.22 \text{ m} \quad \text{Longitud}$$

de la viga

$$L = 3.13 \text{ m}$$

$$Cond_{ap} := SA$$

Condición de apoyo SA, EC, AEC, VOL

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ <sup>[1]</sup>
Simplemente apoyada	$l/16$
Con un extremo continuo	$l/18.5$
Ambos extremos continuos	$l/21$
En voladizo	$l/8$

<sup>[1]</sup> Los valores son aplicables al concreto de peso normal y  $f_y = 420$  MPa. Para otros casos, la altura mínima  $h$  debe modificarse de acuerdo con 9.3.1.1.1 a 9.3.1.1.3, según corresponda.

### 3.2.6.2.4 Determinación de la altura mínima

$$H_1 := \text{if } Cond_{ap} = "SA" \quad = 20 \text{ cm}$$

$$\| H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{16}, 5 \text{ cm} \right)$$

else if  $Cond_{ap} = "EC"$

$$\| H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{18.5}, 5 \text{ cm} \right)$$

else if  $Cond_{ap} = "AEC"$

$$\| H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{21}, 5 \text{ cm} \right)$$

else if  $Cond_{ap} = "VOL"$

$$\| H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{8}, 5 \text{ cm} \right)$$

### 3.2.6.2.5 Determinación de la base

$$B_1 := \begin{cases} \text{if } \frac{H_1}{2} \geq 25 \text{ cm} \\ \|B_1 \leftarrow \text{Ceil}(\frac{H_1}{2}, 5 \text{ cm}) \\ \text{else} \\ \|B_1 \leftarrow 15 \text{ cm} \end{cases} = 15 \text{ cm}$$

$$B := \max(B_1, B_e) = 0.25 \text{ m}$$

$$H := \max(H_1, H_e) = 0.2 \text{ m}$$

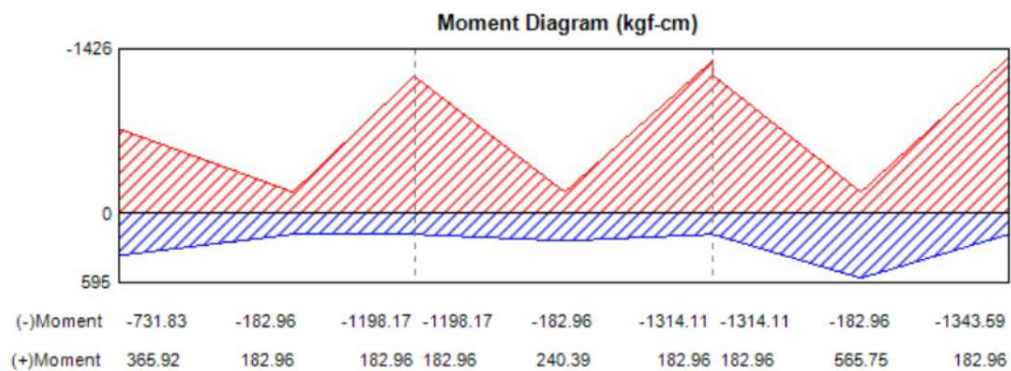
### 3.2.6.2.6 Propiedades de los materiales de la Columna

$$E := 252671.33 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Módulo de elasticidad del concreto}$$

$$f'_c := 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia a la compresión del concreto}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Límite elástico del acero de refuerzo}$$

$$f_{ys} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Límite elástico del acero para estribos}$$



*Figura 24 – Diagrama de Momentos*

### 3.2.6.2.7 Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_C := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante
$\phi_{CSpiral} := 0.75$	Factor de reducción para compresión con espirales
$\phi_{Vns} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$B_1 := 0.85$	Relación entre la tracción y compresión del concreto



$\phi_{Tor} := 0.75$  Factor de reducción de resistencia para torsión

### 3.2.6.2.8 Diseño de Momento y Refuerzo a Flexión para Momento

Superior

$M_{sup} := -193.56 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento de Diseño

$P_{usup} := -241.23 \text{ kgf}$  Carga axial última

$A_{snsup} := 0.09 \text{ cm}^2$  Área de refuerzo a flexión para momentos negativos

$A_{spsup} := 0.02 \text{ cm}^2$  Área de refuerzo a flexión para momentos positivos

$A_{sminsup} := 0.75 \text{ cm}^2$  Área mínima de refuerzo

$A_{srsup} := 0.75 \text{ cm}^2$  Área total de refuerzo requerida

Inferior

$M_{inf} := 96.78 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento de Diseño

$P_{uinf} := -241.23 \text{ kgf}$  Carga axial última

$A_{sninf} := 0.01 \text{ cm}^2$  Área de refuerzo a flexión para momentos negativos

$A_{spinf} := 0.07 \text{ cm}^2$  Área de refuerzo a flexión para momentos positivos

$A_{smininf} := 0.75 \text{ cm}^2$  Área mínima de refuerzo

$A_{srinf} := 0.75 \text{ cm}^2$  Área total de refuerzo requerida

### 3.2.6.2.9 Fuerza Cortante y Refuerzo para Corte, Vu2

Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 227.59 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 0 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s2} := 277.59 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$\phi V_{p2} := 208.25 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por adicionales de refuerzo
$A_{v_s2} := 0.0098 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo

### 3.2.6.2.10 Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, Tu (Parte 1 de 2)

$T_u := 48.9 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento Torsor
$\phi T_{th} := 5034.52 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Capacidad de Torsión por Fisuración
$\phi T_{cr} := 20138.07 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Capacidad de Torsión por Agrietamiento
$A_{ts} := 0 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Refuerzo Transversal para Torsión
$A_1 := 0 \text{ cm}^2$	Refuerzo Longitudinal para Torsión
$rec := 4.445 \text{ cm}$	Recubrimiento
$A_{cp} := 375 \text{ cm}^2$	Área de la Sección Transversal al Perímetro Cerrado
$A_{oh} := 98.04 \text{ cm}^2$	Área Hueca de la Sección Transversal
$A_o := 83.7 \text{ cm}^2$	Área Encerrada por el Perímetro

$$d := \begin{cases} \text{if } B_e = H_e \\ \left\| \frac{H_e}{2} \right. \\ \text{else} \\ \left\| H_e - \text{rec} - \Phi_{ve} - \frac{\Phi_{ve}}{2} \right. \end{cases} = 9.60. \text{ cm}$$

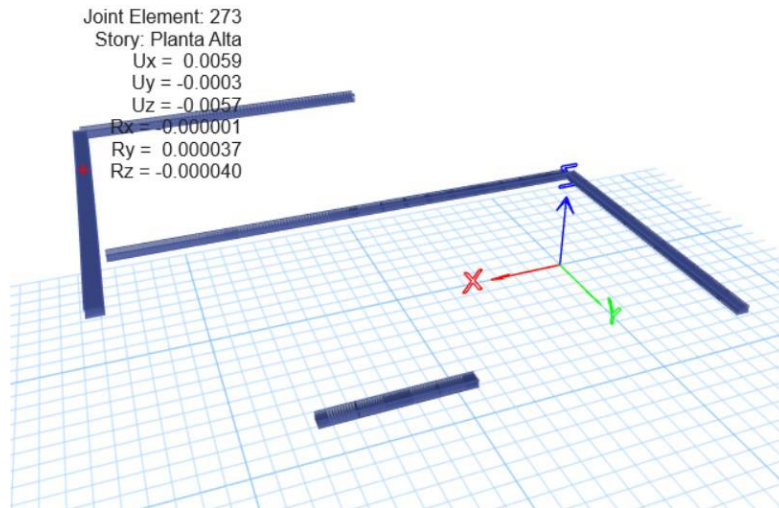


Figura 25 - Modelado de vigas tipo #1

### 3.2.6.2.11 Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, Tu (Parte 2 de 2)

$P_{cp} := 80 \text{ cm}$  Longitud del perímetro del área de la sección transversal al perímetro cerrado

$P_h := 44.44 \text{ cm}$  Longitud del perímetro del área hueca de la sección transversal

### 3.2.6.2.12 Cálculo de acero

$$\rho_{min} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{kgf}{cm^2}}} \right)}{\frac{f_y}{\frac{kgf}{cm^2}}} = 0.00279 \quad \text{Cuantía mínima}$$

$$\rho_b := \frac{(0.59)(\beta_1)(0.85)(f'_c)}{f_y} = 0.02842 \quad \text{Cuantía balanceada}$$

$$\rho_{max} := (0.75)(\rho_b) = 0.02131 \quad \text{Cuantía máxima}$$

### Área de refuerzo superior

$$A_{sSup} := \frac{(0.85)(f'_c)(B)(d)}{(f_y)}$$

$$- \sqrt{\left(\frac{(1.70)(f'_c)(B)}{f_y^2}\right) \left(\frac{(0.85)(f'_c)(B)(d)^2}{2} - \frac{abs(M_{sup})}{\phi_T}\right)}$$

$$= 0.005 \text{ cm}^2$$

$$A_{sminSup} := (B)(d)(\rho_{min}) = 0.67 \text{ cm}^2$$

$$A_{smaxSup} := (B)(d)(\rho_{max}) = 5.117 \text{ cm}^2$$

∴ El acero de refuerzo superior no cumple con el criterio de cuantías y se escoge un área de refuerzo mayor.

$$A_{stsup} := \text{if } A_{scsup} = \text{"No cumple"} \quad = 0.67 \text{ cm}^2$$

$$\|(B)(d)(\rho_{min})$$

else

$$\|A_{sSup}$$

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } A_{vsup} > A_{stsup} \\ \quad \| \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$

$$\phi_{vsup} := 0.953 \text{ cm}$$

$$\eta_{vsup} := 2$$

$$A_{vsup} := \frac{(\eta_{vsup})(\pi)(\phi_{vsup})^2}{4} = 1.427 \text{ cm}^2$$

$$A_{scinf} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } A_{sminInf} < A_{sInf} \wedge A_{smaxInf} > A_{sInf} \\ \quad \| \text{"Si Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| = \text{"No Cumple"}$$

∴ El acero de refuerzo superior cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015

y es 2 varillas de 3/8"

### Área de refuerzo inferior

$$A_{sInf} := \frac{(0.85)(f'_c)(B)(d)}{(f_y)}$$

$$- \sqrt{\left(\frac{(1.70)(f'_c)(B)}{f_y^2}\right)\left(\frac{(0.85)(f'_c)(B)(d)^2}{2} - \frac{abs(M_{inf})}{\Phi_T}\right)}$$

$$= 0.003 \text{ cm}^2$$

$$A_{sminInf} := (B)(d)(\rho_{min}) = 0.67 \text{ cm}^2$$

$$A_{smaxInf} := (B)(d)(\rho_{max}) = 5.117 \text{ cm}^2$$

$$A_{scsup} := \begin{cases} \text{if } A_{sminSup} < A_{sSup} \wedge A_{smaxSup} > A_{sSup} \\ \quad \text{"Si Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"No Cumple"}$$

∴ El acero de refuerzo superior no cumple con el criterio de cuantías y se escoge un área de refuerzo mayor.

$$A_{stinf} := \text{if } A_{scinf} = \text{"No cumple"} \quad = 0.67 \text{ cm}^2$$

Área total de refuerzo superior requerida

$$\|(B)(d)(\rho_{min})$$

else

$$\|A_{sInf}$$

$$\Phi_{vinf} := 0.953 \text{ cm}$$

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } A_{vinf} > A_{stinf} \\ \quad \| \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$

$$\eta_{vinf} := 2$$

$$A_{vinf} := \frac{(\eta_{vinf})(\pi)(\Phi_{vinf})^2}{4} = 1.427 \text{ cm}^2$$

∴ El acero de refuerzo inferior cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 y es 2 varillas de 3/8 "

**Máxima separación de estribos por cortante**

$$S_{vr} := \min\left(\frac{d}{2}, 600 \text{ mm}\right) = 4.801 \text{ cm}$$

$$S_v := \text{round}(7.301 \cdot 0.2) \cdot 5 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

## Verificación por Flexión

Superior

$$a_p := \frac{(A_{stsup})(f_y)}{(0.85)(f'_c)(B)} = 0.005 \text{ m}$$

$$M_{np} := (A_{stsup})(f_y)\left(d - \frac{a_p}{2}\right) = 26336.923 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Inferior

$$a_n := \frac{(A_{stinf})(f_y)}{(0.85)(f'_c)(B)} = 0.005 \text{ m}$$

$$M_{nn} := (A_{stinf})(f_y)\left(d - \frac{a_n}{2}\right) = 26336.923 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\text{VR}_{fp} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_T \cdot M_{np} \geq M_{sup} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“No Cumple”} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{“Cumple”} \quad \text{VR}_{fn} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_T \cdot M_{nn} \geq M_{inf} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“No Cumple”} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{“Cumple”}$$

∴ Debido que el acero cumple con el criterio de cuantía según la NEC se comprueba el área de acero ajustado y se escoge la mayor permitiendo obtener un refuerzo más apto para las cargas máximas.

Superior

$$A_{s1} := abs\left(\frac{M_{sup}}{(\Phi_T)(f'_c)(d)}\right) = 0.08 \text{ cm}^2$$

Área de Acero de Refuerzo

Ajustada

$$\Phi_{vesup} := 1.905 \text{ cm}$$

$$\eta_{vesup} := 3$$

$$A_{vesup} := \frac{(\eta_{vesup})(\pi)(\Phi_{vesup})^2}{4} = 8.551 \text{ cm}^2$$

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } A_{vesup} > A_{s1} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$

∴ El acero de refuerzo superior cumple y es 3 varillas de 3/4"

Inferior

$$A_{s2} := abs\left(\frac{M_{inf}}{(\Phi_T)(f'_c)(d)}\right) = 0.04 \text{ cm}^2$$

Área de Acero de

Refuerzo Ajustada

$$\Phi_{veinf} := 1.905 \text{ cm}$$

$$\eta_{veinf} := 2$$

$$A_{veinf} := \frac{(\eta_{veinf})(\pi)(\Phi_{veinf})^2}{4} = 5.7 \text{ cm}^2$$

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } A_{veinf} > A_{s2} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$

∴ El acero de refuerzo inferior cumple y es 2 varillas de 3/4"

Verificación por cortante

$$V_s := \Phi V_{s2} = 277.59 \text{ kgf}$$

$$V_c := \Phi V_{c2} = 0 \text{ kgf}$$

$$V_p := \Phi V_{p2} = 208.25 \text{ kgf}$$

$$VR_c := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Phi V_s \cdot V_n \geq V_{u2} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$



$$V_n := V_c + V_s + V_p = 485.84 \text{ kgf}$$

Verificación por torsión

$$T_s := (A_1)(f_y) \left( \frac{A_0}{S_v} \right)$$

$$T_n := \phi T_{th} + T_s = 5034.52 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$VR_t := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{Tor} \cdot T_n \geq T_u \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{array} \right\| = \text{"Cumple"}$$

Comprobación final

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } VR_{fp} = VR_{fn} = VR_c = VR_t = \text{"Cumple"} \\ \quad \text{"La viga cumple con el diseño"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"La viga esta mal diseñada"} \end{array} \right\| = \text{"La viga cumple con el diseño"}$$

∴ La viga se diseñará con dimensiones de 0.15x0.25 m, empleando 3 varillas de 3/4 " superior y 2 varillas de 3/4" inferior como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 1/4 " y una separación de estribos de 5 cm.

(a)

(b)

(c)

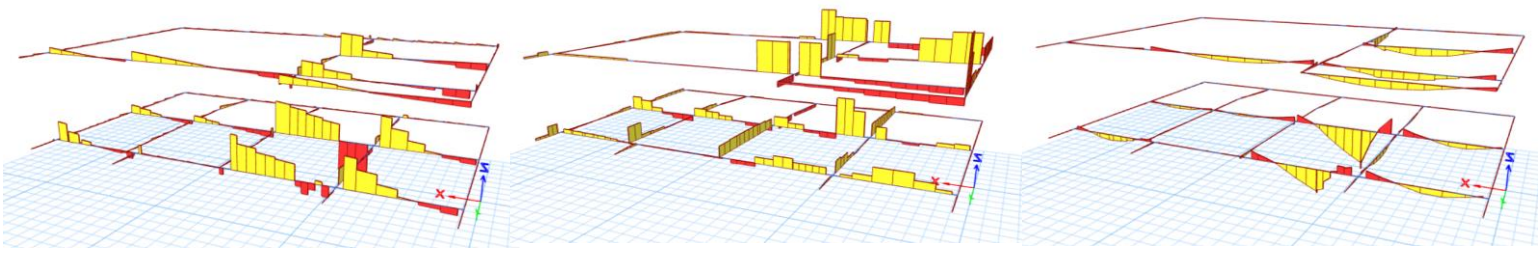


Figura 26 – (a) Fuerza Cortante en vigas [kgf], (b) Fuerza de torsión en vigas [kgf-cm], (c) Momento flector en vigas [kgf-cm]

Los resultados obtenidos para las vigas Tipo 1 y Tipo 2, como se presentan en la Tabla 19, revelan diferencias significativas en las fuerzas y momentos máximos soportados tanto en la parte superior como en la inferior de las vigas. Por ejemplo, la Viga Tipo 2 muestra momentos máximos superiores de 719,495.14 kgf-cm en la parte superior y -774,618.35 kgf-cm en la inferior, indicando una distribución desigual de esfuerzos. Se podría

considerar esta variación debido a la distribución de muros ya que las vigas que están cargadas sobre muros no están sometidas a mayores esfuerzos.

**Tabla 19**

*Información de las cargas a las que están sometidas las vigas*

(a)		(b)	
Viga Tipo 1		Viga Tipo 2	
Superior		Superior	
Msup	559.91 [kgf-cm]	Msup	82200.55 [kgf-cm]
Psup	-241.23 [kgf]	Psup	0.00 [kgf]
Inferior		Inferior	
Minf	-1357.38 [kgf-cm]	Minf	-117383.48 [kgf-cm]
Pinf	-241.23 [kgf]	Pinf	0.00 [kgf]
Vu	296.70 [kgf]	Vu	2180.36 [kgf]
$\phi V_s$	277.59 [kgf]	$\phi V_s$	2037.74 [kgf]
$\phi V_p$	208.25 [kgf]	$\phi V_p$	1161.01 [kgf]
T	370.22 [kgf-cm]	T	38210.87 [kgf-cm]

**Tabla 20**

*Resumen de vigas diseñadas*

ID Viga	Sección		Acero Longitudinal	Acero Transversal	Separación
-	B [mm]	H [mm]	-	-	[mm]
Tipo #1	250	150	3 $\phi$ 3/4" Sup & 2 $\phi$ 3/4" Inf	$\phi$ 1/4"	50
Tipo #2	250	300	5 $\phi$ 3/4" Sup & 3 $\phi$ 5/8" Inf	$\phi$ 1/4"	100

### 3.2.6.3 Diseño de muros de carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)

Los muros de carga son elementos estructurales fundamentales en el diseño de viviendas unifamiliares, especialmente en zonas sísmicas, ya que desempeñan un papel crucial en la resistencia y estabilidad de la estructura ante cargas laterales, como las generadas por sismos. Según un artículo de la *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, la presencia de muros de carga en el diseño de

edificaciones contribuye significativamente a mejorar la capacidad de la estructura para resistir fuerzas sísmicas y disipar energía durante eventos extremos.

En el análisis de muros de carga mediante el método de elementos finitos, se modelan estos elementos estructurales con una malla de elementos finitos que permite una representación detallada de su comportamiento bajo cargas aplicadas. Este enfoque permite capturar la distribución de esfuerzos y deformaciones a lo largo de los muros de carga, evaluando su capacidad para resistir cargas laterales y disipar energía sísmica.

#### **3.2.6.3.1 Modelado de muros de carga**

Los muros de carga se modelaron utilizando elementos tipo "shell" que permiten simular el comportamiento tridimensional del muro. Se definió la geometría del muro de carga, incluyendo altura, espesor y longitud. Además, se especifican las propiedades del concreto y del acero de refuerzo que se establecieron para todo el proyecto. Por último, se genera la malla donde básicamente se crea al dividir el muro en pequeños elementos finitos, lo que permite capturar de manera detallada la distribución de esfuerzos y deformaciones.

#### **3.2.6.3.2 Análisis estructural**

Se realiza un análisis estático y dinámico para determinar las fuerzas internas en los muros de carga. El análisis FEM proporciona la capacidad de realizar estudios paramétricos y de optimización para determinar la ubicación óptima, la geometría y las propiedades de los muros de corte en función de los requisitos de diseño y las condiciones sísmicas específicas del sitio, por eso que toda la información obtenida detalladamente anteriormente ha sido de suma importancia para poder generar un modelo computacional lo más cercano a la realidad que nos permita evaluar el comportamiento estructural de la vivienda en escenarios sísmicos y tomar decisiones informadas para mejorar su resistencia y seguridad.

### **3.2.6.3.3 Cálculo de esfuerzos y deformaciones**

Los resultados del análisis incluyen distribuciones de esfuerzos normales y cortantes, así como deformaciones y desplazamientos. Los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ , y los esfuerzos cortantes  $\tau_{xy}$  se determinan en cada elemento finito, permitiendo identificar áreas críticas.

Con base en los esfuerzos obtenidos, se diseña el refuerzo necesario para los muros de carga.

El refuerzo horizontal y vertical se determina utilizando las fórmulas de diseño

proporcionadas por el ACI 318-19.

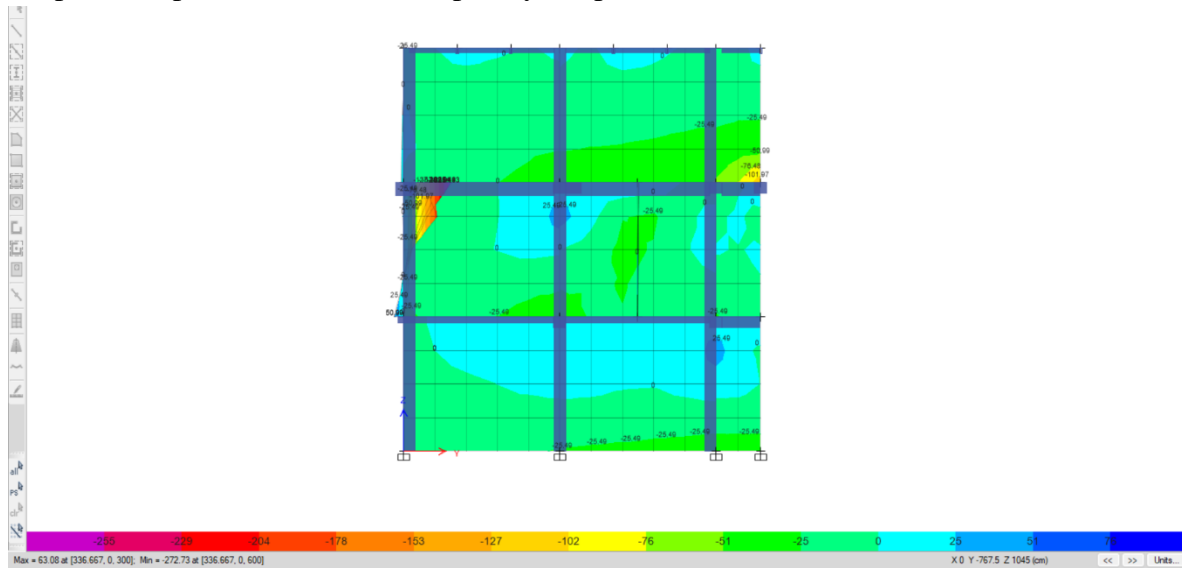
### **3.2.6.3.4 Optimización del diseño**

El diseño se optimiza para asegurar que se utilicen cantidades mínimas de material sin comprometer la seguridad y el desempeño estructural. En el modelamiento se puede iterar el diseño ajustando secciones y refuerzos hasta lograr un diseño óptimo.

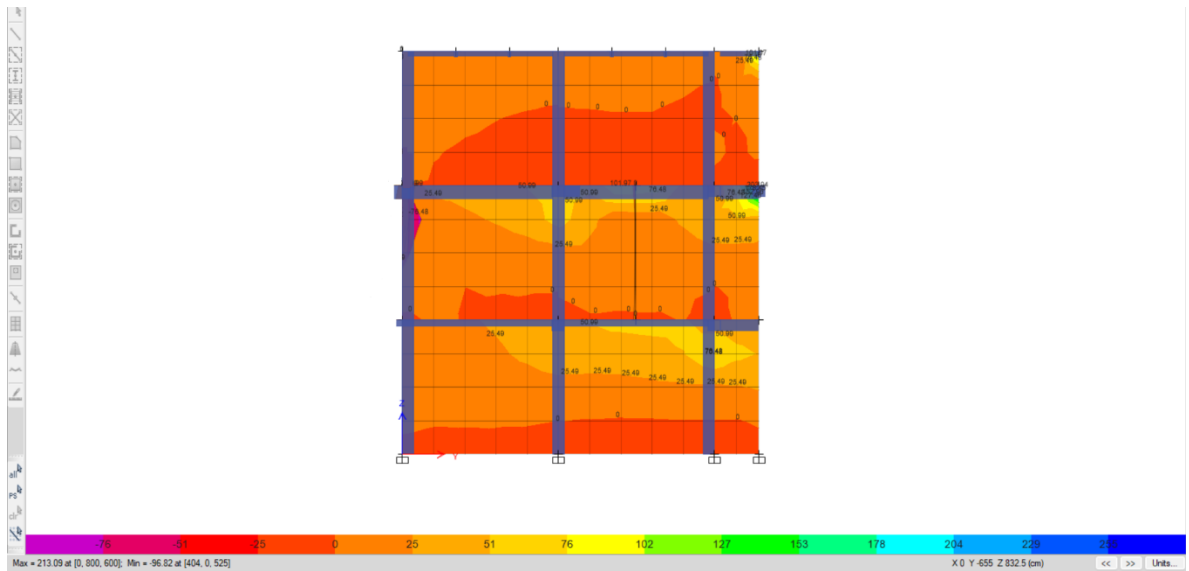
La metodología de análisis y diseño de muros de carga utilizando elementos finitos es fundamental para asegurar la seguridad y estabilidad de las viviendas unifamiliares en zonas sísmicas. La integración adecuada de los muros de carga en el diseño estructural optimiza la respuesta sísmica de la vivienda, garantizando un nivel adecuado de protección y reduciendo los riesgos asociados a eventos sísmicos. Este análisis detallado y riguroso proporciona una base sólida para el diseño sismo-resistente de edificaciones, destacando la importancia de utilizar herramientas avanzadas de modelado y análisis en el desarrollo de estructuras seguras y eficientes.

Gracias a la metodología aplicada para el análisis de los muros de carga utilizando el Método de Elementos Finitos (FEM), se obtuvieron los gráficos de distribución de esfuerzos y deformaciones en los muros de carga de la edificación. Estos gráficos, conocidos como gráficos de calor, representan visualmente la magnitud de las cargas a las que están sometidos los muros, facilitando la identificación de áreas críticas y la evaluación detallada del

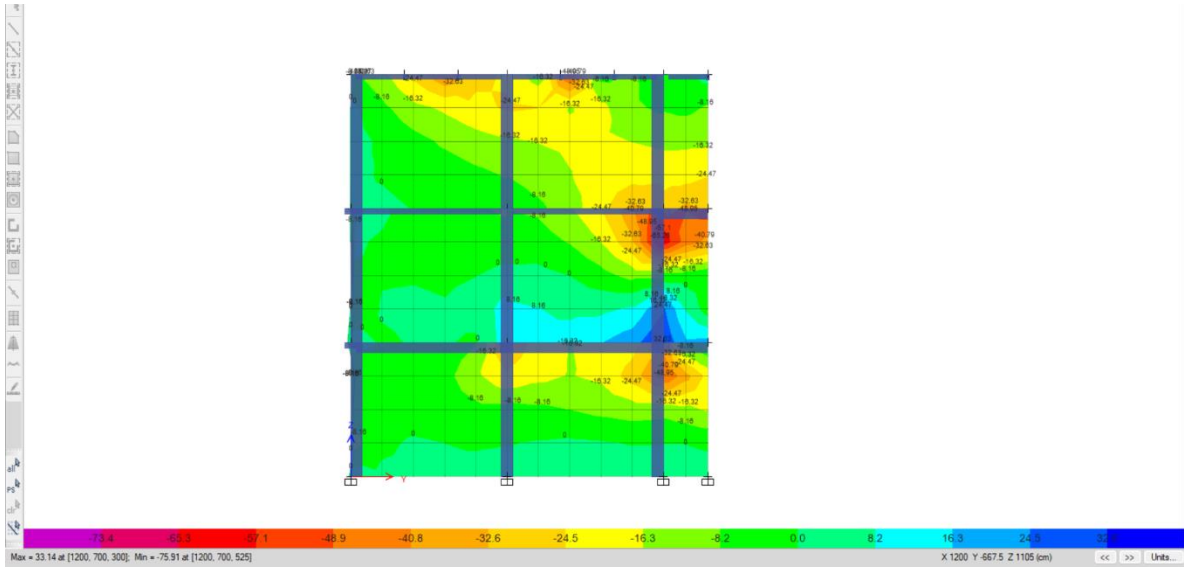
comportamiento estructural bajo diversas condiciones de carga. A continuación, en las Ilustraciones 27 hasta la Figura 34, se presentan los resultados obtenidos, mostrando la distribución de esfuerzos normales y cortantes en los muros de carga, lo que permite una comprensión profunda de su desempeño y la optimización del diseño estructural.



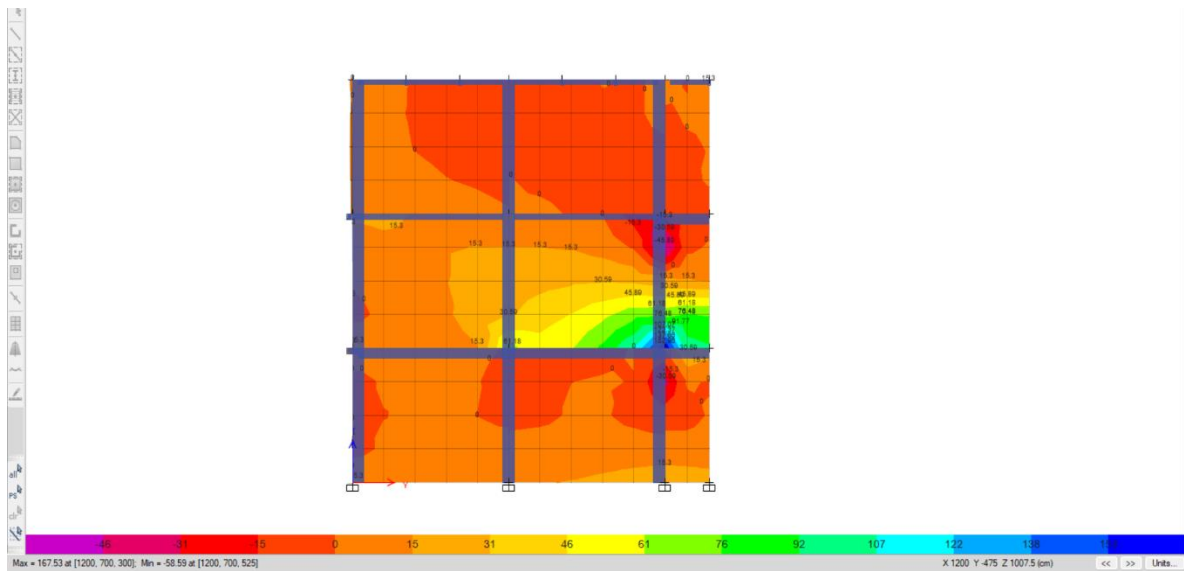
*Figura 27 - Momentos mínimos en Eje A.*



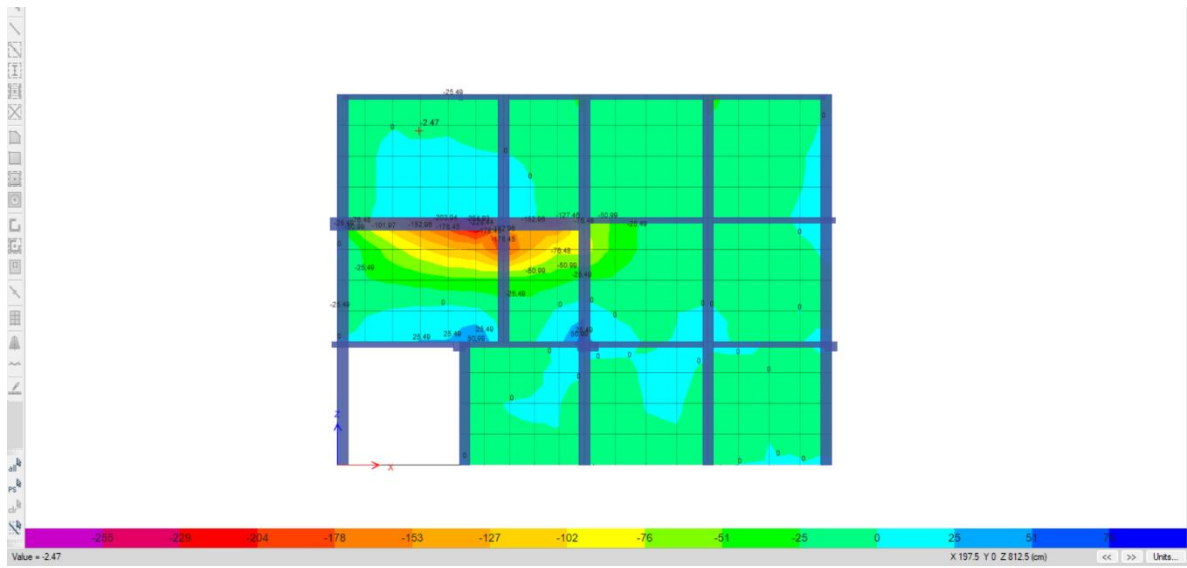
*Figura 28 - Momentos máximos en Eje A.*



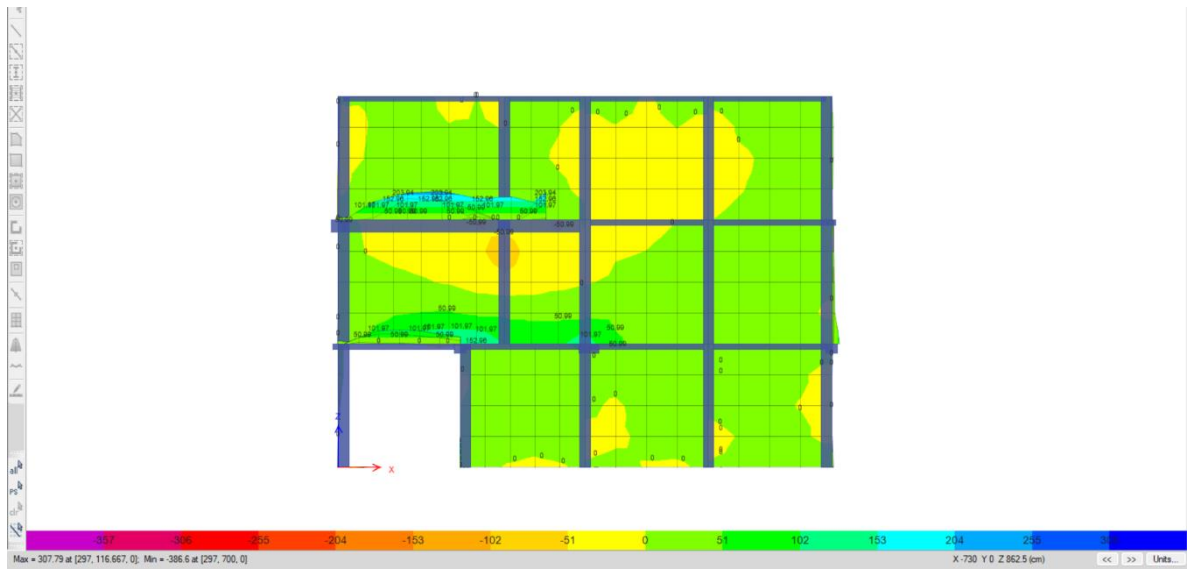
*Figura 29 – Momentos mínimos Eje E*



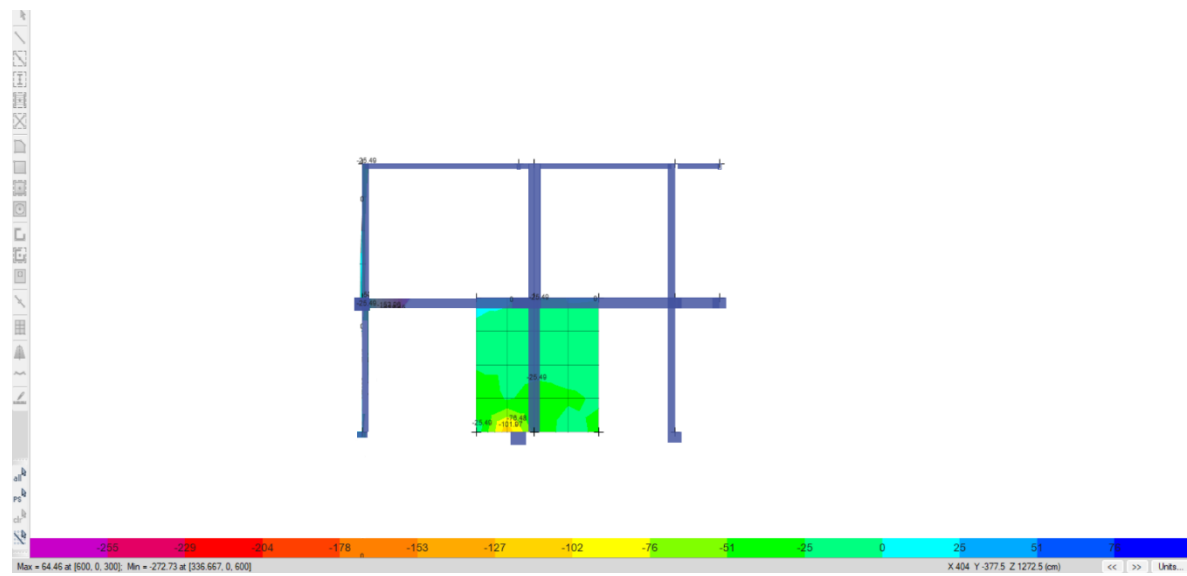
*Figura 30 – Momentos máximos Eje E*



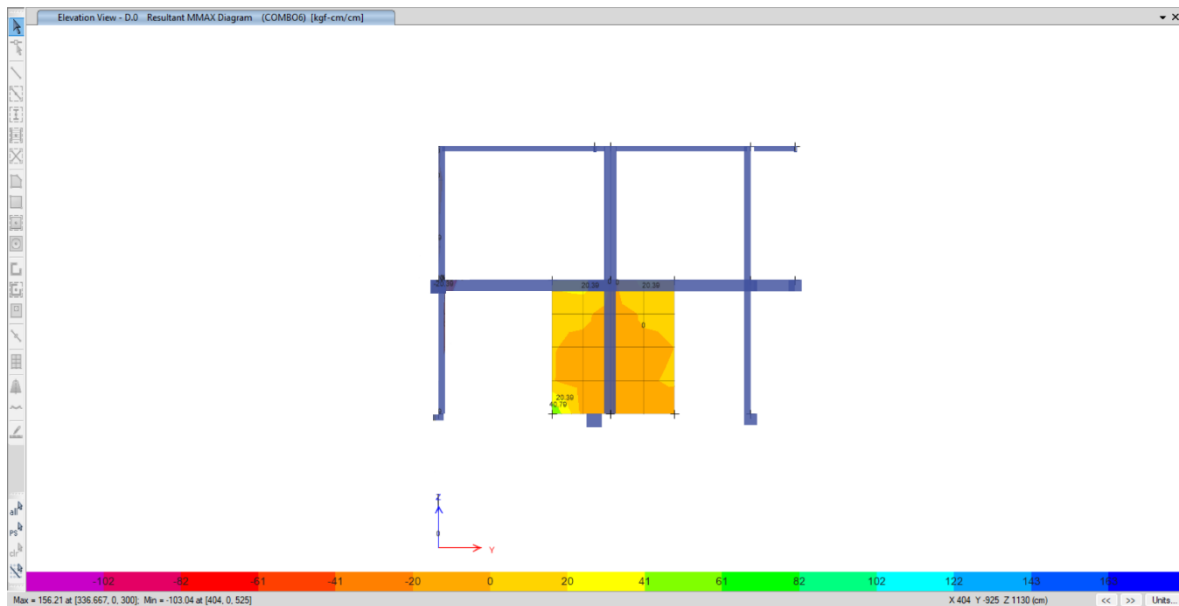
*Figura 31 – Momentos mínimos Eje 5*



*Figura 32 – Momentos máximos Eje 5*



*Figura 33 – Momentos mínimos Eje D*



*Figura 34 – Momentos máximos Eje D*

Para el modelado de los muros se utilizaron dos tipos: muros exteriores con un espesor de 0.15 m y muros interiores con un espesor de 0.10 m. Debido a esta diferenciación, los diseños de los muros se presentarán en dos secciones distintas, detallando los resultados obtenidos a partir de los gráficos de calor. Estos gráficos brindados por el análisis de elementos finitos en base a un mallado de cuadrículas de 0.5m, permitieron identificar las áreas del muro que más se someten a cargas y posiblemente tiendan a fallar.

Este análisis destaca la importancia de integrar tecnologías innovadoras en el diseño estructural para mejorar la resistencia y durabilidad de los muros frente a cargas y esfuerzos, garantizando así una mayor seguridad y eficiencia en las edificaciones.

Los resultados del análisis del muro de carga tipo #1 revelan una considerable variación en las fuerzas y momentos, lo que puede influir significativamente en su comportamiento estructural. La fuerza axial de compresión, con un máximo de -318.82 kgf y un mínimo de -26361.9 kgf, puede llevar a problemas de pandeo si no se diseñan adecuadamente las secciones del muro. Las fuerzas de corte en las direcciones V2 y V3, con máximos de 5082.69 kgf y 890.84 kgf, respectivamente, podrían causar deslizamientos o



fallos por corte si las conexiones y el material no son suficientemente resistentes. La torsión, que varía entre 113773.29 kgf-cm y -5468.84 kgf-cm, puede provocar giros indeseados que comprometen la integridad del muro. Los momentos flectores, alcanzando máximos de 161973.93 kgf-cm en M2 y 951468.9 kgf-cm en M3, podrían llevar a fisuras y deformaciones excesivas si no se cuenta con un refuerzo adecuado.

Los resultados del análisis del muro de carga tipo #2 revelan una diversidad significativa en las cargas aplicadas, desde fuerzas axiales y cortantes hasta momentos flectores y de torsión extremos. Estos valores indican puntos críticos donde el muro puede enfrentar problemas como pandeo debido a las fuerzas axiales máximas de 1071.28 kgf y mínimas de -24634.62 kgf, así como potenciales fallos por corte con los máximos de 5082.69 kgf en V2 y 890.84 kgf en V3. La presencia de momentos flectores máximos de 951468.9 kgf-cm en M3 y torsión máxima de 113773.29 kgf-cm en T también señalan riesgos de deformación y fisuración.

Para mitigar estos efectos adversos, se configuró un refuerzo en las secciones críticas del muro con materiales de alta resistencia y considerando que tenemos un sistema estructural dual las conexiones entre sistema aporticado y los muros ayudará a aumentar la capacidad de carga del muro y a distribuir las tensiones de manera más uniforme. Además, la combinación de muros de carga y pórticos permite diseñar estructuras más flexibles y resistentes, adaptadas a las condiciones específicas de carga y las exigencias de seguridad estructural.

Otras soluciones innovadoras y económicas que se podrían incluir al momento de realizar la construcción de la edificación, es el uso de materiales compuestos como fibra de carbono para reforzar secciones críticas del muro, así como el empleo de tecnologías de construcción modular que optimicen la instalación y el mantenimiento.

**Tabla 21***Información de las cargas a las que están sometidos los muros de carga*

(a)

Muro Tipo 1 Exteriores		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	-12308.56 [kgf]	-45184.60 [kgf]
V2	12433.35 [kgf]	-5.96 [kgf]
V3	401.28 [kgf]	6.15 [kgf]
T	33616.84 [kgf-cm]	-8269.63 [kgf-cm]
M2	13422.65 [kgf-cm]	-55415.44 [kgf-cm]
M3	597940.53 [kgf-cm]	-687387.13 [kgf-cm]

(b)

Muro Tipo 2 Interiores		
Variable	Mínimo	Máximo
Fuerza P	-322.77 [kgf]	-26361.90 [kgf]
V2	5082.69 [kgf]	323.46 [kgf]
V3	890.84 [kgf]	224.29 [kgf]
T	113773.29 [kgf-cm]	-7012.86 [kgf-cm]
M2	161973.93 [kgf-cm]	-95324.99 [kgf-cm]
M3	951468.90 [kgf-cm]	-959,68.50

### 3.2.6.4 Diseño de losa aligerada carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)

En el análisis de la losa aligerada, se aplican técnicas avanzadas y algoritmos específicos para evaluar los factores que influyen en este tipo de estructuras. El software emplea el método de elementos finitos (FEM) para modelar y analizar la losa, considerando los coeficientes de carga establecidos según los estándares de diseño. Este enfoque permite realizar análisis estáticos y dinámicos detallados, determinando la distribución de cargas y evaluando la respuesta estructural de la losa aligerada bajo diferentes escenarios de carga.

Durante el proceso de cálculo, se corren modelos computacionales que permiten generar varias iteraciones para converger hacia una solución precisa, teniendo en cuenta la interacción entre los distintos elementos de la estructura, como vigas, columnas y muros. Las propiedades de los materiales definidas en el modelo, tales como el módulo de elasticidad y la resistencia del concreto, son fundamentales para obtener un análisis más preciso. Este enfoque integral garantiza una evaluación exhaustiva de la losa aligerada, optimizando su diseño y asegurando su desempeño estructural en una vivienda unifamiliar, especialmente en regiones sísmicas o con cargas variables significativas.

Además de lo previamente mencionado, el análisis de elementos finitos para sistemas estructurales amplios resulta altamente satisfactorio debido a su capacidad para proporcionar un análisis detallado y preciso a nivel milimétrico. Este método permite evaluar con exactitud los elementos estructurales de mayor sección, determinando las variaciones en la distribución de esfuerzos y deformaciones. Asimismo, facilita la identificación de las diferentes secciones de acero requeridas para cada componente, optimizando el diseño y garantizando la seguridad y eficiencia estructural conforme a los estándares y normativas vigentes.

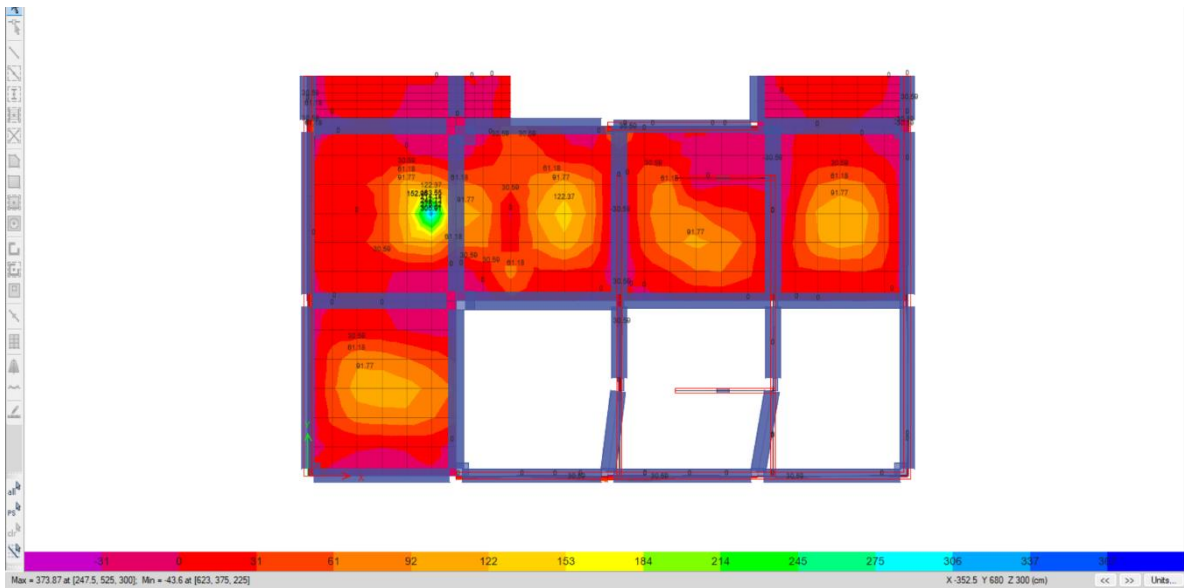
#### **3.2.6.4.1 Análisis estructural**

En el análisis estructural de una losa aligerada utilizando el método de elementos finitos (FEM), se basa en el modelado de una carga distribuida uniformemente sobre la losa de concreto reforzado. La carga se aplica continuamente hasta la falla del elemento, permitiendo observar la disminución de rigidez y el momento de falla. Para simular esta carga distribuida y la aplicación simultánea de desplazamientos, se utilizaron todos los datos recabados el momento de cargas a las que se somete y de normativas que consideran diferentes factores que incrementan esas cargas para poder asegurar que la estructura sea segura y resiliente.

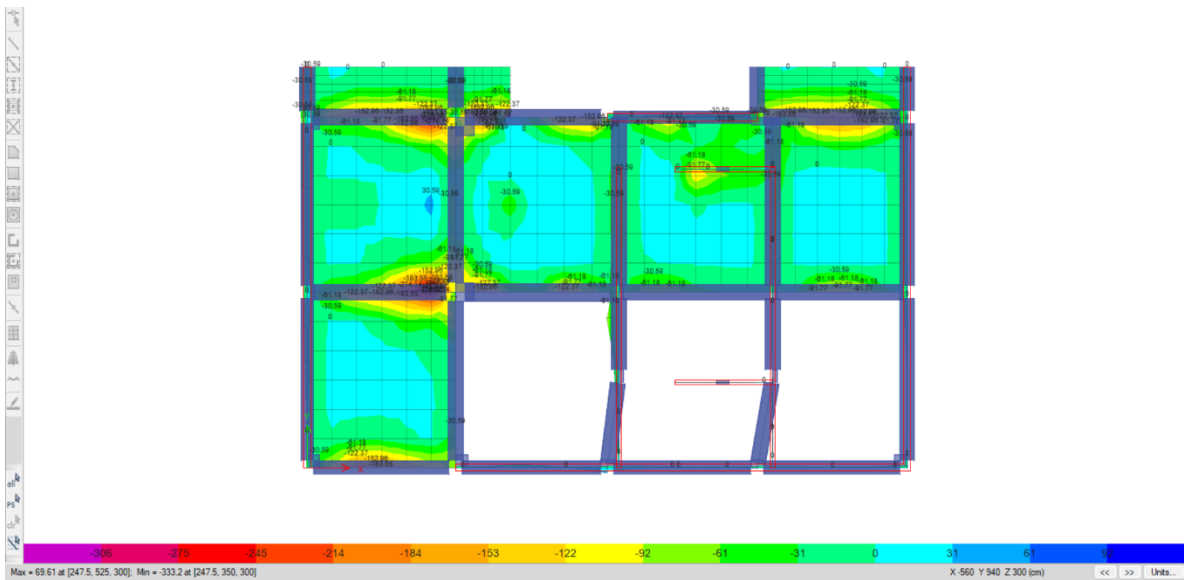
Este método distribuye la carga en ocho fuerzas iguales que simulan la carga distribuida uniformemente, logrando que la distribución de los momentos flectores sea cercana a una parábola. El análisis numérico se divide en dos modos de operación: antes y después del refuerzo. Durante el proceso, se realizan cálculos iterativos para alcanzar una solución precisa, considerando la interacción entre los distintos elementos estructurales y las propiedades materiales definidas.

El análisis estructural se complementa observando las trayectorias de equilibrio estático de los elementos, utilizando las curvas fuerza-desplazamiento. Estas curvas muestran

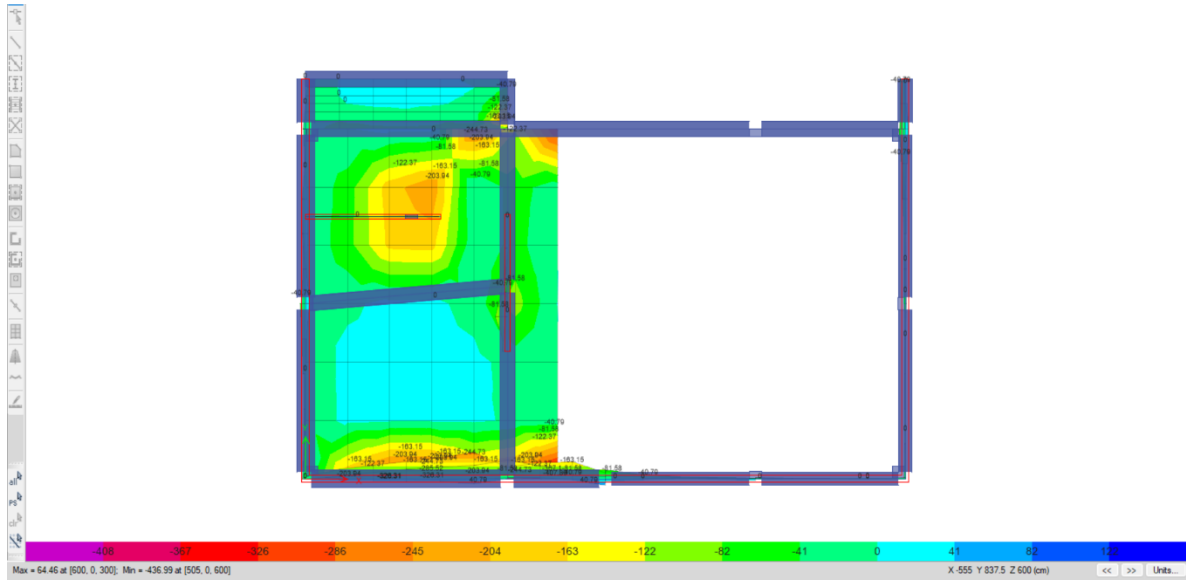
cómo la adición del refuerzo incrementa la rigidez de la sección, provocando menores desplazamientos bajo cargas aplicadas. Este enfoque integral y detallado garantiza una evaluación exhaustiva de la losa aligerada, optimizando su diseño y asegurando su desempeño estructural en una vivienda unifamiliar como se muestra en la Figura 30, especialmente en regiones sísmicas o con cargas variables significativas.



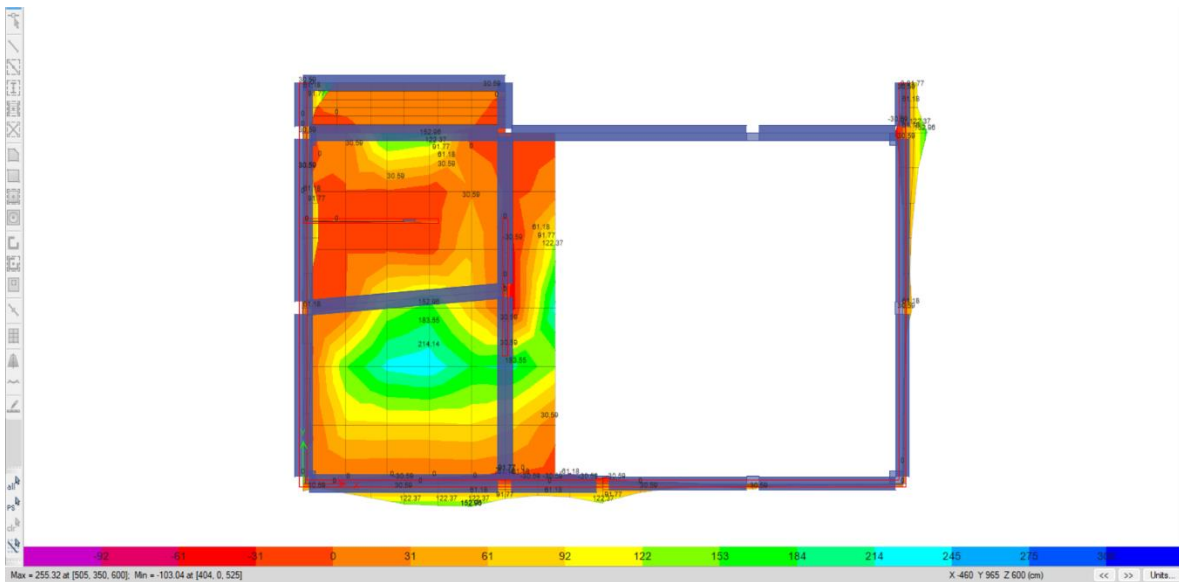
*Figura 35 – Momentos mínimos en la losa PB*



*Figura 36 – Momentos máximos en la losa PB*



*Figura 37 – Momentos mínimos en la losa PA*



*Figura 38 – Momentos máximos en la losa PA*

Los resultados del análisis de deformación en la losa aligerada para la planta baja como se muestran en la Figura 35 e Figura 36 indican variaciones significativas en las tensiones y deformaciones en diferentes regiones de la estructura. En la parte superior de la losa, se observan valores de E11 que varían entre  $2.2E-05$  y  $8.6E-05$  cm/cm, mientras que E22 oscila entre  $9E-06$  y  $7.8E-05$  cm/cm, y G12 se encuentra en el rango de  $4E-06$  a  $3.5E-05$  cm/cm. En la parte inferior, E11 muestra valores negativos correspondientes, indicando compresión, con un rango de  $2.2E-05$  a  $8E-05$  cm/cm, E22 varía entre  $8E-06$  y  $7.8E-05$  cm/cm, y G12 oscila entre  $4E-06$  y  $3.5E-05$  cm/cm. Los valores promedio de G13 y G23 se

mantienen consistentemente bajos, reflejando una menor distorsión en el plano de corte. Estos resultados, que incluyen variaciones de deformación máxima (EMax) y mínima (EMin) en ambas superficies, así como las deformaciones equivalentes de Von Mises (EVM), subrayan la importancia de un análisis detallado para identificar zonas críticas de esfuerzo y deformación.

En cuanto a los resultados del análisis de la losa aligerada para la planta alta como se muestra en la Figura 37 e Figura 38 muestran una gama de deformaciones y tensiones en los componentes de la estructura evaluada, tanto en la parte superior como en la parte inferior de la losa, con valores que varían significativamente en magnitud. En términos de deformaciones normales, el rango de E11 en la parte superior varía entre  $1E-06$  cm/cm y  $-0.000157$  cm/cm, mientras que, en la parte inferior, el rango es de  $1E-06$  cm/cm a  $0.000412$  cm/cm. Para las deformaciones E22, los valores superiores fluctúan entre  $1E-06$  cm/cm y  $0.000412$  cm/cm, y los inferiores entre  $0.000412$  cm/cm y  $0.000412$  cm/cm. Las deformaciones cortantes G12 presentan valores entre  $3.5E-05$  cm/cm y  $0.000268$  cm/cm en la parte superior y entre  $0.000176$  cm/cm y  $0.000268$  cm/cm en la parte inferior. Las tensiones máximas y mínimas, EMax y EMin, respectivamente, varían entre  $1.6E-05$  cm/cm y  $0.000198$  cm/cm en la parte superior, y entre  $0$  cm/cm y  $0.000198$  cm/cm en la parte inferior. La tensión de von Mises (EVM) presenta valores máximos de hasta  $0.000205$  cm/cm en la parte superior y  $0.000489$  cm/cm en la parte inferior. Las deformaciones promedio en G13 y G23 también presentan fluctuaciones considerables, indicando puntos de alto esfuerzo en ciertos lugares de la estructura.

La comprensión precisa de estos parámetros es crucial para poder realizar la correcta optimización del diseño estructural y garantizar la integridad y seguridad de la losa bajo diferentes condiciones de carga. Los resultados del análisis muestran que las deformaciones máximas y mínimas obtenidas para la losa aligerada están dentro de los límites admisibles

según la normativa ACI 318-19. Las mayores deformaciones registradas, como 8.6E-05 cm/cm en E11 Top, son significativamente inferiores a la deformación de fluencia del acero de refuerzo especificado por la normativa. Esto indica que la estructura diseñada cumple con los requisitos de integridad estructural y servicio, garantizando que las deformaciones se mantengan dentro de rangos seguros para evitar fallos prematuros o daños estructurales. Además, se sugiere la posibilidad de optimizar el diseño para mejorar la eficiencia y reducir costos, aunque los resultados actuales respaldan la viabilidad y seguridad del sistema estructural propuesto.

**Tabla 22**

*Información de las deformaciones a la que está sometida la losa PB*

<b>Parámetro</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>E11 Top</b>	8.60E-05 cm/cm	2.20E-05 cm/cm
<b>E22 Top</b>	7.80E-05 cm/cm	9.00E-06 cm/cm
<b>G12 Top</b>	3.50E-05 cm/cm	4.00E-06 cm/cm
<b>E11 Bottom</b>	2.20E-05 cm/cm	8.00E-05 cm/cm
<b>E22 Bottom</b>	8.00E-06 cm/cm	7.80E-05 cm/cm
<b>G12 Bottom</b>	4.00E-06 cm/cm	3.50E-05 cm/cm
<b>G13 Average</b>	3.38E-07 cm/cm	6.54E-08 cm/cm
<b>G23 Average</b>	4.59E-07 cm/cm	8.00E-06 cm/cm

**Tabla 23**

*Información de las deformaciones a la que está sometida la losa PA*

<b>Parámetro</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>E11 Top</b>	4.12E-04 cm/cm	1.57E-04 cm/cm
<b>E22 Top</b>	4.12E-04 cm/cm	4.12E-04 cm/cm
<b>G12 Top</b>	1.06E-04 cm/cm	2.68E-04 cm/cm
<b>E11 Bottom</b>	4.12E-04 cm/cm	4.12E-04 cm/cm
<b>E22 Bottom</b>	4.12E-04 cm/cm	4.12E-04 cm/cm
<b>G12 Bottom</b>	2.68E-04 cm/cm	2.68E-04 cm/cm
<b>G13 Average</b>	3.18E-07 cm/cm	3.97E-07 cm/cm
<b>G23 Average</b>	1.00E-06 cm/cm	8.00E-06 cm/cm

### 3.2.6.5 Diseño de cimentación carga y metodología de diseño FEM (Finite Element Method)

Para el análisis de cimentaciones en el software, se configuraron los parámetros de diseño con secciones reducidas. Antes del modelado, se realizó un pre-dimensionamiento de la cimentación más óptima para la vivienda, eligiendo zapatas aisladas conectadas en la superficie mediante riostras. Estas riostras facilitan una mejor distribución de las cargas provenientes tanto de los muros como de las columnas. El diseño de la cimentación se basó en los datos obtenidos sobre el peso de la vivienda mostrados en la Tabla 24, un factor crucial para determinar con precisión las dimensiones y la profundidad adecuadas de la cimentación.

**Tabla 24**

*Peso de la edificación de la estructura*

Pisos	Cargas	Ubicación	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Máster	PESO SÍSMICO	Bottom	48930.37	0	0	6.64E-05	12973096.6	-30700170.8
Planta Alta	PESO SÍSMICO	Bottom	132633.16	0	0	-0.01	38325514.6	-77215981.3
Planta Baja	PESO SÍSMICO	Bottom	1736443.9	0.0018	-0	-7.00	649222850	-1043455546
Cimentación	PESO SÍSMICO	Bottom	2274878.90	0.0018	-0	-7.03	916011554	-1213367447

Obteniendo los resultados de la estructura simulando cargas sísmicas se muestra una distribución variada de esfuerzos y cargas a través de los distintos niveles de la estructura. En el nivel de la cimentación, se observa la mayor carga sísmica con un valor de 2274878.90 kgf, acompañado de momentos significativos en las direcciones X e Y, con valores de 916011554 kgf-cm y -1213367447 kgf-cm, respectivamente, indicando un considerable esfuerzo de torsión y flexión. La planta baja presenta también altas cargas sísmicas 1736443.90 kgf y momentos notables, mientras que las plantas alta y máster muestran valores menores de carga sísmica y momentos, sugiriendo una distribución de esfuerzos que aumenta hacia la base de la estructura. Dándonos resultados esperados que sirvieron para evaluar



detenidamente la capacidad de la cimentación para manejar los momentos y cargas aplicadas, garantizando así la estabilidad y seguridad estructural bajo condiciones sísmicas.

### **3.2.6.5.1 Cálculo de capacidad portante del suelo**

El cálculo de la carga portante es indispensable determinarlo debido a las propiedades y características que mencionamos anteriormente en el apartado 3.2.2 este cálculo nos permitirá determinar capacidad del terreno para soportar las cargas de la estructura sin sufrir asentamientos excesivos o fallos. Una vez ya obtenida las características y propiedades del suelo, se procede a obtener el ángulo de fricción interna del suelo, con esta información, se pueden diseñar cimientos que soporten las cargas estáticas y dinámicas, mitigando riesgos asociados con el ambiente salino y condiciones sísmicas.

### **3.2.6.5.2 Determinación del ángulo de fricción interna**

Se tiene una composición de arena del 63.725%, limo del 26.630% y arcilla del 9.644%, entonces se clasifica como un suelo de mezcla arena-limo y se determina mediante la fórmula de Correlaciones Generales para Suelos de Textura Mixta.

$$\phi \approx 28 + 0.15(N)$$

Donde:

$\phi$  es el ángulo de fricción interna en grados

N es el valor que depende de la densidad aparente del suelo y densidades mínimas y máximas del mismo

$$\rho_{ap} = 1.561 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{min} = 1.150 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{max} = 1.550 \text{ g/cm}^3$$

$$N = (20) \left( \frac{\rho_{ap} - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \right)$$

$$\phi \approx 28^\circ + 0.15(20.55)$$

$$\phi \approx 31.083^\circ$$

### 3.2.6.5.3 Factores de capacidad portante de Terzaghi

Para tomar en cuenta los factores de capacidad de carga de Terzaghi, se obtienen valores del resumen recopilado por Das (2012), según el ángulo de fricción obtenido.

$$N_c = 20.03$$

$$N_q = 9.03$$

$$N_\gamma = 4.83$$

### 3.2.6.5.4 Capacidad portante de Terzaghi

Luego, de obtener los datos más importantes para usar la formula se considera una profundidad de 1.2 [m], respetando que la cimentación será superficial y la profundidad no excede 3 veces a la dimensión más grande de la fundación. Se obtiene de la formula lo siguiente.

$$q_{ult} = (c')(N_c) + (\gamma)(D_f)(N_q) + (0.5)(\gamma)(B)(N_\gamma)$$

Donde:

$q_{ult}$  = Capacidad portante última del suelo.

$c'$  = Cohesión del suelo.

$\gamma'$  = Peso unitario del suelo.

$D_f$  = Profundidad de la cimentación.

B = Ancho de la cimentación.

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad portante (depende del ángulo de fricción interna del suelo).

$$q_{ult} = (0)(20.03) + \left(18 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right]\right) (1.2 [\text{m}]) (9.03) + (0.5) \left(18 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right]\right) (1 [\text{m}]) (4.83)$$

$$q_{ult} = 0 + 195.048 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right] + 43.47 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right]$$

$$q_{ult} = 238.518 [\text{kPa}]$$

### 3.2.6.5.5 Cálculo del área de la zapata

$$A = \frac{Q}{q_{adm}}$$

Donde:

A = Área de la zapata.

Q = Carga total que actúa sobre la zapata.

$q_{adm}$  = Capacidad portante admisible (Capacidad portante última dividida por un factor de seguridad)

### Tabla 25

*Factores de Seguridad Indirectos Mínimos*

Condición	FSIM Adm
Carga muerta + Carga viva normal	3.0
Carga muerta + Carga viva máxima	2.5
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño pseudo estático	1.5

Según la Tabla 25 de factores de seguridad y las condiciones de las cargas para este caso el FS es igual a 3.

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

$$q_{adm} = \frac{238.518 \text{ [kPa]}}{3}$$

$$q_{adm} = 79.506 \text{ [kPa]} \equiv 7.95 \left[ \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \right]$$

Como se indicó en el apartado 3.1.1, el diseño de la cimentación contempla la distribución del peso de la estructura en dos tipos de zapatas. Se asigna el 11% del peso total a las zapatas de contención y el 89% restante a las zapatas aisladas. La distribución incluye 12 zapatas aisladas y 3 zapatas de contención, colocadas uniformemente en el terreno de la edificación. Esta disposición se muestra en la Figura 8.

### **Apoyos zapatas Tipo 1**

$$Q_{Total1} = \frac{(0.11)(231.56) \text{ [tonnef]}}{N_{zp}}$$

$$Q_{Total1} = \frac{25.47 \text{ [tonnef]}}{3}$$

$$Q_{Total1} = 8.49 \text{ [tonnef]}$$

$$A_1 = \frac{Q_{Total1}}{q_{adm}}$$

$$A_1 = \frac{8.49 \text{ [tonnef]}}{7.95 \left[ \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \right]}$$

$$A_1 = 1.06 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$B_1 = \sqrt{1.06} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$B_1 = 1.03 \text{ [m]}$$

### **Apoyos zapatas Tipo 2**

$$Q_{Total2} = \frac{(0.89)(231.56) \text{ [tonnef]}}{N_{zp}}$$

$$Q_{Total2} = \frac{206.09 \text{ [tonnef]}}{12}$$

$$Q_{Total2} = 17.17 \text{ [tonnef]}$$

$$A_2 = \frac{Q_{\text{Total2}}}{q_{\text{adm}}}$$

$$A_2 = \frac{17.17 \text{ [tonnef]}}{7.95 \left[ \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \right]}$$

$$A_2 = 2.06 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$B_2 = \sqrt{2.06} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$B_2 = 1.43 \text{ [m]}$$

Una vez realizado el cálculo del análisis para el diseño de zapatas, se calcularon las dimensiones necesarias basadas en las cargas aplicadas y la capacidad admisible del suelo. Para las cuales se obtuvieron 2 tipos de zapatas, para las zapatas Tipo 1, se obtuvo una carga total de 8.49 toneladas-fuerza (tonnef) y una capacidad admisible del suelo de 7.95 tonnef/m<sup>2</sup>, se determinó que el área requerida es de 1.06 m<sup>2</sup>, lo que resulta en dimensiones de 1.03 m por 1.03 m. En contraste, para las zapatas Tipo 2, que soportan una carga de 17.17 tonnef, el área necesaria es de 2.06 m<sup>2</sup>, dando como resultado dimensiones de 1.43 m por 1.43 m. Por lo tanto, se diseñarán las zapatas Tipo 1 de una dimensión de 1 m<sup>2</sup>, y para las zapatas Tipo 2, una dimensión de 2 m<sup>2</sup>. Esta selección asegura un diseño adecuado que cumple con la capacidad admisible del suelo y garantiza la estabilidad estructural.

### 3.2.6.5.6 Comprobación de asentamientos

$$S = \left( \frac{q_{\text{net}}}{E_s} \right) (B)$$

Donde:

S = Asentamiento Total

$q_{\text{net}}$  = Presión neta en la base de la cimentación

$E_s$  = Módulo de elasticidad del suelo  $E_s \approx 50000 \text{ [kPa]}$

B = Ancho de la cimentación

Suponiendo un espesor de cimentación de 0.20 m

$$q_{\text{net}} = q_{\text{bruta}} - \frac{W_s}{A}$$

$$q_{\text{net}} = \frac{Q_{\text{Total}} - W_s}{A}$$

$$q_{\text{net}} = \frac{Q_{\text{Total}} - \gamma_s \cdot V_s}{A}$$

Donde:

$\gamma_s$  = Es el peso unitario del suelo

$V_s$  = Es el volumen del suelo excavado

### **Apoyos zapatas Tipo 1**

$$q_{\text{net1}} = \frac{8.49 \text{ [tonnef]} - \left(1.83 \left[\frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}\right]\right) \cdot (0.218[\text{m}^3])}{1.03 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$q_{\text{net1}} = 7.86 \left[\frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}\right]$$

### **Apoyos zapatas Tipo 2**

$$q_{\text{net2}} = \frac{17.17 \text{ [tonnef]} - \left(1.83 \left[\frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}\right]\right) \cdot (0.404[\text{m}^3])}{2.06 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$q_{\text{net2}} = 7.97 \left[\frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}\right]$$

### **Asentamiento apoyos zapatas 1**

$$S_1 = \left(\frac{7.86 \text{ [tonnef]}}{5100.60 \text{ [tonnef/m}^2\text{]}}\right) (1.03 \text{ [m]})$$

$$S_1 = 0.001587 \text{ [m]} \approx 1.587 \text{ [mm]}$$

### **Asentamiento apoyos zapatas 2**

$$S_2 = \left( \frac{7.97 \text{ [tonnef]}}{5100.60 \text{ [tonnef/m}^2\text{]}} \right) (1.43 \text{ [m]})$$

$$S_2 = 0.002234 \text{ [m]} \approx 2.234 \text{ [mm]}$$

$$S_{\text{Total}} = S_1 + S_2$$

### **Asentamiento total**

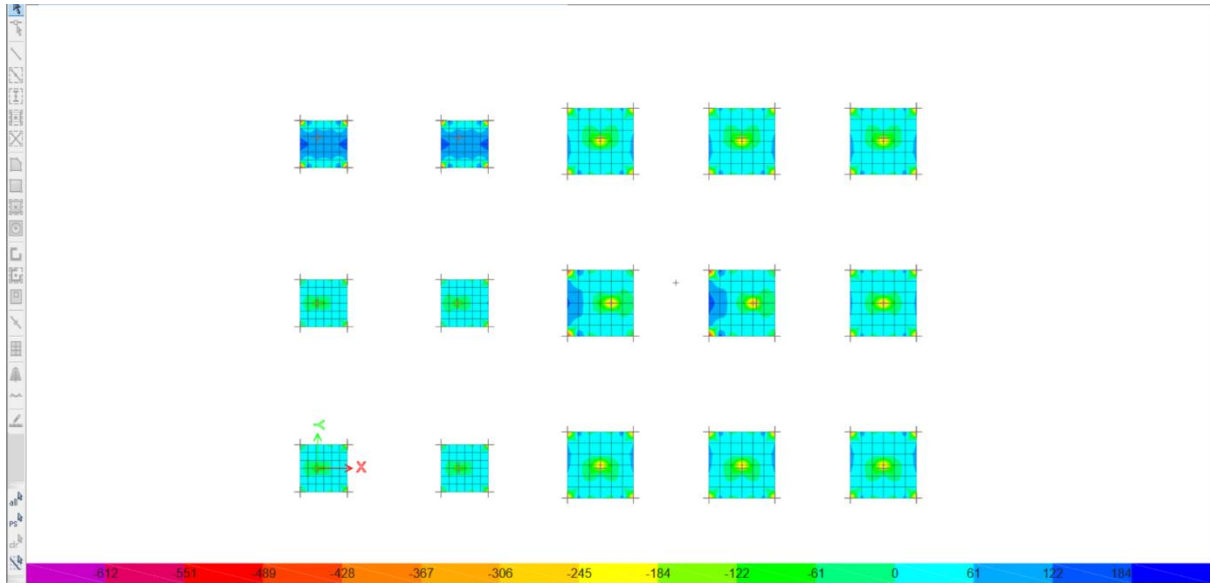
$$S_{\text{Total}} = 0.001587 \text{ [m]} + 0.002234 \text{ [m]}$$

$$S_{\text{Total}} = 0.003821 \text{ [m]} \approx 3.821 \text{ [mm]}$$

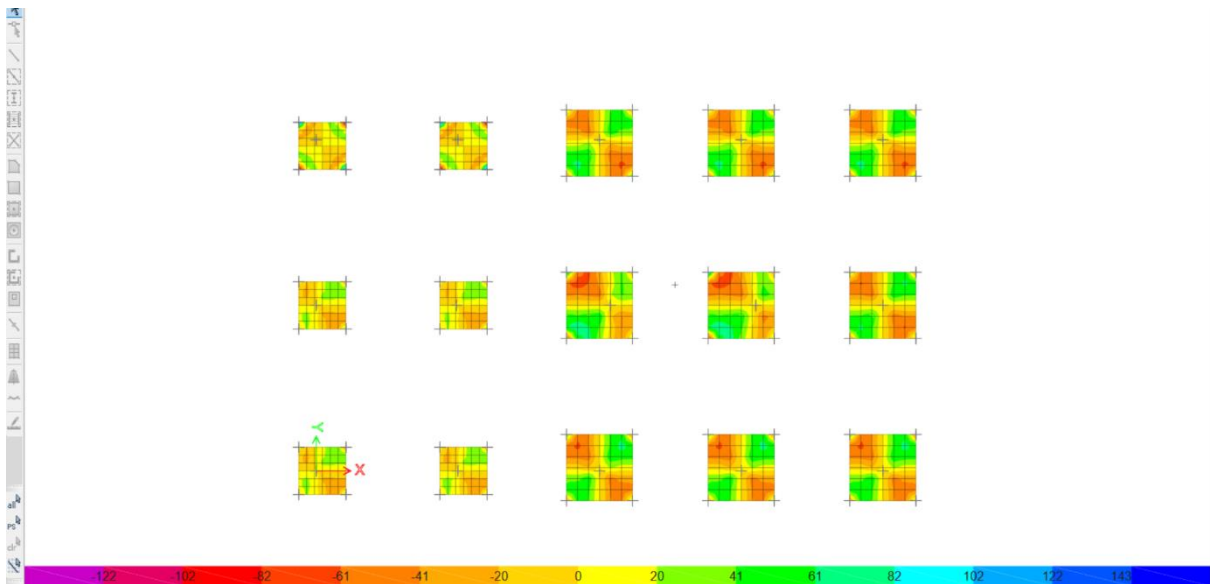
Dando como resultado que el asentamiento general de 3.821 mm está significativamente por debajo del límite general permitido de 30 mm para asentamientos totales según la NEC2015. Esto indica que el diseño de las zapatas cumple con los requisitos de asentamiento establecidos por la NEC, asegurando que el asentamiento de la cimentación es adecuado y no representa un riesgo para la estabilidad de la estructura.

#### **3.2.6.6 Análisis estructural**

Finalmente, con los datos obtenidos se procedió al modelamiento de la cimentación en el software estructural aplicando las cargas distribuidas sobre la cimentación de manera incremental, obteniendo el incremento de los esfuerzos y deformaciones hasta alcanzar el estado límite de carga. Bajo un análisis computacional de integración numérica para resolver las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento del sistema bajo carga. Se pudo evidenciar no solo la distribución de tensiones y deformaciones, sino también el desarrollo de posibles fallas estructurales en condiciones extremas como se muestran en la Figura 38.



*Figura 39 – Momentos mínimos cimentación*



*Figura 40 – Momentos máximos cimentación*

El análisis de resultados en base a los datos obtenidos de la Figura 39 y Figura 40 de las zapatas muestra una variada distribución de cargas y momentos en diferentes puntos de apoyo, proporcionando una visión detallada de la respuesta estructural. En el caso de la Tabla 26, se observan fuerzas verticales (F3) y momentos (M1 y M2) con magnitudes que varían considerablemente, indicando una distribución heterogénea de las cargas. Las fuerzas verticales van desde -36.95 kgf hasta -161.65 kgf, y los momentos flectores oscilan entre -149.19 kgf-cm y -1006.73 kgf-cm, evidenciando la necesidad de un diseño robusto para soportar estas variaciones.



La Tabla 26 muestra un comportamiento similar con fuerzas verticales entre -37.99 kgf y -57.15 kgf, y momentos que fluctúan entre -20.31 kgf-cm y -130.81 kgf-cm, lo que sugiere que la zapata debe ser capaz de manejar tanto cargas verticales como momentos torsionales significativos. En la Tabla 27, las fuerzas verticales están en el rango de -57.12 kgf a -57.15 kgf, y los momentos muestran una alta variabilidad, desde -136.59 kgf-cm hasta -845.02 kgf-cm, para lo cual se consideró un refuerzo adecuado, superando los requerimientos mínimos para el área de refuerzo.

Para las Tablas 28 y 29, se observan momentos torsionales muy altos, con valores que llegan a -952.01 kgf-cm, lo cual indica la presencia de cargas significativas. Para el resto se registró momentos, con fuerzas verticales que indican una alta demanda estructural y la necesidad de un diseño que pueda manejar tales condiciones, evidenciando que la estructura necesita adaptarse a la variabilidad en las cargas y momentos para garantizar la seguridad y estabilidad de la cimentación.

**Tabla 26**

*Información de las cargas a las que están sometidas las zapatas (a)*

(a)								
Zapata #1			Zapata #2			Zapata #3		
F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)
-161.65	-319.70	-319.70	-57.15	-121.66	-629.78	-57.12	-450.63	-845.02
-79.17	-688.42	-688.42	-53.90	-20.31	-392.77	-57.12	-136.59	-661.17
-58.06	-504.84	-504.84	-49.49	-70.65	-293.90	-57.12	-136.59	-629.78
-75.44	-149.19	-149.19	-44.99	-64.23	-314.89	-57.12	-121.66	-619.68
-36.95	-321.26	-321.26	-41.91	-89.22	-461.84	-57.15	-130.81	-845.02
-118.55	-234.44	-234.44	-41.89	-73.13	-50.95	-57.15	-130.81	-629.78
-107.77	-213.13	-213.13	-38.10	-81.11	-419.85	-57.15	-121.66	-661.17
-52.78	-458.95	-458.95	-38.08	-66.48	-46.32	-57.15	-121.66	-629.78
-60.14	-698.14	-698.14	-37.99	-130.81	-193.65	-57.15	-1006.73	-1322.33
-41.00	-476.01	-476.01	-37.99	-130.81	-193.65	-57.15	-1006.73	-1322.33

**Tabla 27***Información de las cargas a las que están sometidas las zapatas (b)*

(b)

Zapata #4			Zapata #5			Zapata #6		
F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)
-161.65	-319.70	-688.42	-58.44	-902.94	-1537.23	-67.41	-1051.11	-1184.44
-161.65	-319.70	-319.70	-56.01	-896.68	-1127.30	-58.27	-848.82	-868.59
-118.55	-234.44	-234.44	-54.30	-841.70	-1024.82	-58.27	-771.65	-789.62
-82.01	-952.01	-952.01	-48.26	-815.16	-857.36	-57.66	-578.74	-616.82
-82.01	-952.01	-952.01	-43.87	-662.16	-768.62	-57.66	-540.16	-592.22
-82.01	-952.01	-952.01	-42.85	-617.24	-738.09	-51.41	-525.55	-565.93
-82.01	-952.01	-952.01	-41.07	-570.61	-717.37	-49.43	-499.54	-552.74
-80.83	-159.85	-159.85	-39.82	-496.29	-571.57	-42.73	-490.52	-420.56
-79.17	-688.42	-688.42	-38.79	-451.47	-492.06	-42.29	-489.44	-415.02
-79.17	-688.42	-688.42	-37.34	-392.79	-428.68	-42.29	-489.44	-392.52

**Tabla 28***Información de las cargas a las que están sometidas las zapatas (c)*

(c)

Zapata #7			Zapata #8			Zapata #9		
F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	kgf	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)
-164.90	-4066.66	-3506.59	-164.90	-4066.66	-3506.59	-131.51	-454.03	-660.59
-150.25	-2033.33	-2571.50	-164.90	-4066.66	-3506.59	-139.02	-602.20	-405.71
-144.11	-1202.35	-2337.72	-150.25	-2033.33	-1753.29	-131.51	-454.03	-660.59
-119.35	-937.22	-1753.29	-150.25	-2033.33	-1753.29	-139.02	-602.20	-405.71
-112.38	-801.57	-1636.41	-120.93	-1202.35	-1134.25	-105.81	-737.74	-156.50
-110.18	-687.30	-1134.25	-119.35	-1202.35	-1134.25	-110.82	-532.20	-366.26
-109.93	-491.87	-1059.98	-119.35	-1202.35	-1134.25	-110.82	-532.20	-366.26
-105.68	-496.52	-989.44	-119.35	-1202.35	-1134.25	-105.81	-737.74	-156.50
-96.07	-384.27	-831.78	-110.18	-1024.80	-1024.80	-87.68	-578.42	-103.05
-92.06	-320.73	-797.45	-109.93	-1024.80	-1024.80	-92.68	-401.47	-270.47

**Tabla 29***Información de las cargas a las que están sometidas las zapatas (d)*

(d)

Zapata #10			Zapata #11			Zapata #12		
F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)
-120.45	-1928.27	-342.60	-169.43	-522.61	-872.44	-139.02	-602.20	-405.71

-110.82	-532.20	-366.26	-154.34	-1021.49	-679.99	-131.51	-454.03	-660.59
-105.88	-303.67	-190.65	-135.83	-548.40	-1184.89	-120.64	-311.38	-459.71
-97.46	-27.21	-452.18	-124.58	-1324.13	-191.34	-110.82	-532.20	-366.26
-94.81	-342.75	-58.81	-124.25	-383.24	-639.79	-105.88	-737.74	-156.50
-83.66	-127.48	-483.87	-118.59	-303.72	-1148.59	-105.81	-737.74	-156.50
-80.30	-1285.51	-228.40	-113.18	-749.09	-498.66	-104.72	-328.24	-115.65
-76.94	-578.42	-103.05	-102.89	-680.99	-453.33	-101.95	-441.61	-297.52
-73.88	-354.80	-244.18	-99.61	-402.16	-868.92	-99.23	-137.75	-799.86
-70.98	-536.12	-543.05	-94.85	-528.04	-642.01	-96.44	-332.95	-484.43

**Tabla 30**

*Información de las cargas a las que están sometidas las zapatas (e)*

(e)								
Zapata #13			Zapata #14			Zapata #15		
F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)	F3 (kgf)	M1 (kgf-cm)	M2 (kgf-cm)
-120.45	-2336.15	-799.86	-125.75	-2434.15	-2434.15	-139.02	-2647.36	-2888.96
-111.59	-1375.22	-799.86	-125.75	-554.04	-554.04	-131.51	-737.74	-660.59
-105.88	-1375.22	-799.86	-125.75	-380.89	-554.04	-120.64	-459.71	-459.71
-104.72	-1008.50	-799.86	-117.35	-2978.34	-2978.34	-110.82	-532.20	-366.26
-101.95	-1008.50	-586.56	-117.35	-1863.01	-1863.01	-107.22	-415.21	-333.51
-99.23	-1008.50	-586.56	-117.35	-275.49	-1863.01	-105.81	-737.74	-156.50
-97.46	-1008.50	-586.56	-105.94	-417.28	-417.28	-105.88	-1929.96	-1348.18
-94.81	-1008.50	-586.56	-105.94	-207.52	-207.52	-101.95	-441.61	-297.52
-92.27	-1008.50	-586.56	-105.94	-417.28	-207.52	-96.44	-332.95	-484.43
-88.47	-1008.50	-586.56	-105.94	-207.52	-417.28	-94.81	-480.56	-1342.43

### 3.3 Especificaciones Técnicas

#### 3.3.1 Actividades Previas

- a) Se refiere a limpieza, desbroce y nivelación del terreno en donde se realizará el trazado y replanteo de obra.

#### 3.3.2 Replanteo

- a) Ejecución del trazado y señalización del terreno definido en planos.
- b) Los materiales necesarios para esta actividad incluyen: clavos, piola, estacas, flexómetro, cal.

- c) Unidad: metro cuadrado.
- d) El pago se debe realizar por metro cuadrado del terreno replanteado y nivelado, el cual debe estar aprobado y medido por el residente de obra.

### **3.3.3 Movimiento de tierra para cimentación de muro y zapatas**

- a) Representa a la provisión del equipo y personal para llevar a cabo la actividad de excavación, según los planos.
- b) La excavación puede ser manual.
- c) Unidad: metro cúbico.
- d) La ejecución de esta actividad consiste en la excavación de zanjas siguiendo una línea recta y con profundidad indicada de acuerdo al plano y sus perfiles longitudinales. El ancho de la excavación debe ser el adecuado para el libre trabajo y movimiento de los obreros que realizarán el armado de los elementos.
- e) Si, al realizar los trabajos de excavación, las paredes no son estables, se deben realizar trabajos de apuntalamiento y entibado para evitar incidentes, los mismos que estarían a cargo del contratista.
- f) Si ocurriese el caso de que se excave una profundidad superior a lo indicado en el plano, debe ser rellenado por parte del contratista, con un material que cumpla las características necesarias y de calidad; este material deberá ser colocado en el sitio y compactado en capas de 20 cm.
- g) El material excavado debe ser colocado en un lugar que no interfiera el área de trabajo de los obreros, ni la libre circulación.

- h) Si dentro del terreno hubiese instalaciones eléctricas o hidrosanitarias que estén dentro o cerca de las zanjas, deben ser preservadas para evitar costos de reparación que deberán ser costeados por el contratista.
- i) El método de pago debe realizarse por metro cúbico el cual será debidamente verificado.

### **3.3.4 Estructura**

#### **3.3.4.1 Hormigón**

- a) En este rubro se hará referencia a la adquisición de materiales, suministros y mano de obra requerida para la elaboración del hormigón con una resistencia a la compresión de 28 días de 210 [kg/cm<sup>2</sup>].
- b) Los materiales para su fabricación incluyen: cemento tipo Portland, agregados finos y gruesos, agua potable y aditivos, en caso de ser necesarios. Los materiales están sujetos a las siguientes especificaciones:
  - i. Cemento: Cemento tipo Portland según lo especificado en ASTM C150, el cual debe ser almacenado en un lugar que garantice sus propiedades, no se debe mezclar 2 o más marcas del material.
  - ii. Agregados: Material triturado, según lo especificado en ASTM C33. No deben tener contenido arcilloso, y debe registrarse y medirse la humedad de los agregados finos para la debida dosificación.
  - iii. Agua: A utilizarse de la red pública municipal.
- c) Unidad de medición por metro cúbico.
- d) El equipo requerido para cumplir esta actividad es: concretera de buen estado y con capacidad mínima de un saco y vibrador.

- e) La dosificación de los agregados va conforme al volumen del diseño del hormigón. Para el agua, se debe considerar la humedad que traen los agregados.
- f) El hormigón se mezclará hasta conseguir homogenizar los materiales, sin sobrecargar la concreteira, el agua debe irse agregando durante el mezclado, con un tiempo de mezclado de hasta 2 minutos, considerando 5-6 ciclos por minutos. La consistencia del material debe conservarse homogénea para que se pueda verter en todo el encofrado sin sufrir segregaciones o cangrejas.
- g) El residente de obra debe considerar según lo indicado en los planos, una resistencia ( $f^c$ ) esperada a los 28 días no menor a lo especificado en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Resistencia de los elementos de hormigón armado a fundirse*

Elementos estructurales	Resistencia a la compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]
Elementos de cimentación	210
Columnas de H.A.	210, 280
Vigas de H.A.	210, 280
Losa aligerada	210

- h) Se deben realizar ensayos 30 días antes de iniciar las fundiciones de los elementos en obra, considerando los materiales y dosificaciones a emplearse en obra, la muestra debe tomarse para 6 cilindros, un par para la rotura a 7, 14 y 28 días respectivamente. Los resultados de estas roturas deben ser al menos de un 20% superior al detallado en el literal anterior. Asimismo, se producirá una pareja de muestras cilíndricas siguiendo las especificaciones de las ASTM

C36, ASTM C39, ASTM C172 en los distintos elementos fundidos a lo largo de la ejecución de la obra.

- i) El asentamiento de ningún diseño debe ser mayor a 5.1 cm.
- j) Deben considerarse los siguientes aspectos previo a la fundición con el hormigón:
  - i. El vertido no iniciará hasta que el residente de obra haya verificado y aprobado el encofrado, la armadura de los elementos.
  - ii. Los encofrados deben estar sustentados de tal manera que durante el vertido y vibrado del hormigón no ocurran desplazamientos o desplome de los mismos, los pasadores deben estar calculados para soportar la presión que el hormigón ejerza. Los encofrados deben estar limpios, pulidos y humedecerse antes del vertido, evitar usar tablas de encofrado que al unirse presenten aberturas o espacios considerables en las juntas.
  - iii. La vibración del hormigón debe darse en todos los elementos para evitar segregaciones y vacíos, esta actividad tiene que cumplirse durante 5 a 15 segundos hasta visualizar que se vea cubierta e uniforme la superficie del elemento.
  - iv. No hormigonar en época lluviosa, en caso de que sucediese, tomar las medidas necesarias para proteger la obra, los elementos y las juntas.
  - v. El tránsito de personas queda prohibido luego de terminarse el vertido hasta 24 horas después.
  - vi. Las superficies con las caras superiores sin encofrar deben ser niveladas, después del vertido del elemento.

- vii. El curado tiene que ser por lo menos de 7 a 14 días, y debe iniciarse entre 2 a 4 horas después del vertido.
- k) La mano de obra requerida para el hormigonado son maestro de obra, albañiles y ayudante de albañil.
- l) El método de pago será aplicado por cada metro cúbico y este rubro no incluye el costo del encofrado y acero de refuerzo.

#### **3.3.4.2 Acero de refuerzo**

- a) Se refiere a la adquisición, traslado, cortado, doblado y armado del acero de refuerzo [4200 kg/cm<sup>2</sup>] colocado en la obra de acuerdo a lo indicado en los planos estructurales.
- b) El material a utilizarse será varilla de acero corrugada, vinchas de amarre, estribos.
- c) Para llevar a cabo el armado la mano de obra requerida es maestro de obra, albañiles, ayudante de albañil.
- d) Para empezar el armado, previamente se necesita contar con el lugar apto donde se emplazarán las armaduras de los elementos.
- e) Las varillas de acero corrugado deben estar libres de óxido, grasas, pinturas, y demás sustancias que no permitan la adherencia con el hormigón.
- f) Los traslapes para los elementos estructurales deben ser de una longitud mínima de 60cm.
- g) El método de pago será por las cantidades kg medido y verificado en obra.

#### **3.3.5 Mampostería de Bloque**



- a) Se describe todo lo referente a la provisión de bloques y demás suministros necesarios para cumplir con la colocación del bloque de cemento en hiladas, de manera nivelada y aplomada, pegado con mortero de cemento.
- b) Materiales necesarios para esta actividad: bloque de cemento 40 x 20 x 12 cm, mortero de cemento, arena y agua potable.
- c) La unidad de medición es el metro cuadrado.
- d) La mano de obra mínima requerida son los albañiles.
- e) La resistencia a la rotura de los bloques debe ser mínimo de 50 a 70 [kg/cm<sup>2</sup>].
- f) Los bloques deben ser humedecidos con agua antes de ser colocados y adheridos con el mortero, el cual debe ser disperso uniformemente para que queden bien nivelados y aplomados.
- g) La dosificación para el mortero corresponde a 1:3 elaborado de cemento, arena y agua.
- h) El pago será efectuado por metro cuadrado de mampostería finalizada.

### **3.3.6 Enlucido**

- a) Se refiere al revestimiento de todas las paredes mediante la aplicación de mortero.
- b) Materiales: Cemento, arena y agua potable.
- c) La unidad de medición es el metro cuadrado.
- d) La mano de obra para enlucir requiere de albañiles.
- e) Para poder iniciar esta actividad todos los elementos que deban ir empotrados en la pared deben estar listos, la pared debe estar terminada y aplomada.
- f) El acabado debe ser liso y uniforme, para ello se debe contar con la plomada y las maestras, el enlucido tendrá alrededor de 2 cm de espesor.

- g) El curado será por alrededor de una semana, con una buena cantidad de agua. Si se presentasen grietas por falta de curado, se debe reparar rápidamente y este cargo será cubierto por el contratista.
- h) El pago será por metro cuadrado de enlucido y que esté correctamente acabado.

### **3.3.7 Pintura de interior y exterior**

- a) Este rubro indica sobre la adquisición de empaste y pintura de látex para acabados de interior y exterior, así como los insumos necesarios para su aplicación.
- b) Medición por metro cuadrado.
- c) Entre los materiales requeridos se tiene: empaste, pintura de látex, diluyente, brochas, escobillón, lijas, recipiente, andamios. Todos los materiales deben ser de excelente calidad y que permitan una buena adherencia de la pintura.
- d) Esta actividad requiere la mano de obra de un pintor y su ayudante.
- e) La superficie a pintarse deberá estar terminada y enlucida, mínimo con 15 días de anterioridad, posteriormente se empezará a fondearse con el empaste, siguiendo los procedimientos del fabricante y se lijará para eliminar asimetrías si existiesen.
- f) Se pasteará la superficie si es necesario cubrir cualquier grieta o desnivel que se hubiese generado y se procederá a lijar nuevamente hasta obtener una pared completamente lisa y uniforme.
- g) Cuando se cuente con la pared lista y completamente seca se iniciará el pintado de la misma con el color que haya especificado el cliente. Es importante aplicar dos manos de pintura para obtener un acabado prolijo, considerar un tiempo de entre capas de mínimo 4 horas.

- h) No es aceptable trabajos adicionales que afecten el acabado final.
- i) El pago será efectuado por metro cuadrado que sea pintado correctamente.

### **3.3.8 Pisos**

- a) En los lugares que requiera el cliente y/o se detalle en planos, se colocará porcelanato para piso de alta resistencia.
- b) La medición será por metro cuadrado.
- c) Los materiales para este rubro son: porcelanato pulido, texturizado, mortero especial para adherir el porcelanato, porcelana para emporar.
- d) Entiéndase por porcelanato a una cerámica especial que cuenta con las siguientes características:
  - i. Lavable a las manchas.
  - ii. Resistencia del color a luz natural y artificial.
  - iii. Resistencia mínima a un impacto de 20 kg.
  - iv. Antideslizante.
  - v. Alta resistencia al desgaste por abrasión, considerado para ambientes de alto tránsito.
- e) El porcelanato pulido será aplicado en los pisos interiores, este material debe caracterizarse por ser liso, brillante y esmaltado.
- f) Para pisos exteriores se aplicará el porcelanato mate o texturizado, el cual debe ser rugoso y antideslizante por completo.
- g) La mano de obra requerida son obreros albañiles.
- h) Equipo requerido: cortador específico para porcelanato.
- i) La colocación será en hiladas perfectamente alineadas separadas máximo por 3 milímetros. Para esto se debe contar con una superficie nivelada y uniforme, libre de basura y polvo.

- j) Limpiar las baldosas con esponja húmeda para no afectar la adherencia.
- k) El producto debe ser preparado bajo las indicaciones del fabricante y empezar la aplicación con una llana dentada y extenderlo en la pieza a colocar, formando un espesor de 5 milímetros aproximadamente.
- l) En la colocación se debe presionar la pieza y girar levemente para tener una mejor adherencia con el pegamento.
- m) Limpiar el sobrante con la esponja húmeda.
- n) Para finalizar, se debe emporar considerando tener las juntas limpias, humedecer antes de la aplicación, luego de esto iniciar el emporado en las juntas sin dejar vacíos y burbujas de aire.
- o) Para la limpieza final, se debe esperar que todo se encuentre seco y con una toalla húmeda o la esponja limpiar cada una de las piezas, también se sugiere utilizar baldes con agua limpia.
- p) Una semana después se sugiere limpiar con agua caliente y detergente apto para pisos.
- q) No utilizar ácidos.
- r) El método de pago será por metro cuadrado del porcelanato para piso pegado en obra.

### **3.3.9 Cerámica para paredes y baños**

- a) Se refiere al trabajo del recubrimiento de superficies verticales previamente enlucidas con cerámica.
- b) Medición por metro cuadrado.
- c) Entre los materiales necesarios, se requiere de una cerámica para paredes de excelente calidad, cemento, agua limpia, emporo.
- d) La mano de obra requiere de obreros albañiles.

- e) Se requiere de equipo mínimo para este trabajo, como una cortadora en caso de que fuese necesario.
- f) Previamente se debe tener el enlucido rayado para mejorar la adherencia.
- g) Los azulejos para baños deben estar sumergidos en agua, de la misma manera las paredes del baño deben mojarse, luego se procederá a pegar con mortero con las hiladas perfectamente a nivel.
- h) Una vez finalizada la colocación de las piezas, se deberá emporar las uniones sin dejar vacíos.
- i) La limpieza de la superficie realizarla con esponja y agua limpia.
- j) Los trabajos adicionales que afecten el acabado, no serán aceptados.
- k) El pago será efectuado por metro cuadrado de recubrimiento con las piezas en la superficie, el cual será medido y aprobado por el residente.

### **3.3.10 Cubierta de cielo raso de gypsum**

- a) Actividad que trata la provisión y montaje de las planchas de gypsum y perfiles de aluminio para realizar el cielo raso del proyecto.
- b) Materiales: Planchas de gypsum, remaches, perfiles metálicos de aluminio de 1", alambre galvanizado.
- c) Unidad de medición por metro cuadrado.
- d) La mano de obra que requiere este rubro son obreros albañiles.
- e) Para iniciar los montajes se requiere previamente que los muros estén terminados, eso incluye el enlucido, pintado, instalaciones de todo tipo.
- f) Las placas de gypsum serán de color blanco y se fijarán a los perfiles de aluminio, los cuales estarán sujetos por los alambres de acero galvanizado desde el techo o entrepiso; de igual manera en las intersecciones con los perfiles se remachará.

- g) No se aceptará trabajos adicionales luego de finalizado el montaje, ya que se puede afectar el acabado. Adicionalmente, todo el cielo raso debe quedar nivelado, respetando la altura indicada en planos.
- h) El pago será por metro cuadrado de cielo raso terminado.

## **CAPÍTULO 4**

## **4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1 Descripción del proyecto**

El terreno del proyecto se encuentra ubicado en el cantón Santa Elena y cuenta con un área de 96 metros cuadrados, donde se ha identificado en el lindero izquierdo del terreno el impacto potencial de un árbol ornamental de gran tamaño que compromete parte del proyecto. Figura 4, se gestionará la tala y retiro con la autoridad ambiental, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MATE). Sin embargo, la alternativa de menor impacto ambiental es el rediseño del proyecto para evitar el retiro o la tala del árbol, promoviendo la conservación ambiental y alineándose con los ODS. Este impacto se evaluará mediante sistemas de geoinformación (SIG) y drones para la captura de imágenes aéreas y el estudio se realizará utilizando una línea base para la recolección de datos ambientales y una matriz Leopold para evaluar el impacto ambiental.

La propuesta de diseño para el proyecto de vivienda unifamiliar de dos niveles, provocará posibles impactos ambientales, es por esto que la evaluación de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo predecir estos impactos y minimizarlos proponiendo medidas de mitigación alineándose a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, 9, y 11, promover salud y bienestar, infraestructura resiliente, y sostenibilidad en ciudades y comunidades, respectivamente.

### **4.2 Línea Base Ambiental**

Para la recolección de datos e información ambiental se presenta la siguiente Tabla 32 que reúne lo esencial para la línea base de este proyecto presentando las condiciones actuales del mismo y destacando los factores o elementos que se verían afectados.



**Tabla 32***Línea Base Ambiental*

Aspectos	Información ambiental
Clima	Temperatura media: 22°C - 26°C
	Precipitación anual: 70 – 220 mm
	Humedad Relativa: 70-80%
Agua	No hay cuerpos de agua dulce significativos en las inmediaciones.
	Nivel freático a 30 msnm, sin riesgo a inundarse.
Flora	Árbol de gran tamaño en la esquina noreste del terreno.
Fauna	Presencia de aves locales y animales domésticos.
Ruido Ambiental	Fuentes de ruido consideradas: tráfico vehicular y actividades domésticas.
Socioeconómicos	Población local: comunidad residencial estable, densidad moderada.
	Infraestructura: Acceso a servicios básicos tales como agua potable, electricidad y saneamiento.
	Economía: Basada en comercio local y turismo.

*Nota.* Datos tomados del Inamhi, GAD Provincial de Santa Elena.

**4.2.1 Actividades del Proyecto**

Las actividades del proyecto que han sido identificadas en la Tabla 33 son relevantes, porque son consideradas susceptibles a causar impactos ambientales.

**Tabla 33***Actividades del proyecto*

Fase	Labor	Acción	Impacto Ambiental Potencial
Construcción	Preparación de terreno y movimiento de tierra	Despeje y nivelación de terreno.	-Eliminación de un hábitat para fauna local.
		Tala del árbol existente.	-Emisión de polvo o partículas durante la limpieza.

			-Generación de ruido por uso de maquinaria pesada.
	Cimientos	Excavación y construcción de cimientos	-Producción de escombros y material de desecho. -Ruido y vibraciones por maquinaria para excavación.
	Construcción de la estructura	Levantamiento de muros. Fundición de losa. Construcción de techo. Instalaciones eléctricas, AAPP, AASS.	-Incremento en el uso del agua y energía. -Restos de materiales de construcción tales como: empaques, solventes, etc.
	Acabados	Enlucido y pintura. Instalación de puerta, ventanas, acabados interiores.	-Desperdicio de material. -Ruido generado por martillo, cortes y montajes. -Olores por compuestos en pintura
Operación y Mantenimiento en la vivienda	Uso de la vivienda	Actividades diarias. Reparaciones o cambios en instalaciones o muebles.	-Residuos generados por actividades domésticas.

#### 4.2.2 Identificación de impactos ambientales (Matriz de Leopold)

Para poder evaluar el impacto ambiental del proyecto se planteó la matriz de Leopold, la cual considera las acciones de la sección 4.3, factores e impactos en los que se deben generar mayores esfuerzos.

Para establecer los valores de magnitud se ha considerado las Tablas 34 y 35 que contemplan los impactos positivos y negativos respectivamente, por otro lado, para evaluar la importancia se ha dado preferencia al criterio de los autores.

**Tabla 34***Rango de valoración para impactos positivos.*

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Puntuación	Duración	Influencia	Puntuación
Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual	+1
	Media	+2	Media		+2
	Alta	+3	Permanente		+3
Media	Baja	+4	Temporal	Local	+4
	Media	+5	Media		+5
	Alta	+6	Permanente		+6
Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	+7
	Media	+8	Media		+8
	Alta	+9	Permanente		+9
Muy Alta	Alta	+10	Permanente	Nacional	+10

**Tabla 35***Rango de valoración para impactos negativos.*

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Puntuación	Duración	Influencia	Puntuación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	+1
	Media	-2	Media		+2
	Alta	-3	Permanente		+3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	+4
	Media	-5	Media		+5
	Alta	-6	Permanente		+6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	+7
	Media	-8	Media		+8
	Alta	-9	Permanente		+9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	+10

Los factores considerados para la matriz de causa/efecto comprenden las características físicas y químicas para suelo, agua y atmósfera, las condiciones biológicas de vegetación y fauna, los factores sociales tales como empleo y residencia.

**Diseño de vivienda de 2 niveles con sistema apartado y de confinamiento aplicando elementos finitos en Santa Elena**

Matriz de Leopold			Acciones					Afectaciones		Impacto del agregado por Factores
			Construcción				Operación	+	-	
			Movimientos de Tierra y tala del árbol	Cimientos	Construcción de la estructura	Acabados	Uso de la vivienda			
Factores	Condiciones físicas y químicas	Suelo	-5	9	-4	-1	2	2	3	-1
		Agua	-1	-1	-2	-2	-2	0	5	-16
		Atmósfera	-6	-5	-6	-5	-4	0	5	-40
	Condiciones biológicas	Vegetación	-7	-2	2	1	3	3	2	3
		Fauna	-2	-1	-2	1	6	2	3	14
	Factores Sociales	Residencia	3	5	6	4	5	5	0	66
		Empleo	5	8	10	7	1	5	0	67
	Afectaciones		-7	2	3	4	5	17	18	93
	Impacto de agregados por Acciones		-22	53	24	11	27	93		

*Figura 41 - Matriz de Leopold aplicada al proyecto*

Los resultados de la matriz se pueden visualizar en la Figura 41, donde cabe destacar que los impactos generados por acciones en su mayoría son positivos mientras que, el impacto agregado por factores influye negativamente en las características físicas y químicas del suelo, agua y atmósfera, al contrario de lo que ocurre en los factores sociales donde se evidencia el alto impacto positivo que el proyecto genera en el empleo y residencia.

Se puede inferir que el impacto más negativo sea causado por las acciones de la fase de construcción por movimientos de tierra y la tala del árbol ornamental aludiendo a la afectación directa de las condiciones biológicas de vegetación, fauna y a las características físicas y químicas de la atmósfera, el agua y el suelo. Antagónicamente, la acción más positiva es la construcción de los cimientos, aunque inicialmente pueda afectar a la

vegetación, desde luego la construcción de los cimientos va aportar a las características físicas del suelo como: la capacidad portante y estabilidad, lo que resulta lógico en los valores de empleo y residencia para esta acción mencionada.

#### 4.2.3 Valoración de Impactos Ambientales (Valoración cualitativa)

La valoración de impactos ambientales es un proceso crucial porque garantiza que los proyectos sean desarrollados de manera sostenible, minimizando así daños a la biodiversidad, la calidad del agua, aire y suelo. La comisión europea, (Europea, s.f.) destaca que: la evaluación y valoración de impactos ambientales avala que los proyectos sean viables a largo plazo y aceptables desde un punto de vista socio ambiental.

Para este proyecto los autores han considerado valorar el impacto ambiental de manera cualitativa, considerando los impactos tanto positivos como negativos. Se puede señalar que la valoración cualitativa es útil para etapas preliminares de planificación del proyecto, lo que permite comprender de manera general el posible impacto ambiental sin necesidad de un análisis cuantitativo detallado o es más conveniente detallar los impactos de forma descriptible y cuantitativa. Según (Lopez, 2013) se establece en la siguiente Tabla 36 las características con una escala numérica al criterio del evaluador/es.

**Tabla 36**

*Características y escalas de valoración cualitativa, según López 2013.*

Característica	Escala numérica	Valor escogido
Magnitud (M)	Baja (1), Media (2), Alta (3)	3
Temporalidad (T)	Infrecuente (0.5), Frecuente (1), Permanente (2)	2
Oportunidad (O)	Oportunas (1), Inoportunas (2)	2
Extensión (E)	Puntual (1), Media (3), Amplia (5)	1
Distribución (D)	Puntual (0.5), Continua (1)	0.5
Reversibilidad (R)	Reversible (1), Irreversible (2)	2

Signo (S)	Positivo (+), Negativo (-)	Negativo
-----------	----------------------------	----------

En función del valor de índice total de impacto se puede valorar como se presenta en la Tabla 37:

**Tabla 37**

*Calificación del Impacto Total, según López 2013*

Calificación del Impacto Ambiental	Valor del IT
Crítico	30 – 50
Severo	15 – 30
Moderado	5 – 15
Compatible	< 5

Entonces, el índice total de impacto IT:

Ecuación 4.1

$$IT = \left( ((M * T) + O) + (E * D) \right) * R * S$$

$$IT = \left( ((3 * 2) + 2) + (1 * 0.5) \right) * 2 * (-1)$$

$$IT = -17$$

En base al valor de IT obtenido en la Ecuación 4.1, el impacto ambiental de este proyecto es calificado como Compatible, lo que significa que es un impacto de rápida recuperación donde no es necesario aplicar medidas correctoras. Sin embargo, en la sección posterior se proponen las medidas de mitigación para reducir este impacto.

#### **4.2.4 Medidas de mitigación**

Estas medidas son acciones específicas para disminuir, controlar o compensar el impacto ambiental negativo derivado del proyecto, en este caso, el retiro del árbol, que en compensación se planificará su reubicación o reforestación, y aplicación de equipos de diseño eficientes como: W/C de doble descarga, grifería con aireadores, iluminación LED. Estas

medidas son esenciales para no causar daños irreparables al ambiente y la comunidad local. Se han definido para las diferentes fases del proyecto las medidas de mitigación preventivas y correctivas en la Tabla 38, las cuales tienen la finalidad de que sean implementadas antes de que ocurran un impacto ambiental y durante el proyecto para reducir los impactos negativos que estén ocurriendo, respectivamente.

**Tabla 38**

*Medidas de prevención y mitigación aplicables.*

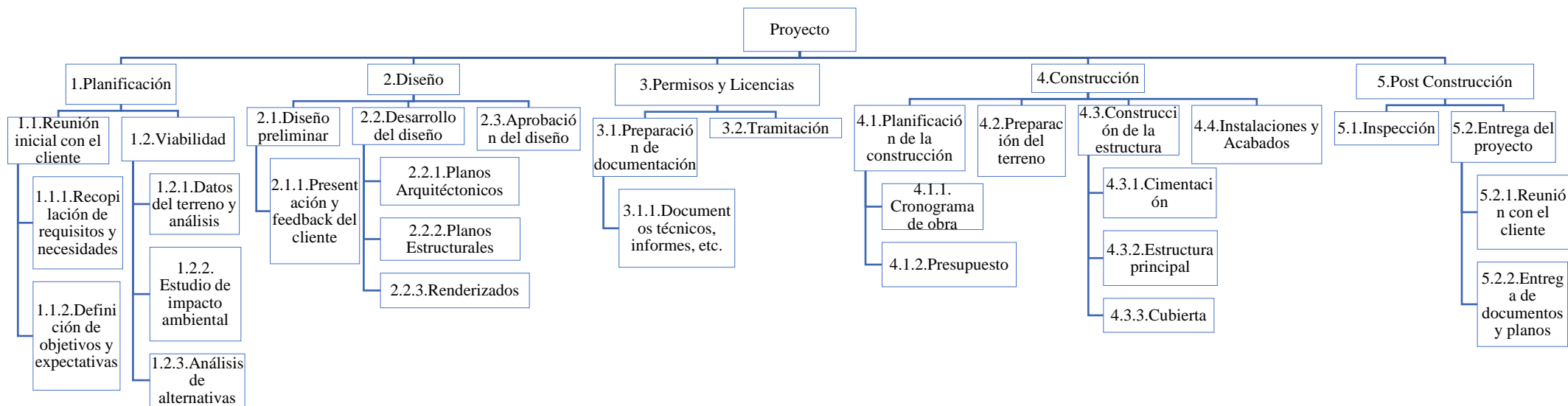
Labor	Medida	
	Prevención	Correctiva
Movimiento de tierra y tala del árbol	Rediseñar el proyecto para evitar la tala.	Compensar con vegetación.
	Levantamiento topográfico para evitar el movimiento de tierra innecesario.	
Cimientos	Reducir el desperdicio de materiales de construcción.	Disponer correctamente los escombros.
Construcción de la estructura	Seleccionar materiales de construcción sostenible	Almacenar materiales en lugares cubiertos para evitar el deterioro o daño.
Acabados	Utilizar productos que contengan pocos compuestos volátiles	Áreas de trabajo ventiladas
Uso de la vivienda	Instalar equipos de diseño eficiente	Residentes con buenas prácticas sostenibles, ej: reciclaje

## **CAPITULO 5**



## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo



*Figura 42 - Plan de trabajo del proyecto*

## **5.2 Rubros y análisis de precios unitario**

Cuantificación de cantidades de materiales y mano de obra por rubro en la obra.

### **5.2.1 Rubro A. Fase Preliminar**

#### **5.2.1.1 Rubro A.1 Limpieza del terreno**

Para la cuantificación del rubro, se detalla la totalidad del área destinada a la construcción, que será sometida a mantenimiento y limpieza para la adecuación del terreno. Se tiene un terreno de forma rectangular con dimensiones de 8.00 x 12.00 metros. Este análisis es crucial para garantizar que las intervenciones se ajusten a las necesidades específicas del proyecto y se optimicen los recursos.

$$A = (8.00)(12.00)$$

$$A = 96 \text{ m}^2$$

#### **5.2.1.2 Rubro A.2 Nivelación del Terreno**

Para obtener el rubro de nivelación, se considera toda el área del terreno de construcción, midiendo las diferencias de nivel en puntos específicos. Este análisis permite determinar las cotas de nivel del terreno, identificando áreas que requieren relleno o corte. Es esencial para asegurar una nivelación precisa y efectiva del terreno, optimizando los recursos y garantizando la estabilidad estructural.

$$A = (8.00)(12.00)$$

$$A = 96 \text{ m}^2$$

### **5.2.2 Rubro B. Replanteo**

#### **5.2.2.1 Rubro B.1 Trazado del terreno definido en planos**

Para este rubro se calcula el área de construcción entre los ejes perimetrales, considerando márgenes de aproximadamente 50 cm menos en cada extremo para asegurar la precisión del diseño en el terreno. Este procedimiento previene errores en la ejecución y asegura el cumplimiento de las especificaciones del proyecto, garantizando una correcta transferencia del diseño.

$$A = (7.00)(11.45)$$

$$A = 80.15 \text{ m}^2$$

### **5.2.3 Rubro C. Movimientos de tierra**

#### **5.2.3.1 Rubro C.1 Excavación manual para la cimentación**

Para este rubro, se toman en cuenta la dimensión de la cimentación, en base a esas características se determina el volumen excavado requerido para la fundición de la cimentación. Este cálculo es esencial para garantizar la exactitud en la excavación y asegurar que la cimentación cumpla con las especificaciones del proyecto.

Considerando las siguientes dimensiones se obtiene:

$$B_1 = L = 1.0 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.1 \text{ m}$$

$$a_1 = 0.125 \text{ m}^2$$

$$Df_1 = 1.4 \text{ m}$$

$$a_{df1} = (0.25)(0.25) = 0.0625 \text{ m}^2$$

$$\eta_1 = 6$$

$$V_1 = (1.0)(1.0)(0.1)\text{m}^3 + (0.125)(1.0) \text{ m}^3 + (1.4)(0.063) \text{ m}^3$$

$$V_1 = 1.87 \text{ m}^3$$

$$B_2 = L = 1.4 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.1 \text{ m}$$

$$a_2 = 0.165 \text{ m}^2$$

$$Df_2 = 1.4 \text{ m}$$

$$a_{df2} = (0.25)(0.25) = 0.0625 \text{ m}^2$$

$$\eta_2 = 9$$

$$V_2 = (1.4)(1.4)(0.1)\text{m}^3 + (0.165)(1.4) \text{ m}^3 + (1.4)(0.063) \text{ m}^3$$

$$V_2 = 4.64 \text{ m}^3$$

Se añade el volumen de excavación de las riostras perimetrales que unen a las zapatas en ambos ejes X-Y:

$$V_3 = 10.64 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ex}} = 17.15 \text{ m}^3$$

### 5.2.3.2 Rubro C.2 Relleno compactado con mejoramiento

Para este rubro se tomó en consideración la diferencia entre cada cota y el nivel de nivelación. En base a eso se calculó el volumen total a partir de estas diferencias. Como se detalla a continuación:

Diferencia entre cada cota y el nivel de nivelación:

- $1.437 - 1.134 = 0.303 \text{ m}^3$
- $1.437 - 0.912 = 0.525 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.030 = 0.407 \text{ m}^3$
- $1.437 - 0.720 = 0.717 \text{ m}^3$
- $1.437 - 0.757 = 0.680 \text{ m}^3$

- $1.437 - 0.865 = 0.572 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.070 = 0.367 \text{ m}^3$
- $1.437 - 0.788 = 0.649 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.180 = 0.257 \text{ m}^3$
- $1.437 - 0.735 = 0.702 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.000 = 0.437 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.316 = 0.121 \text{ m}^3$
- $1.437 - 1.247 = 0.190 \text{ m}^3$

Obteniendo como resultado  $5.76 \text{ m}^3$  debido al factor de compactación

### **5.2.3.3 Rubro C.3 Desalojo de material suelo natural**

En el proceso de desalojo del material de suelo natural, se ha considerado el volumen excavado de la cimentación como material no apto para el diseño de la subestructura. Esta evaluación asegura que el material utilizado en la subestructura cumpla con los requisitos de calidad y estabilidad necesarios, garantizando así la integridad estructural y la seguridad del diseño.

$$V_{\text{ex}} = 17.15 \text{ m}^3$$

### **5.2.3.4 Rubro C.4 Fumigación y control de humedad**

Para la fumigación y control de humedad, se ha considerado la longitud perimetral de las riostras conectadas a la cimentación. Esta cuantificación en ml a lo largo de la edificación es fundamental para garantizar una protección adecuada contra la humedad y prevenir daños estructurales, asegurando así la durabilidad y estabilidad de la vivienda.

$$L_p = 38 + 6.6 + 9.03 = 53.63 \text{ m}$$

### **5.2.3.5 Rubro C.5 Drenaje y control de salinidad**

Para el drenaje y control de salinidad, se ha considerado la longitud perimetral del lado de la vivienda, donde desciende la pendiente y se drenan las aguas lluvias. Este enfoque previene la acumulación de sales, asegurando la integridad estructural y prolongando la vida útil de la edificación.

$$L_1 = 6.5 + 9.03 = 15.53 \text{ m}$$

### 5.2.3.6 Rubro C.6 Drenaje y control de salinidad

Para el replantillo con piedra de 40 mm y mortero 1:3:6, se ha considerado el uso de piedra de tamaño específico y una mezcla de mortero adecuada. El espesor del replantillo tendrá un grosor de 0.1 m y estará por debajo de las 12 zapatas de cimentación que tiene la edificación. Esta combinación garantiza una base sólida y resistente, mejorando la estabilidad estructural y la durabilidad de la edificación al asegurar una correcta unión y soporte.

$$V_{r1} = (0.1)(9)(1.4)(1.4) = 1.76 \text{ m}^3$$

$$V_{r2} = (0.1)(6)(1.0)(1.0) = 0.6 \text{ m}^3$$

$$V_{r2} = 2.36 \text{ m}^3$$

### 5.2.4 Rubro D. Estructura

#### 5.2.4.1 Rubro D.1 Encofrado y desencofrado de elementos estructurales

##### Cimentación

Reescribeme esto, se formal y académicamente tu escritura que sea a la altura de una tesis de obtención al título de ingeniero civil. Se consideró una altura de 1.40m para el encofrado y para la cuantificación del encofrado para zapatas se cuantifica el área de las cuatro caras, ya que este rubro es en m<sup>2</sup>.

Considerando:

$$B = 1.40 \text{ m}$$

$$L = 1.40 \text{ m}$$

$$A_{zap} = (4)(B)(L)$$

$$A_{zap} = 7.84 \text{ m}^2$$

$$B = 1.00\text{m}$$

$$L = 1.40 \text{ m}$$

$$A_{zap} = (4)(B)(L)$$

$$A_{zap} = 5.60 \text{ m}^2$$

Para obtener el área total:

$$A_{tzap} = (7.84)(9) + (5.60)(3)$$

$$A_{tzap} = 87.36 \text{ m}^2$$

### Riostras

Siguiendo el mismo principio, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 39**

*Rubro D.1 riostras*

ELEMENTO ESTRUCTURAL							
RIOSTRA	Cant.	B	H	L	Área 01	Área 02	Total
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Prefabricado - Riostra Rectangular II: (0.15x0.15) m	15	0.15 m	0.15 m	2.76 m	0.41 m <sup>2</sup>	0.41 m <sup>2</sup>	24.84 m <sup>2</sup>
Prefabricado - Riostra Rectangular II: (0.15x0.15) m	2	0.15 m	0.15 m	2.37 m	0.36 m <sup>2</sup>	0.36 m <sup>2</sup>	2.84 m <sup>2</sup>
TOTAL							27.68 m <sup>2</sup>

Nota: Los datos se obtienen del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 39 un área de encofrado en vigas de 27.68 m<sup>2</sup>.

### Vigas

Siguiendo el mismo principio, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 40***Rubro D.1 vigas*

ELEMENTO ESTRUCTURAL								
VIGA	Cant.	B	H	L	Área 01	Área 02	Total	
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.13 m	0.78 m <sup>2</sup>	0.47 m <sup>2</sup>	5.01 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	3	0.25 m	0.15 m	2.75 m	0.69 m <sup>2</sup>	0.41 m <sup>2</sup>	6.60 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	2.65 m	0.66 m <sup>2</sup>	0.40 m <sup>2</sup>	4.24 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	3	0.25 m	0.30 m	2.88 m	0.72 m <sup>2</sup>	0.86 m <sup>2</sup>	9.50 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	4	0.25 m	0.30 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.90 m <sup>2</sup>	13.20 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	2.50 m	0.63 m <sup>2</sup>	0.75 m <sup>2</sup>	5.50 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	2.75 m	0.69 m <sup>2</sup>	0.83 m <sup>2</sup>	3.03 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	3	0.25 m	0.30 m	3.19 m	0.80 m <sup>2</sup>	0.96 m <sup>2</sup>	10.53 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.24 m	0.81 m <sup>2</sup>	0.97 m <sup>2</sup>	7.13 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	1.54 m	0.39 m <sup>2</sup>	0.46 m <sup>2</sup>	3.39 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	1.77 m	0.44 m <sup>2</sup>	0.53 m <sup>2</sup>	3.89 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.25 m	0.81 m <sup>2</sup>	0.98 m <sup>2</sup>	7.15 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.45 m <sup>2</sup>	4.80 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.14 m	0.79 m <sup>2</sup>	0.47 m <sup>2</sup>	5.02 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	4.84 m	1.21 m <sup>2</sup>	1.45 m <sup>2</sup>	5.32 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.79 m	0.95 m <sup>2</sup>	1.14 m <sup>2</sup>	8.34 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	1.98 m	0.50 m <sup>2</sup>	0.59 m <sup>2</sup>	2.18 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	3.70 m	0.93 m <sup>2</sup>	1.11 m <sup>2</sup>	4.07 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	4.03 m	1.01 m <sup>2</sup>	1.21 m <sup>2</sup>	4.43 m <sup>2</sup>	
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	1	0.25 m	0.15 m	0.95 m	0.24 m <sup>2</sup>	0.14 m <sup>2</sup>	0.76 m <sup>2</sup>	



Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	3	0.25 m	0.15 m	1.24 m	0.31 m <sup>2</sup>	0.19 m <sup>2</sup>	2.98 m <sup>2</sup>
TOTAL							117.07 m <sup>2</sup>

*Nota.* Los datos se obtienen del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 40 un área de encofrado en vigas de 117.07 m<sup>2</sup>.

### Columna

Siguiendo el mismo principio, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 41**

*Rubro D.1 columnas*

ELEMENTO ESTRUCTURAL							
COLUMNA	Cant.	B	H	L	Área 01	Área 02	Total
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	6	0.25 m	0.25 m	1.20 m	0.30 m <sup>2</sup>	0.30 m <sup>2</sup>	7.20 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	6	0.25 m	0.15 m	1.20 m	0.30 m <sup>2</sup>	0.18 m <sup>2</sup>	5.76 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	1	0.25 m	0.25 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.75 m <sup>2</sup>	3.00 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	4	0.25 m	0.25 m	8.60 m	2.15 m <sup>2</sup>	2.15 m <sup>2</sup>	34.40 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	5	0.25 m	0.15 m	8.60 m	2.15 m <sup>2</sup>	1.29 m <sup>2</sup>	34.40 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	1	0.25 m	0.15 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.45 m <sup>2</sup>	2.40 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.10) m	6	0.25 m	0.10 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.30 m <sup>2</sup>	12.60 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.37x0.37) m	2	0.37 m	0.37 m	3.00 m	1.11 m <sup>2</sup>	1.11 m <sup>2</sup>	8.88 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	5.60 m	1.40 m <sup>2</sup>	0.84 m <sup>2</sup>	8.96 m <sup>2</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.10) m	2	0.25 m	0.10 m	3.00 m	0.75 m <sup>2</sup>	0.30 m <sup>2</sup>	4.20 m <sup>2</sup>
TOTAL							121.80 m <sup>2</sup>

*Nota.* Los datos se obtienen del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 41 un área de encofrado en vigas de 121.80 m<sup>2</sup>.

## Losa

Para este cálculo se consideran las losas de contrapiso del terreno, planta alta y planta máster respectivamente, siendo las siguientes:

**Tabla 42**

*Rubro D.1 losa*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
LOSA	Cant.	B	A	E	Área	Total
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Hormigón - Losa de Cimentación	1	2.97 m	7.00 m	0.10 m	20.79 m <sup>2</sup>	20.79 m <sup>2</sup>
Hormigón - Losa de Cimentación	1	1.00 m	12.00 m	0.10 m	12.00 m <sup>2</sup>	12.00 m <sup>2</sup>
Hormigón - Contrapiso	1	7.00 m	9.03 m	0.10 m	63.21 m <sup>2</sup>	63.21 m <sup>2</sup>
Hormigón - Planta Alta	1	1.00 m	4.06 m	0.20 m	4.06 m <sup>2</sup>	4.06 m <sup>2</sup>
Hormigón - Planta Alta	1	1.00 m	3.13 m	0.20 m	3.13 m <sup>2</sup>	3.13 m <sup>2</sup>
Hormigón - Planta Alta	1	7.00 m	12.00 m	0.20 m	84.00 m <sup>2</sup>	84.00 m <sup>2</sup>
Hormigón - Planta Máster	1	1.00 m	4.00 m	0.20 m	4.00 m <sup>2</sup>	4.00 m <sup>2</sup>
Hormigón - Planta Máster	1	5.08 m	7.00 m	0.20 m	35.56 m <sup>2</sup>	35.56 m <sup>2</sup>
TOTAL						170.06 m <sup>2</sup>

*Nota.* Los datos se obtienen del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 42 un área de encofrado en vigas de 170.06 m<sup>2</sup>.

Para este rubro se obtienen un total de 523.97 m<sup>2</sup> y suponiendo que se puede reutilizar el encofrado un promedio de **6 veces**. El factor ponderante para obtener el valor de reutilizaciones es el siguiente:

$$FM = \frac{1}{6}$$

$$Total\ encofrado = \frac{523.97\ m^2}{6} = 87.33\ m^2$$

### 5.2.4.2 Rubro D.2 Zapatas de H.A. 210 [kg/cm<sup>2</sup>]

**Tabla 43***Rubro D.2 zapatas*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
ZAPATAS	Cant.	B	A	E	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Zapata - Trapezoidal: Zp (1.00x1.00) m	3	1.00 m	1.00 m	0.20 m	1.00 m <sup>2</sup>	0.600 m <sup>3</sup>
Zapata - Trapezoidal: Zp (1.40x1.40) m	9	1.40 m	1.40 m	0.20 m	1.96 m <sup>2</sup>	3.528 m <sup>3</sup>
Zapata - Rectangular: Zp (1.00x1.00) m	3	1.00 m	1.00 m	0.20 m	1.00 m <sup>2</sup>	0.600 m <sup>3</sup>
TOTAL						4.73 m <sup>3</sup>

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 43 un volumen de hormigón 4.73 m<sup>3</sup>

#### 5.2.4.3 Rubro D.3 Varillas de acero de refuerzo colocado 4200 [kg - cm<sup>2</sup>]

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 44 un peso por volumen de 9.14 toneladas, se calcula de la siguiente forma:

$$W_v = (V)(\gamma_{ac})$$

$$W_v = (0.049 \text{ m}^3) \left( 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$W_v = 382.42 \text{ kg}$$

**Tabla 44***Rubro D.3 Varillas*

ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL					
Acero	Diámetro	L	V	V	W
-	-	[mm]	[cm <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[kg]
Barra de armadura: 1/2"	13 mm	75990	48,715.69 cm <sup>3</sup>	0.049 m <sup>3</sup>	382.42 kg
Barra de armadura: 1/4"	6 mm	178912	115,336.19 cm <sup>3</sup>	0.115 m <sup>3</sup>	905.39 kg
Barra de armadura: 3/4"	19 mm	448166	298,008.73 cm <sup>3</sup>	0.298 m <sup>3</sup>	2,339.37 kg
Barra de armadura: 3/8"	10 mm	327261	243,990.73 cm <sup>3</sup>	0.244 m <sup>3</sup>	1,915.33 kg
Barra de armadura: 5/8"	16 mm	983913	230,453.94 cm <sup>3</sup>	0.230 m <sup>3</sup>	1,809.06 kg
Barra de armadura: 7/8"	22 mm	588705	227,877.33 cm <sup>3</sup>	0.228 m <sup>3</sup>	1,788.84 kg
TOTAL					9,140.40 kg

#### 5.2.4.4 Rubro D.4 Contrapiso de H.S. con e = 10 cm

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 45 un volumen de hormigón 3.28 m<sup>3</sup>

**Tabla 45**

*Rubro D.4 losa*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
LOSA	Cant.	Perímetro	E	Área	Volumen	
-	-	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	
Suelo: Losa Cimentación (e = 0.10) m	1	19.95 m	0.10 m	21.00 m <sup>2</sup>	2.08 m <sup>3</sup>	
Suelo: Losa Cimentación (e = 0.10) m	1	26.00 m	0.10 m	12.00 m <sup>2</sup>	1.20 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Contrapiso	1	32.10 m	0.10 m	63.00 m <sup>2</sup>	63.00 m <sup>3</sup>	
TOTAL					66.28 m <sup>3</sup>	

#### 5.2.4.5 Rubro D.5 Columnas de H.A. 210 [kg/cm<sup>2</sup>]

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 46 un volumen de hormigón 6.02 m<sup>3</sup>

**Tabla 46**

*Rubro D.5 Columna*

ELEMENTO ESTRUCTURAL							
COLUMNA	Cant.	B	H	L	Área	Volumen	
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	6	0.25 m	0.25 m	1.20 m	0.06 m <sup>2</sup>	0.45 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	6	0.25 m	0.15 m	1.20 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.27 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	1	0.25 m	0.25 m	3.00 m	0.06 m <sup>2</sup>	0.19 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.25) m	4	0.25 m	0.25 m	8.60 m	0.06 m <sup>2</sup>	2.15 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	5	0.25 m	0.15 m	8.60 m	0.04 m <sup>2</sup>	1.61 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	1	0.25 m	0.15 m	3.00 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.11 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.37x0.37) m	2	0.37 m	0.37 m	3.00 m	0.14 m <sup>2</sup>	0.82 m <sup>3</sup>	
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	5.60 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.42 m <sup>3</sup>	

TOTAL

6.02 m<sup>3</sup>

#### 5.2.4.6 Rubro D.6 Columnas de H.A. 280 [kg/cm<sup>2</sup>]

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 47 un volumen de hormigón 0.60 m<sup>3</sup>

**Tabla 47**

*Rubro D.6 Columna*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
COLUMNA	Cant.	B	H	L	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.10) m	6	0.25 m	0.10 m	3.00 m	0.03 m <sup>2</sup>	0.45 m <sup>3</sup>
Hormigón - Columna rectangular: Col (0.25x0.10) m	2	0.25 m	0.10 m	3.00 m	0.03 m <sup>2</sup>	0.15 m <sup>3</sup>
TOTAL						0.60 m <sup>3</sup>

#### 5.2.4.7 Rubro D.7 Vigas de H.A. 210 [kg/cm<sup>2</sup>]

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 48 un volumen de hormigón 5.98 m<sup>3</sup>

**Tabla 48**

*Rubro D.7 Viga*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
VIGA	Cant.	B	H	L	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	3	0.25 m	0.30 m	2.88 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.65 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	4	0.25 m	0.30 m	3.00 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.90 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	2.50 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.38 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	2.75 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.21 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	3	0.25 m	0.30 m	3.19 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.72 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.24 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.49 m <sup>3</sup>

Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	1.54 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.23 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	1.77 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.27 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.25 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.49 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	4.84 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.36 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	2	0.25 m	0.30 m	3.79 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.57 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	1.98 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.15 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	3.70 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.28 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.30) m	1	0.25 m	0.30 m	4.03 m	0.08 m <sup>2</sup>	0.30 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>						<b>5.98 m<sup>3</sup></b>

#### 5.2.4.8 Rubro D.8 Vigas de H.A. 280 [kg/cm<sup>2</sup>]

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 49 un volumen de hormigón 1.38 m<sup>3</sup>

**Tabla 49**

*Rubro D.8 Viga*

ELEMENTO ESTRUCTURAL						
VIGA	Cant.	B	H	L	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.13 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.23 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	3	0.25 m	0.15 m	2.75 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.31 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	2.65 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.20 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.00 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.23 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	2	0.25 m	0.15 m	3.14 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.24 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	1	0.25 m	0.15 m	0.95 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>3</sup>
Hormigón - Viga rectangular: Viga (0.25x0.15) m	3	0.25 m	0.15 m	1.24 m	0.04 m <sup>2</sup>	0.14 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>						<b>1.38 m<sup>3</sup></b>

#### 5.2.4.9 Rubro D.9 Losa aligerada de H.A. 210 [kg/cm<sup>2</sup>] con e= 20 cm

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene de la Tabla 50 un volumen de hormigón 13.60 m<sup>3</sup>

**Tabla 50**

*Rubro D.9 Losa*

ELEMENTO ESTRUCTURAL					
LOSA	Cant.	Perímetro	E	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Hormigón - Planta Alta	1	36.40 m	0.10 m	77.00 m <sup>2</sup>	8.43 m <sup>3</sup>
Hormigón - Planta Alta	1	10.33 m	0.20 m	4.00 m <sup>2</sup>	0.44 m <sup>3</sup>
Hormigón - Planta Alta	1	8.25 m	0.20 m	3.00 m <sup>2</sup>	0.33 m <sup>3</sup>
Hormigón - Planta Máster	1	24.16 m	0.20 m	36.00 m <sup>2</sup>	3.96 m <sup>3</sup>
Hormigón - Planta Máster	1	10.33 m	0.20 m	4.00 m <sup>2</sup>	0.44 m <sup>3</sup>
TOTAL					13.60 m <sup>3</sup>

#### 5.2.4.10 Rubro D.10 Cubierta metálica

Para este rubro se obtienen de los datos del software de diseño Revit. Se tiene el detalle de los perfiles utilizados para la cubierta y el número total de planchas que se necesitan para cubrir todo el área del proyecto tomando en cuenta el traslape en voladizo que lleva la cubierta para las bajantes de aguas lluvias, el área total es de 124.95 m<sup>2</sup>

**Tabla 51**

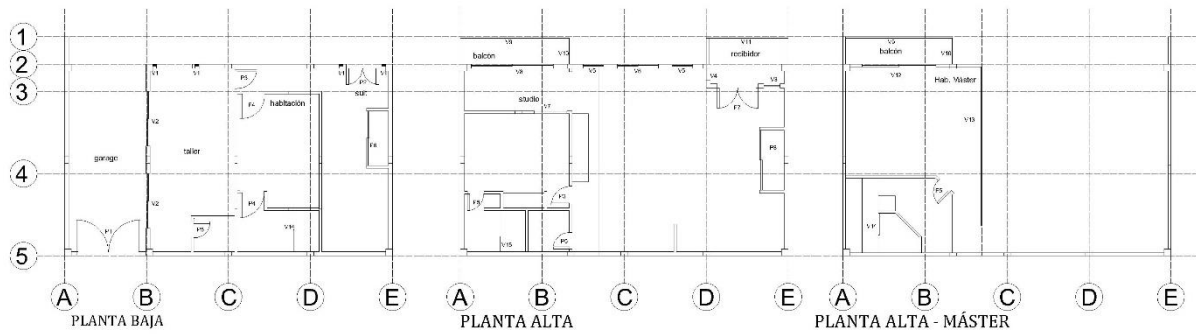
*Rubro D.10 Cubierta*

ELEMENTO ESTRUCTURAL					
CUBIERTA METÁLICA	Cant.	Perímetro	E	Área	Volumen
-	-	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Cubierta - Planchas Duratecho: Zinc (1.02x2.40) m	51	6.84 m	0.0003 m	2.450 m <sup>2</sup>	0.037 m <sup>3</sup>
M - C Shapes: C150X15.6	9	11.88 m	0.0066 m	0.002 m <sup>2</sup>	0.002 m <sup>3</sup>
HSS-Sección estructural hueca	1	7.94 m	0.0095 m	0.027 m <sup>2</sup>	0.026 m <sup>3</sup>

#### 5.2.5 Rubro E. Mampostería

##### 5.2.5.1 Rubro E.1 Pared de bloque de cemento

Para la cuantificación de este rubro, se considera la distribución de paredes del plano arquitectónico aprobado por el cliente, dado que no ha sido objeto de modificaciones. Esta elección garantiza la precisión en el cálculo, alineando los resultados con el diseño definitivo y evitando discrepancias durante la ejecución del proyecto.



*Figura 43. Diseño Arquitectónico*

Se tiene en total 163.95 m<sup>2</sup> en paredes exteriores e = 0.15 m y 129.33 m<sup>2</sup> en paredes interiores e = 0.10 m

## 5.2.6 Rubro F. Acabados

### 5.2.6.1 Rubro F.1 Enlucido

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> del rubro E.1 y se considera ambos lados de la pared.

$$A_e = (2)(163.95 + 129.33)$$

$$A_e = 586.56 \text{ m}^2$$

### 5.2.6.2 Rubro F.2 Pintura de interior

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> del rubro E.1

$$A_{\text{pint}} = (163.95 + 129.33)$$

$$A_{\text{pint}} = 293.28 \text{ m}^2$$



### **5.2.6.3 Rubro F.3 Pintura de exterior**

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> del rubro E.1

$$A_{\text{pext}} = (163.95 + 129.33)$$

$$A_{\text{pext}} = 293.28 \text{ m}^2$$

### **5.2.6.4 Rubro F.4 Cerámica de paredes y baños**

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> de las paredes solo de los baños según el diseño arquitectónico en la Figura 41.

$$A_{\text{pb}} = 108.09 \text{ m}^2$$

### **5.2.7 Rubro G. Pisos**

#### **5.2.7.1 Rubro G.1 Revestimiento de piso con porcelanato**

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> de construcción de Hormigón – Contrapiso, Hormigón - Planta Alta y Hormigón - Planta Máster.

$$A_{\text{ctp}} = 63 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{pa}} = 84 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{pm}} = 40 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{rpp}} = 187 \text{ m}^2$$

### **5.2.8 Rubro H. Cubierta de cielo raso**

#### **5.2.8.1 Rubro H.1 Cielo raso de gypsum**

Para este rubro se consideran los m<sup>2</sup> de construcción de Hormigón - Planta Alta por doble ya que recubre el tumbado de los dos ambientes en la edificación Planta Alta y Planta Baja

$$A_{\text{pa}} = (2)(84)\text{m}^2$$

$$\underline{A_{\text{pa}} = 168 \text{ m}^2}$$

### 5.3 Descripción de cantidades de obra

A continuación, en la Tabla 52 se presenta la descripción de las cantidades de obra:

**Tabla 52**

*Rubros y cuantificaciones del proyecto*

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Total
<b>A. Fase Preliminar</b>					<b>\$ 512.45</b>
A1	Limpieza del terreno	m <sup>2</sup>	\$ 2.00	96.00	\$ 192.00
A2	Nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	\$ 1.80	96.00	\$ 172.80
A3	Infraestructura Temporal	u	\$ 73.82	2.00	\$ 147.65
<b>B. Replanteo</b>					<b>\$ 174.76</b>
B1	Trazado del terreno definido en planos	m <sup>2</sup>	\$ 2.18	80.15	\$ 174.76
<b>C. Movimientos de tierra</b>					<b>\$ 1,054.52</b>
C1	Excavación manual para la cimentación	m <sup>3</sup>	\$ 2.51	17.15	\$ 43.05
C2	Relleno compactado con mejoramiento	m <sup>3</sup>	\$ 8.79	5.76	\$ 50.61
C3	Desalojo de material suelo natural	m <sup>3</sup>	\$ 2.51	17.15	\$ 43.05
C4	Fumigación y control de humedad	ml	\$ 8.06	53.63	\$ 432.16
C5	Drenaje y control de salinidad	ml	\$ 18.59	15.53	\$ 288.66
C6	Replanteo piedra 40mm y mortero 1:3:6	m <sup>3</sup>	\$ 83.47	2.36	\$ 197.00
<b>D. Estructura</b>					<b>\$ 33,806.84</b>
D1	Encofrado y desencofrado de elementos estructurales	m <sup>2</sup>	\$ 8.54	87.33	\$ 745.91
D2	Zapatillas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup>	\$ 125.76	4.73	\$ 594.85
D3	Varillas de acero de refuerzo colocado 4200 [kg-cm <sup>2</sup> ]	kg	\$ 2.46	9140.40	\$ 22,496.81
D4	Contrapiso de H.S. con e = 10 cm	m <sup>3</sup>	\$ 19.74	66.28	\$ 1,308.16
D5	Columnas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup>	\$ 110.15	6.02	\$ 663.08
D6	Columnas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup>	\$ 123.09	0.6	\$ 73.86
D7	Vigas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup>	\$ 106.79	5.98	\$ 638.58
D8	Vigas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup>	\$ 121.51	1.38	\$ 167.69
D9	Losa aligerada de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ] con e= 20 cm	m <sup>3</sup>	\$ 152.59	13.6	\$ 2,075.23
D10	Cubierta metálica	m <sup>2</sup>	\$ 40.95	124.95	\$ 5,116.55
<b>E. Mampostería</b>					<b>\$ 3,829.14</b>
E1	Pared de bloque de cemento	m <sup>2</sup>	\$ 13.06	293.28	\$ 3,829.14
<b>F. Acabados</b>					<b>\$ 12,050.05</b>
F1	Enlucido	m <sup>2</sup>	\$ 7.73	586.56	\$ 4,533.01
F2	Pintura de interior	m <sup>2</sup>	\$ 8.66	293.28	\$ 2,540.72
F3	Pintura de exterior	m <sup>2</sup>	\$ 8.54	293.28	\$ 2,504.06
F4	Cerámica de paredes y baños	m <sup>2</sup>	\$ 22.87	108.09	\$ 2,472.25
<b>G. Pisos</b>					<b>\$ 4,097.68</b>
G1	Revestimiento de piso con porcelanato	m <sup>2</sup>	\$ 22.27	184.00	\$ 4,097.68

<b>H. Cubierta de cielo raso</b>					<b>\$ 3,198.56</b>	
H1	Cielo raso de gypsum	m <sup>2</sup>	\$	19.04	168.00	\$ 3,198.56

## 5.4 Valoración integral del costo del proyecto

En la Tabla 53 se muestra el resumen de costos.

**Tabla 53**

*Resumen de costos de todo el proyecto*

Fases	Valor	% del proyecto
A. Fase Preliminar	\$ 512.45	1%
B. Replanteo	\$ 174.76	0%
C. Movimientos de tierra	\$ 1,054.52	2%
D. Estructura	\$ 33,806.84	58%
E. Mampostería	\$ 3,829.14	7%
F. Acabados	\$ 12,050.05	21%
G. Pisos	\$ 4,097.68	7%
H. Cubierta de cielo raso	\$ 3,198.56	5%
	<b>\$ 58,723.99</b>	<b>100%</b>

## 5.5 Cronograma de obra

En la Figura 43 se presenta el cronograma planificado, sin embargo, se incluyen estimaciones del tiempo que tomaría realizar actividades de instalaciones de agua potable, agua servidas y aguas lluvias e instalaciones de tubería a gas, así como también los tiempos en las actividades de obra muerta y acabados.

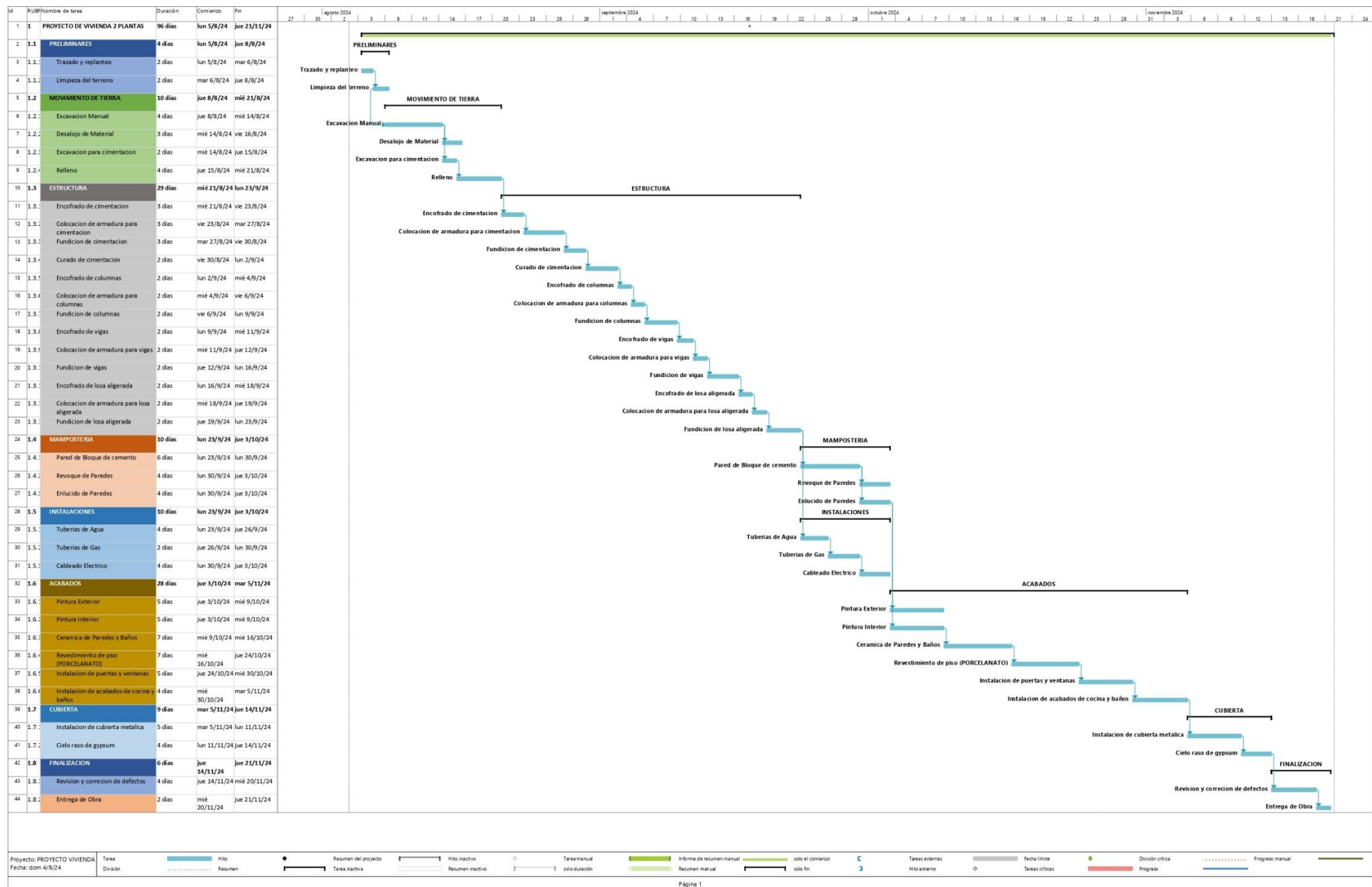


Figura 44 - Cronograma de Obra

## **CAPITULO 6**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se realizó el diseño y análisis estructural de una vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena, empleando un enfoque de sistema dual que integra un sistema aporticado con muros de carga. Este diseño dual ofrece un significativo incremento en la rigidez y resistencia de la estructura, haciéndola especialmente adecuada para zonas sísmicas cercanas a la costa. La combinación de estos sistemas permite que la edificación no solo sea resistente a las fuerzas sísmicas, sino también a las condiciones ambientales salobres, lo cual es esencial para garantizar la durabilidad y seguridad estructural en áreas con alta sismicidad como la de este estudio.

El análisis se realizó empleando el método de elementos finitos (FEM). Los resultados del análisis confirmaron que el sistema dual garantiza una distribución eficiente de las cargas verticales y laterales, lo que contribuye a una estabilidad estructural global y asegura que la edificación pueda soportar de manera efectiva tanto las demandas sísmicas como las adversas condiciones ambientales costeras. Este enfoque no solo optimiza la seguridad estructural, sino que también proporciona una solución económica y viable para la construcción en entornos desafiantes.

### **6.1 Conclusiones**

El análisis mediante el método de Elementos Finitos (FEM) ha sido esencial para el diseño estructural de la vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena. Esta técnica permitió una simulación precisa del comportamiento del hormigón armado bajo diversas condiciones de carga, optimizando el diseño de vigas, columnas y muros de carga. Los resultados del análisis confirmaron que la estructura puede soportar las demandas sísmicas esperadas y mantener la integridad estructural frente a las condiciones ambientales adversas de la región costera. El asentamiento calculado de 3.821 mm está dentro de los límites

permitidos por la NEC 2015, lo que demuestra que el diseño cumple con los requisitos normativos para la estabilidad y durabilidad de la edificación. La integración de un sistema estructural dual, que combina pórticos y muros de confinamiento, resulta ser una solución eficaz para garantizar una construcción robusta en zonas sísmicas cercanas al mar, ofreciendo una edificación que resiste tanto los efectos sísmicos como las condiciones ambientales desafiantes.

- El uso de modelos computacionales avanzados permitió una evaluación detallada del comportamiento estructural bajo diversas condiciones de carga. Los resultados mostraron que las columnas pueden soportar fuerzas axiales que oscilan entre -18,048.46 kgf y 6,686.09 kgf, y resisten momentos flectores y cortantes, garantizando una respuesta efectiva tanto ante cargas estáticas como dinámicas. La validación manual y la optimización del diseño confirmaron que la integración de pórticos y muros de carga mejora significativamente la distribución de cargas y la capacidad estructural para enfrentar fuerzas sísmicas.
- El análisis de las zapatas reveló una amplia variabilidad en las cargas y momentos, destacando la necesidad de un diseño estructural robusto y adaptable. Las fuerzas verticales observadas subrayan la importancia de incorporar tecnologías innovadoras en el diseño para gestionar eficientemente estas variaciones extremas de carga.
- Para responder a estas exigencias, fue fundamental implementar técnicas avanzadas y utilizar materiales sostenibles para asegurar una cimentación que maneje adecuadamente las variaciones de cargas y momentos. Este enfoque no solo optimiza la estabilidad estructural, sino que también fomenta una industrialización sostenible e inclusiva en la construcción de viviendas,

alineando la innovación en infraestructura con prácticas responsables y eficientes.

- El análisis con el software especializado ha demostrado que el diseño estructural de las columnas y vigas cumple con los requisitos normativos de la NEC 2015, optimizando resistencia y estabilidad. Las columnas, después de ajustar dimensiones y refuerzos, distribuyen eficientemente las cargas, soportando esfuerzos significativos. La optimización permitió reducir el uso de materiales sin comprometer la integridad estructural, con fuerzas cortantes y momentos flectores que se ajustan a las normativas vigentes.
- En cuanto a las vigas, se identificaron diferencias significativas en los momentos flectores. Reflejando una distribución desigual de esfuerzos, atribuible a la disposición de los muros. El análisis de los muros de carga mediante FEM confirmó que estos elementos estructurales proporcionan una capacidad adecuada para resistir cargas laterales y disipar energía sísmica, mejorando la estabilidad global de la estructura.
- El proyecto puede llevarse a cabo de manera sostenible si se implementan correctamente las medidas de prevención y mitigación propuestas. El estudio proporciona una base sólida para tomar decisiones responsables, especialmente en cuanto a la tala y remoción de árboles. Explorar alternativas con menor impacto ambiental refuerza el compromiso con la protección del entorno, asegurando que el proyecto se ejecute de manera armoniosa con el medio ambiente y satisfaga las necesidades del cliente.

## **6.2 Recomendaciones**

Este proyecto de tesis es referencial, por esto se plantean las siguientes recomendaciones:



-En la fase de cimentación y previo a fundirse, es importante que se lleve a cabo un plan de acción de fumigación del terreno con la finalidad de evitar a futuro una infestación de plagas de insectos.

-Es fundamental implementar un plan de monitoreo continuo durante la fase de construcción para asegurar que el comportamiento estructural observado en los modelos computacionales se mantenga en la realidad.

-El alcance del proyecto contempla las condiciones estructurales, es por ello que se recomienda considerar todos los diseños y aspectos constructivos de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias y acabados, para que, el cliente tenga un valor más real del costo de la vivienda.

-Para mantener la sostenibilidad del proyecto se recomienda en lo posible, que la tala del árbol no se lleve a cabo, sino que se reubique dentro del área del proyecto o explorar opciones de rediseño del proyecto que permitan la preservación del árbol en mención.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés Gaviria, C., Aydé, M. \*, Guerrero, P., & Thomson, P. (2013). A nonlinear finite element model of lightweight walls with cold formed steel members under lateral load. In *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N. °69*.
- Casañas, V. (2023). *Análisis Energético en la Fabricación de Materiales de Producción Nacional*. [https://www.fadu.edu.uy/sepep/wp-content/plugins/post2pdf-converter/post2pdf-converter-pdf-maker.php?id=21437&file=title&font=helvetica&monospaced=courier&fontsize=12&subsetting=1&ratio=1.25&header=1&title=1&wrap\\_title=0&logo=1&logo\\_file=tcpdf\\_logo.jpg&logo\\_width=30&footer=1&filters=1&shortcode=parse&family=0](https://www.fadu.edu.uy/sepep/wp-content/plugins/post2pdf-converter/post2pdf-converter-pdf-maker.php?id=21437&file=title&font=helvetica&monospaced=courier&fontsize=12&subsetting=1&ratio=1.25&header=1&title=1&wrap_title=0&logo=1&logo_file=tcpdf_logo.jpg&logo_width=30&footer=1&filters=1&shortcode=parse&family=0)
- Catuto, M. (2020). *Modelación Hidrológica del Río Manglaralto Para la Generación de Mapas de Inundación de la Parroquia Manglaralto Provincia de Santa Elena*.
- Cedeño Gabriela. (2015). *Análisis Comparativo De Sistemas Constructivos Aplicados En Viviendas De La Ciudad De Guayaquil*.
- Cueto Ferreira, J. Á. (2024). *Caracterización del Comportamiento Estructural de Sistemas Combinados de Concreto Reforzado en Colombia a través de Análisis no Lineal Estático*.
- Domingo, S. (2015). *Contribución al uso y Manejo Sostenible de los Suelos en la Finca Ramírez de la Comuna Bambil Deshecho de la Parroquia Colonche Provincia De Santa Elena*.
- Gonzabay, N. (2021). *Análisis del Cambio y uso del Suelo en el Transcurso de dos Décadas Parroquia Manglaralto – Cantón Santa Elena*. 45–53.

- Intriago, N., & Moreira, J. (2019). *Estudio y Diseño del Terminal Terrestre en el Cantón El Empalme, Provincia del Guayas.*
- Macias, S. (2020). *Estudio de la Evaluación del Potencial de Licuefacción de los Suelos en el Área Rural de la Comuna San Pablo-Cantón Santa Elena-Provincia de Santa Elena.*
- Padron, E. N., Alfonso González-Carbonell, R., & Olivares Diaz, E. (2015). *Una introducción al Análisis por Elementos Finitos: aplicaciones y ejemplos.*  
<https://www.researchgate.net/publication/283151622>
- Soria Vladimir. (2005). *Manejo Costero Integrado Y Desarrollo Sostenible En Zonas Costeras. El Caso Del Programa De Manejo De Recursos Costeros Del Ecuador En El Golfo De Guayaquil.*
- Steven, M., & Limaico, G. (2021). *Análisis No Lineal Mediante El Método De Los Elementos Finitos Del Comportamiento Estructural De Pórticos Metálicos Con Disipadores Tipo Comb-Teeth Bajo La Acción De Carga Cíclica.*
- Tarque, N., Catama, G., Spacone, E., & Petracca, M. (2015). *Método de Elementos Finitos Aplicado al Estudio de Estructuras Existentes.*
- Trujillo, G., Pág, W., Guillen, W. K., Asesor, T., Gonzalo, M. I., & Díaz García, H. (2022). *Propuesta De Diseño Estructural Con Sistema Dual Para Un Edificio Hexagonal Aplicando Un Software Computacional.* <https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>
- Velarde Cruz, F., Bojórquez Mora, J., & Bojórquez Mora, E. (2022). *Confiabilidad Estructural de Edificios de Concreto Reforzado y Sistema Dual. Revista de Ingeniería Sísmica, 107, 74–90.* <https://doi.org/10.18867/ris.107.626>

Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.

Lopez, L. V. (2013). Estudios y evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Civil. Club Universitario Alicante. Guía: <https://www.youtube.com/watch?v=dLEzvDH0deg>

## 8. ANEXOS

### 8.1 Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	A1					
Rubro	Limpieza del terreno					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,08
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peón	2	4	8	0,2	1,6
Subtotal Mano de obra						1,6
	Descripción			Cantidad	PVP	Costo
Material						0
Subtotal Materiales						0
	Descripción			Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						1,6
Costos indirectos (15%)						0,24
Utilidad (10%)						0,16
Total del rubro						2,00

*Anexo I*

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	A2					
Rubro	Nivelación del terreno					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Nivelación	1	6	6	0,2	1,20
	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,06
Subtotal Equipo						1,29
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Topógrafo	1	5	5	0,1	0,50
	Residente de Obra	1	7	7	0,1	0,70
Subtotal Mano de obra						1,20
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Estacas	ml	0,3	0,75	0,23	
	Clavos 2"	kg	0,1	0,15	0,02	
Subtotal Materiales						0,24
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						1,44
Costos indirectos (15%)						0,22
Utilidad (10%)						0,14
Total del rubro						1,80

Anexo 2

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	A3					
Rubro	Infraestructura Temporal					
Unidad	u	a	b	c=a*b	d	e=c*d
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						3,69
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Albañil	0,1	Hora	4,84	0,1	0,484
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						0,958
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Remache CJ 500 3/16 (1/2")	CJ	1	8,25	8,25	
	Clavos para madera 2 1/2" 454gr	kg	5	1,39	6,95	
	Pernos de refuerzo galvanizado de 1/4"x2"	u	15	0,15	2,25	
	Cinta de seguridad 12.5 cm x 2.50 mts	ml	1	15,15	15,15	
	Tabla semidura 20cm x 2cm x 4mts	ml	6	4,25	25,50	
Subtotal Materiales						58,10
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						59,06
Costos indirectos (15%)						8,86
Utilidad (10%)						5,91
Total del rubro						73,82

Anexo 3

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	B1					
Rubro	Trazado del terreno definido en planos					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,11
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Residente de Obra	0,1	Hora	5,39	0,1	0,539
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						1,529
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cal blanca 25kg	kg	0,01	5,70	0,06	
	Tabla semidura 20cm x 2cm x 4mts	ml	0,01	4,25	0,04	
	Cuartones 2.50cm x 2.50cm x 4mts	ml	0,02	3,29	0,07	
	Piola Plástica A-9 300 gr	kg	0,01	5,00	0,05	
Subtotal Materiales						0,22
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						1,74
Costos indirectos (15%)						0,26
Utilidad (10%)						0,17
Total del rubro						2,18

Anexo 4



Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C1					
Rubro	Excavación manual para la cimentación					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,13
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Residente de Obra	0,1	Hora	5,39	0,1	0,539
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						2,01
	Descripción			Cantidad	PVP	Costo
Materiales						0,00
Subtotal Materiales						0,00
	Descripción			Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						2,01
Costos indirectos (15%)						0,30
Utilidad (10%)						0,20
Total del rubro						2,51

Anexo 5

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C2					
Rubro	Relleno compactado con mejoramiento					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Compactador	1	3,5	3,5	0,6	2,1
	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						2,54
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Residente de Obra	0,1	Hora	5,39	0,1	0,539
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						1,529
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Material de relleno	m <sup>3</sup>	1	2,5	2,50	
Subtotal Materiales						2,50
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte	Material transportado	1	2	3		
Subtotal Transporte						3
Costo directo						7,03
Costos indirectos (15%)						1,05
Utilidad (10%)						0,70
Total del rubro						8,79

Anexo 6

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C3					
Rubro	Desalojo de material suelo natural					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,13
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Residente de Obra	0,1	Hora	5,39	0,1	0,539
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						2,008
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales						0,00
Subtotal Materiales						0,00
	Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						2,01
Costos indirectos (15%)						0,30
Utilidad (10%)						0,20
Total del rubro						2,51

Anexo 7

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C4					
Rubro	Fumigación y control de humedad					
Unidad	m <sup>3</sup>					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,40
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						1,469
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Sika Eliminador De Salitre Y Humedad Sika Zero Salitre 5 L	L	0,1	11,05	1,11	
	Sika Damp-Proofing Slurry 25kg	kg	0,05	38,97	1,95	
	Sika Thinner 4L	L	0,1	19,24	1,92	
Subtotal Materiales						4,98
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						6,45
Costos indirectos (15%)						0,97
Utilidad (10%)						0,64
Total del rubro						8,06

Anexo 8

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C5					
Rubro	Drenaje y control de salinidad					
Unidad	m <sup>3</sup>					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						0,93
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						1,469
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Geotextil de Drenaje 4kg	kg	0,15	39,62	5,94	
	Sika® TopSeal 25 kg	kg	0,15	49,72	7,46	
Subtotal Materiales						13,40
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						14,87
Costos indirectos (15%)						2,23
Utilidad (10%)						1,49
Total del rubro						18,59

Anexo 9

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	C6					
Rubro	Replanto piedra 40mm y mortero 1:3:6					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Subtotal Equipo						4,17
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de Obra	0,1	Hora	5,11	0,1	0,511
	Residente de Obra	0,1	Hora	5,39	0,1	0,539
	Ayudante de Albañil	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
	Peón	0,1	Hora	4,79	0,1	0,479
Subtotal Mano de obra						2,008
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento Tipo GU	Saco	5	5,85	29,25	
	Arena Fina	Saco	12	1,36	16,32	
	Piedra 40 mm	Saco	3	6,4	19,20	
Subtotal Materiales						64,77
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						66,78
Costos indirectos (15%)						10,02
Utilidad (10%)						6,68
Total del rubro						83,47

Anexo 10

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D1					
Rubro	Encofrado y desencofrado de cimientos					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,17
					Subtotal Equipo	0,17
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Obrero	3	3,2	9,6	0,2	1,92
	Maestro de obra	1	4	4	0,2	0,8
	Carpintero	1	3,7	3,7	0,2	0,74
					Subtotal Mano de obra	3,46
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Tabla de encofrado	Unidad	1	1,2	1,20	
	Alambre	kg	1	1	1,00	
	Clavos	kg	1	1	1,00	
					Subtotal Materiales	3,20
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte						0
					Subtotal Transporte	0
					Costo directo	6,83
					Costos indirectos (15%)	1,02
					Utilidad (10%)	0,68
					<b>Total del rubro</b>	<b>8,54</b>

Anexo 11

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D2					
Rubro	Zapatatas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0,8	3,2
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,8	2,68
	Herramienta menor					0,98
Subtotal Equipo						6,86
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	2	3,2	6,4	0,8	5,12
	Maestro de obra	1	4	4	0,8	3,2
	Residente de obra	1	7	7	0,8	5,6
	Albañiles	2	3,5	7	0,8	5,6
Subtotal Mano de obra						19,52
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	7,5	8	60,00	
	Arena	ton	1,2	5,55	6,66	
	Agua	m3	0,45	2	0,90	
	Piedra	ton	0,85	7,85	6,67	
Subtotal Materiales						74,23
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						100,61
Costos indirectos (15%)						15,09
Utilidad (10%)						10,06
Total del rubro						125,76

Anexo 12



Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	9/6/2024					
Código	D3					
Rubro	Varillas de acero de refuerzo colocado 4200 [kg-cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	kg	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Cortadora	0.5	2.12	1.06	0.2	0.21
	Herramienta menor					0.05
Subtotal Equipo						0.26
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	0.5	3.2	1.6	0.2	0.32
	Maestro de obra	0.5	4	2.0	0.2	0.40
	Fierrero	0.5	3.2	1.6	0.2	0.32
Subtotal Mano de obra						1.04
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Varrilla de Acero fy: 4200	kg	0.50	1.25	0.63	
	Alambre galvanizado #18	kg	0.03	1.60	0.04	
Subtotal Materiales						0.67
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						1.97
Costos indirectos (15%)						0.30
Utilidad (10%)						0.20
Total del rubro						2.46

Anexo 13

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D4					
Rubro	Contrapiso de H.S. con e = 10 cm					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0,4	1,6
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,1	0,335
	Herramienta menor					0,33
Subtotal Equipo						2,27
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	2	3,2	6,4	0,8	5,12
	Maestro de obra	1	4	4	0,2	0,8
	Residente de obra	1	7	7	0,1	0,7
Subtotal Mano de obra						6,62
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	0,6	8	4,80	
	Arena	ton	0,12	5,55	0,67	
	Agua	m3	0,13	2	0,26	
	Piedra	ton	0,15	7,85	1,18	
Subtotal Materiales						6,90
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						15,79
Costos indirectos (15%)						2,37
Utilidad (10%)						1,58
Total del rubro						19,74

Anexo 14

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D5					
Rubro	Columnas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0,4	1,6
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,1	0,335
	Herramienta menor					0,57
Subtotal Equipo						2,50
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	3	3,2	9,6	0,8	7,68
	Maestro de obra	1	4	4	0,4	1,6
	Residente de obra	1	7	7	0,3	2,1
Subtotal Mano de obra						11,38
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	7,5	8	60,00	
	Arena	ton	1,2	5,55	6,66	
	Agua	m3	0,45	2	0,90	
	Piedra	ton	0,85	7,85	6,67	
Subtotal Materiales						74,23
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						88,12
Costos indirectos (15%)						13,22
Utilidad (10%)						8,81
Total del rubro						110,15

Anexo 15

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	9/6/2024					
Código	D6					
Rubro	Columnas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0.4	1.6
	Vibrador	1	3.35	3.35	0.1	0.335
	Herramienta menor					0.57
Subtotal Equipo						2.50
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	3	3.2	9.6	0.8	7.68
	Maestro de obra	1	4	4	0.4	1.6
	Residente de obra	1	7	7	0.3	2.1
Subtotal Mano de obra						11.38
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	8.5	8	68.00	
	Arena	ton	1.5	5.55	8.33	
	Agua	m3	0.6	2	1.20	
	Piedra	ton	0.9	7.85	7.07	
Subtotal Materiales						84.59
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						98.47
Costos indirectos (15%)						14.77
Utilidad (10%)						9.85
Total del rubro						123.09

Anexo 16

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D7					
Rubro	Vigas de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0,4	1,6
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,1	0,335
	Herramienta menor					0,44
Subtotal Equipo						2,38
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	2	3,2	6,4	0,8	5,12
	Maestro de obra	1	4	4	0,4	1,6
	Residente de obra	1	7	7	0,3	2,1
Subtotal Mano de obra						8,82
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	7,5	8	60,00	
	Arena	ton	1,2	5,55	6,66	
	Agua	m3	0,45	2	0,90	
	Piedra	ton	0,85	7,85	6,67	
Subtotal Materiales						74,23
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						85,43
Costos indirectos (15%)						12,81
Utilidad (10%)						8,54
Total del rubro						106,79

Anexo 17

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D8					
Rubro	Vigas de H.A. 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concretera	1	4	4	0,6	2,4
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,2	0,67
	Herramienta menor					0,82
Subtotal Equipo						3,89
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	3	3,2	9,6	0,8	7,68
	Maestro de obra	1	4	4	0,8	3,2
	Residente de obra	1	7	7	0,8	5,6
Subtotal Mano de obra						16,48
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	8,2	8	65,60	
	Arena	ton	0,75	5,55	4,16	
	Agua	m3	0,2	2	0,40	
	Piedra	ton	0,85	7,85	6,67	
Subtotal Materiales						76,84
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						97,21
Costos indirectos (15%)						14,58
Utilidad (10%)						9,72
Total del rubro						121,51

Anexo 18

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D9					
Rubro	Losa aligerada de H.A. 210 [kg/cm <sup>2</sup> ] con e= 20 cm					
Unidad	m <sup>3</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Concreteira	1	4	4	0,6	2,4
	Vibrador	1	3,35	3,35	0,4	1,34
	Herramienta menor					1,00
Subtotal Equipo						4,74
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	4	3,5	14	0,8	11,2
	Maestro de obra	1	4	4	0,8	3,2
	Residente de obra	1	7	7	0,8	5,6
Subtotal Mano de obra						20
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	7,5	8	60,00	
	Arena	ton	1,2	5,55	6,66	
	Agua	m3	0,1	2	0,20	
	Piedra	ton	0,85	7,85	6,67	
	Malla electrosoldada 5 mm	u	0,35	68	23,8	
Subtotal Materiales						97,33
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						122,07
Costos indirectos (15%)						18,31
Utilidad (10%)						12,21
Total del rubro						152,59

Anexo 19

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	D10					
Rubro	Cubierta metálica					
Unidad	m <sup>2</sup>					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento Costo
Equipo	Soldadora eléctrica		1	2,05	2,05	0,5 1,025
	Herramienta menor					0,46
Subtotal Equipo						1,48
	Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento Costo
Mano de Obra	Peones		2	3,5	7	0,5 3,5
	Maestro de obra		1	4	4	0,3 1,2
	Residente de obra		1	7	7	0,2 1,4
	Soldador		1	3,8	3,8	0,8 3,04
Subtotal Mano de obra						9,14
	Descripción		Unidad	Cantidad	PVP	Costo
Materiales	Correa Tipo G 100x50x15x3 mm		u	0,4	31,3	12,52
	Correa Tipo G 80x40x15x3 mm		u	0,25	26,52	6,63
	Electrodo		lb	0,15	1,78	0,27
	Pintura anticorrosiva		gl	0,2	13,6	2,72
Subtotal Materiales						22,14
	Descripción			Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						32,76
Costos indirectos (15%)						4,91
Utilidad (10%)						3,28
Total del rubro						40,95

Anexo 20



Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	E1					
Rubro	Pared de bloque de cemento					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,37
Subtotal Equipo						0,37
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peones	2	3,25	6,5	0,8	5,2
	Maestro de obra	1	3,5	3,5	0,6	2,1
Subtotal Mano de obra						7,3
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Bloque 40x20x12 cm	u	0,6	0,3	0,18	
	Cemento GU	saco	0,3	8	2,40	
	Agua		0,1	2	0,20	
Subtotal Materiales						2,78
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						10,45
Costos indirectos (15%)						1,57
Utilidad (10%)						1,04
Total del rubro						13,06

Anexo 21

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	F1					
Rubro	Enlucido					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,02
					Subtotal Equipo	0,02
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Maestro de obra	1	3,5	3,5	0,1	0,35
					Subtotal Mano de obra	0,35
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cemento GU	saco	0,7	7,45	5,22	
	Agua	Lt	0,3	2	0,60	
					Subtotal Materiales	5,82
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
					Subtotal Transporte	0
					Costo directo	6,18
					Costos indirectos (15%)	0,93
					Utilidad (10%)	0,62
					<b>Total del rubro</b>	<b>7,73</b>

Anexo 22

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	F2					
Rubro	Pintura de interior					
Unidad	m <sup>2</sup>					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,22
					Subtotal Equipo	0,22
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Pintor	2	3,15	6,3	0,7	4,41
					Subtotal Mano de obra	4,41
	Descripción	Unidad		Cantidad	PVP	Costo
Materiales	Pintura de caucho para interior, latex, vinil, incluye andamios	m2		1	2,3	2,30
					Subtotal Materiales	2,30
	Descripción			Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte						0
					Subtotal Transporte	0
					Costo directo	6,93
					Costos indirectos (15%)	1,04
					Utilidad (10%)	0,69
					Total del rubro	8,66

Anexo 23

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	F3					
Rubro	Pintura de exterior					
Unidad	m <sup>2</sup>					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,22
Subtotal Equipo						0,22
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Pintor	2	3,15	6,3	0,7	4,41
Subtotal Mano de obra						4,41
	Descripción	Unidad		Cantidad	PVP	Costo
Materiales	Pintura de caucho para exterior, látex, vinil, incluye andamios	m2		1	2,2	2,20
Subtotal Materiales						2,20
	Descripción			Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						6,83
Costos indirectos (15%)						1,02
Utilidad (10%)						0,68
Total del rubro						8,54

Anexo 24

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	F4					
Rubro	Cerámica de paredes y baños					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,42
Subtotal Equipo						0,42
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peón	3	3,15	9,45	0,7	6,62
	Maestro de obra	1	3,6	3,6	0,5	1,8
Subtotal Mano de obra						8,42
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Cerámica	m2	0,5	14,42	7,21	
	Agua		0,1	2	0,20	
	Bondex	kg	0,4	5,13	2,05	
Subtotal Materiales						9,46
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						18,30
Costos indirectos (15%)						2,74
Utilidad (10%)						1,83
Total del rubro						22,87

Anexo 25

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	G1					
Rubro	Revestimiento de piso con porcelanato					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,15
Subtotal Equipo						0,15
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peón	1	3,75	3,75	0,8	3,00
Subtotal Mano de obra						3,00
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Porcelanato italiano 50x50 cm	m2	0,5	23,6	11,80	
	Emporador cerámica blanca	kg	0,2	1,33	0,27	
	Bondex premium para porcelanato	kg	0,2	12	2,40	
	Agua		0,1	2	0,20	
Subtotal Materiales						14,67
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte						0
Subtotal Transporte						0
Costo directo						17,82
Costos indirectos (15%)						2,67
Utilidad (10%)						1,78
Total del rubro						22,27

Anexo 26

Análisis de precios unitarios						
Proyecto	Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena					
Fecha	6/9/2024					
Código	H1					
Rubro	Cielo raso de gypsum					
Unidad	m <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c=a*b</i>	<i>d</i>	<i>e=c*d</i>
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Equipo	Herramienta menor					0,11
Subtotal Equipo						0,11
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo por Hora	Rendimiento	Costo
Mano de Obra	Peón	2	3	6	0,3	1,8
	Albañil	1	3,25	3,25	0,1	0,33
Subtotal Mano de obra						2,13
	Descripción	Unidad	Cantidad	PVP	Costo	
Materiales	Gypsum instalado	m2	1	13	13,00	
Subtotal Materiales						13,00
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte				0		
Subtotal Transporte						0
Costo directo						15,23
Costos indirectos (15%)						2,28
Utilidad (10%)						1,52
Total del rubro						19,04

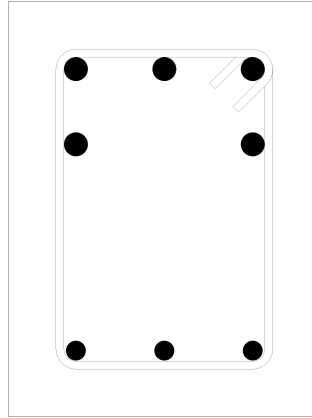
Anexo 27

## 8.2 Planos y Memorias de Cálculo

# Prediseño Vigas de la Vivienda Unifamiliar

## 1.- Cuantía de diseño según ACI318 -19 con análisis en ETABS

TIPO DE VIGA #2



## 2.- Detalles del diseño de la Viga

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

Vigas de iguales propiedades en PB y PA

* VPB08	* VPB14	* VPB18	* VPB21	* VPB25
* VPB09	* VPB15	* VPB19	* VPB22	* VPB26
* VPB12	* VPB16	* VPB20	* VPB23	* VPB27
* VPB13	* VPB17	* VPB03	* VPB24	* VPB28
* VPA04	* VPA09	* VPA03	* VPA01	* VPB04
* VPA08	* VPA02	* VPA07	* VPA17	* VPA06
* VPA18	* VPA15		* VPA16	* VPA14

## 3.- Propiedades de la sección de la Viga

Viga de rectangular de 0.25x0.30 m

$L_e := 3.25 \text{ m}$

Longitud ETABS

$B_e := 25 \text{ cm}$

Base ETABS

$H_e := 30 \text{ cm}$

Altura ETABS

$B_f := 15 \text{ cm}$

Ancho del ala, para este caso es igual a la  $B_e$



$$\phi_{ve} := 0.635 \text{ cm}$$

Diámetro de la barra de refuerzo transversal

$$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$$

Diámetro del estribo

$$\phi_{ct} := 4 \text{ cm}$$

Recubrimiento de torsión

$$\phi_{cb} := 4 \text{ cm}$$

Recubrimiento de la barra

## Datos

$$L := L_e - 0.15 \text{ m} - 0.22 \text{ m} \quad \text{Longitud de la viga}$$

$$L = 2.88 \text{ m}$$

$$\text{Cond}_{ap} := \text{"SA"} \quad \text{Condición de apoyo SA, EC, AEC, VOL}$$

Determinación de la altura mínima

$$H_1 := \text{if } \text{Cond}_{ap} = \text{"SA"} \quad = 20 \text{ cm}$$

$$\left\| \begin{array}{l} H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{16}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right.$$

else if  $\text{Cond}_{ap} = \text{"EC"}$

$$\left\| \begin{array}{l} H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{18.5}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right.$$

else if  $\text{Cond}_{ap} = \text{"AEC"}$

$$\left\| \begin{array}{l} H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{21}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right.$$

else if  $\text{Cond}_{ap} = \text{"VOL"}$

$$\left\| \begin{array}{l} H_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{L}{8}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right.$$

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ <sup>[1]</sup>
Simplemente apoyada	$l/16$
Con un extremo continuo	$l/18.5$
Ambos extremos continuos	$l/21$
En voladizo	$l/8$

<sup>[1]</sup> Los valores son aplicables al concreto de peso normal y  $f_y = 420$  MPa.

Para otros casos, la altura mínima  $h$  debe modificarse de acuerdo con 9.3.1.1.1 a 9.3.1.1.3, según corresponda.

Determinación de la base

$$B_1 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \frac{H_1}{2} \geq 25 \text{ cm} \\ B_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{H_1}{2}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right. = 15 \text{ cm}$$

$$\left\| \begin{array}{l} B_1 \leftarrow \text{Ceil} \left( \frac{H_1}{2}, 5 \text{ cm} \right) \end{array} \right.$$

else

$$\left\| \begin{array}{l} B_1 \leftarrow 15 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$B := \max(B_1, B_e) = 0.25 \text{ m}$$

$$H := \max(H_1, H_e) = 0.3 \text{ m}$$

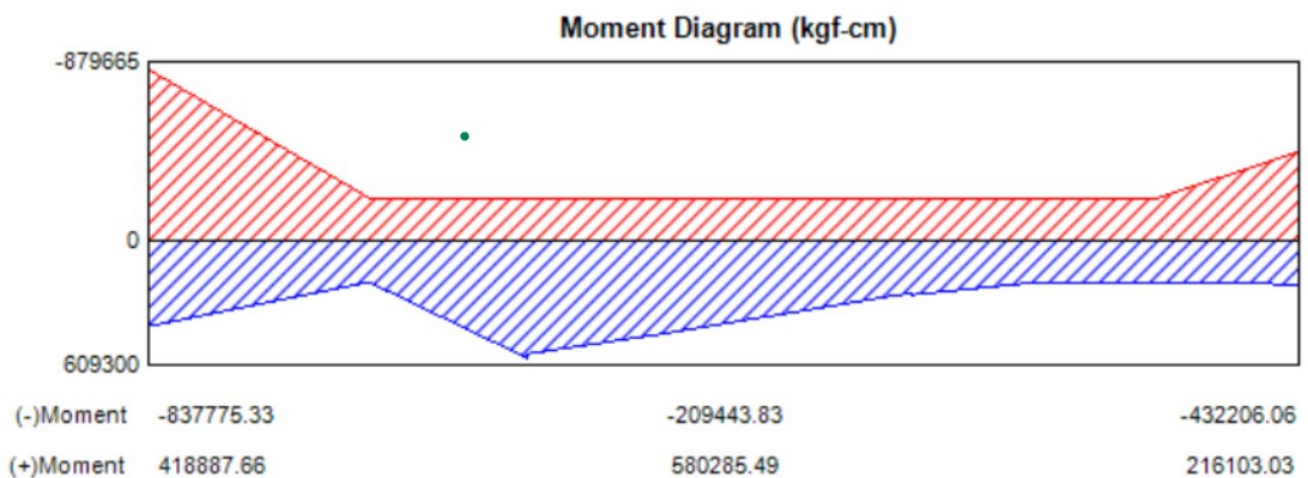
#### 4.- Propiedades de los materiales de la Columna

$E := 252671.33 \frac{kgf}{cm^2}$  Modulo de elasticidad del concreto

$f'_c := 280 \frac{kgf}{cm^2}$  Resistencia a la compresión del concreto

$f_y := 4200 \frac{kgf}{cm^2}$  Límite elástico del acero de refuerzo

$f_{ys} := 4200 \frac{kgf}{cm^2}$  Límite elástico del acero para estribos



#### 5.- Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$  Factor de reducción de resistencia para tensión

$\phi_C := 0.75$  Factor de reducción de resistencia para cortante

$\phi_{CSpiral} := 0.75$  Factor de reducción de resistencia para compresión con espirales

$\phi_{Vns} := 0.85$  Factor de reducción de resistencia para cortante nominal

$\phi_{Vs} := 0.85$  Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo

$\beta_1 := 0.85$  Relación entre la resistencia a la tracción y compresión del concreto

$\phi_{Tor} := 0.75$  Factor de reducción de resistencia para torsión

#### 6.- Diseño de Momento y Refuerzo a Flexión para Momento

Superior

$M_{sup} := -837775.29 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento de Diseño

$P_{usup} := 0 \text{ kgf}$  Carga axial de diseño

$A_{s\text{nsup}} := 9.84 \text{ cm}^2$	Área de refuerzo a flexión necesaria para momentos negativos
$A_{s\text{psup}} := 0 \text{ cm}^2$	Área de refuerzo a flexión necesaria para momentos positivos
$A_{s\text{minsup}} := 2.18 \text{ cm}^2$	Área mínima de refuerzo
$A_{s\text{rsup}} := 9.84 \text{ cm}^2$	Área total de refuerzo requerida

Inferior

$M_{\text{inf}} := 418887.65 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento de Diseño
$P_{\text{uinf}} := 0 \text{ kgf}$	Carga axial de diseño
$A_{s\text{snif}} := 0 \cdot \text{cm}^2$	Área de refuerzo a flexión necesaria para momentos negativos
$A_{s\text{spinf}} := 4.54 \cdot \text{cm}^2$	Área de refuerzo a flexión necesaria para momentos positivos
$A_{s\text{smiinf}} := 2.18 \text{ cm}^2$	Área mínima de refuerzo
$A_{s\text{srinf}} := 4.54 \text{ cm}^2$	Área total de refuerzo requerida

## 7.- Fuerza Cortante y Refuerzo para Corte, Vu2

Cortante para Eje 2

$V_{u2} := 20929.2 \text{ kgf}$	Fuerza cortante
$\phi V_{c2} := 4902.76 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante nominal
$\phi V_{s2} := 16026.44 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por el refuerzo
$\phi V_{p2} := 4682.64 \text{ kgf}$	Resistencia al cortante por elementos adicionales de refuerzo
$A_{v_s2} := 0.1727 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Relación entre el área del refuerzo transversal y la distancia de separación entre las barras de refuerzo.

## 8.- Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, Tu (Parte 1 de 2)

$T_u := 43949.46 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento Torsor
$\phi T_{th} := 19285.32 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Capacidad de Torsión por Fisuración
$\phi T_{cr} := 77141.30 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Capacidad de Torsión por Agrietamiento
$A_{ts} := 0.0213 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	Refuerzo Transversal para Torsión
$A_l := 2.38 \cdot \text{cm}^2$	Refuerzo Longitudinal para Torsión
$\text{rec} := 4.445 \text{ cm}$	Recubrimiento

$$A_{cp} := 750 \text{ cm}^2$$

Área de la Sección Transversal al Perímetro Cerrado

$$A_{oh} := 340.10 \cdot \text{cm}^2$$

Área Hueca de la Sección Transversal

$$A_o := 289.10 \text{ cm}^2$$

Área Encerrada por el Perímetro

$$d := \left\| \begin{array}{l} \text{if } B_e = H_e \\ \left\| \frac{H_e}{2} \right\| \\ \text{else} \\ \left\| H_e - \text{rec} - \phi_{\text{est}} - \frac{\phi_{\text{ve}}}{2} - \frac{2.54 \text{ cm}}{2} \right\| \end{array} \right\| = 23.333 \text{ cm}$$

### 9.- Fuerza de Torsión y Refuerzo para Torsión, Tu (Parte 2 de 2)

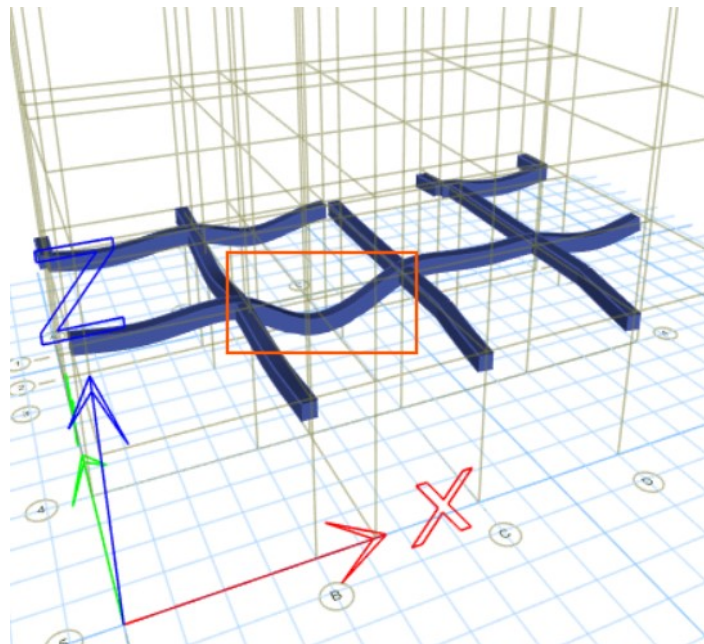
$$P_{cp} := 110 \text{ cm}$$

Longitud del perímetro del área de la sección transversal al perímetro cerrado

$$P_h := 74.44 \text{ cm}$$

Longitud del perímetro del área hueca de la sección transversal

### 10.- Cálculo de acero



$$\rho_{\text{mín}} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \right)}{\frac{f_y}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} = 0.00279$$

Cuantía mínima

$$\rho_b := \frac{(0.59) \cdot (\beta_1) (0.85) (f'_c)}{f_y} = 0.02842 \quad \text{Cuantía balanceada}$$

$$\rho_{\max} := (0.75) (\rho_b) = 0.02131 \quad \text{Cuantía máxima}$$

Área de refuerzo superior

$$A_{sSup} := \frac{(0.85) (f'_c) (B) (d)}{f_y} - \sqrt{\left( \frac{(1.70) (f'_c) \cdot (B)}{f_y^2} \right) \left( \frac{(0.85) (f'_c) (B) (d)^2}{2} - \frac{\text{abs}(M_{sup})}{\phi_T} \right)}$$

$$A_{sSup} = 11.499 \text{ cm}^2$$

$$A_{sminSup} := (B) (d) (\rho_{\min}) = 1.627 \text{ cm}^2 \quad A_{smaxSup} := (B) (d) (\rho_{\max}) = 12.433 \text{ cm}^2$$

$$A_{scsup} := \begin{cases} \text{if } A_{sminSup} < A_{sSup} \wedge A_{smaxSup} > A_{sSup} \\ \quad \text{“Si Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Si Cumple”}$$

$$A_{stsup} := \begin{cases} \text{if } A_{scsup} = \text{“No Cumple”} \\ \quad (B) (d) (\rho_{\min}) \\ \text{else} \\ \quad A_{sSup} \end{cases} = 11.499 \text{ cm}^2 \quad \text{Área total de refuerzo superior requerida}$$

$$\phi_{vsup} := 1.905 \text{ cm} \quad \eta_{vsup} := 5$$

$$A_{vsup} := \frac{(\eta_{vsup}) (\pi) (\phi_{vsup})^2}{4} = 14.251 \text{ cm}^2$$

$$\begin{cases} \text{if } A_{vsup} > A_{stsup} \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

**∴ El acero de refuerzo superior cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 y es 5 varillas de 3/4" en 2 capas**

Área de refuerzo inferior

$$A_{sInf} := \frac{(0.85) (f'_c) (B) (d)}{f_y} - \sqrt{\left( \frac{(1.70) (f'_c) \cdot (B)}{f_y^2} \right) \left( \frac{(0.85) (f'_c) (B) (d)^2}{2} - \frac{\text{abs}(M_{inf})}{\phi_T} \right)}$$

$$A_{sInf} = 5.151 \text{ cm}^2$$

$$A_{sminInf} := (B) (d) (\rho_{\min}) = 1.627 \text{ cm}^2 \quad A_{smaxInf} := (B) (d) (\rho_{\max}) = 12.433 \text{ cm}^2$$

$$A_{scinf} := \begin{cases} \text{if } A_{sminInf} < A_{sInf} \wedge A_{smaxInf} > A_{sInf} \\ \quad \text{"Si Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Si Cumple"}$$

$$A_{stinf} := \begin{cases} \text{if } A_{scinf} = \text{"No Cumple"} \\ \quad (B) (d) (\rho_{\min}) \\ \text{else} \\ \quad A_{sInf} \end{cases} = 5.151 \text{ cm}^2 \quad \text{Área total de refuerzo superior requerida}$$

$$\phi_{vinf} := 1.588 \text{ cm} \quad \eta_{vinf} := 3$$

$$A_{vinf} := \frac{(\eta_{vinf}) (\pi) (\phi_{vinf})^2}{4} = 5.942 \text{ cm}^2$$

$$\begin{cases} \text{if } A_{vinf} > A_{stinf} \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

∴ El acero de refuerzo superior cumple con el criterio de cuantías según la NEC 2015 y es 3 varillas de 5/8"

Máxima separación de estribos por cortante

$$S_{vi} := \min\left(\frac{d}{2}, 600 \text{ mm}\right) = 11.666 \text{ cm}$$

$$S_v := \text{round}(11.666 \cdot 0.2) \cdot 5 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

$$S_v = 10 \text{ cm}$$

## Verificación por Flexión

Superior

$$a_p := \frac{(A_{stsup}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (B)} = 0.081 \text{ m}$$

$$M_{np} := (A_{stsup}) (f_y) \left(d - \frac{a_p}{2}\right)$$

$$M_{np} = 930861.433 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Inferior

$$a_n := \frac{(A_{stinf}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (B)} = 0.036 \text{ m}$$

$$M_{nn} := (A_{stinf}) (f_y) \left(d - \frac{a_n}{2}\right)$$

$$M_{nn} = 465430.722 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$VR_{fp} := \begin{cases} \text{if } \phi_T \cdot M_{np} \geq M_{sup} \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

$$VR_{fn} := \begin{cases} \text{if } \phi_T \cdot M_{nn} \geq M_{inf} \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

## Verificación por cortante

$$V_s := \phi V_{s2} = 16026.44 \text{ kgf}$$

$$V_c := \phi V_{c2} = 4902.76 \text{ kgf}$$

$$V_p := \phi V_{p2} = 4682.64 \text{ kgf}$$

$$V_n := V_c + V_s + V_p = 25611.84 \text{ kgf}$$

∴ Debido que el acero cumple con el criterio de cuantía según la NEC se comprueba el área de acero ajustado y se escoge la mayor permitiendo obtener un refuerzo más apto para las cargas máximas.

$$VR_c := \begin{cases} \text{if } \phi_{Vs} \cdot V_n \geq V_{u2} \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Verificación por torsión

$$T_s := (A_l) (f_y) \left( \frac{A_o}{S_v} \right)$$

$$T_n := \phi T_{th} + T_s = 308269.68 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$VR_t := \begin{cases} \text{if } \phi_{Tor} \cdot T_n \geq T_u \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Comprobación final

$$\begin{cases} \text{if } VR_{fp} = VR_{fn} = VR_c = VR_t = \text{“Cumple”} \\ \quad \text{“La viga cumple con el diseño”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“La viga esta mal diseñada”} \end{cases} = \text{“La viga cumple con el diseño”}$$

∴ La viga se diseñará con dimensiones de 0.25x0.30 m, empleando 5 varillas de 3/4" en 2 capas superior y 3 varillas de 5/8" inferior como refuerzo longitudinal, con un diámetro de estribo de 1/4" y una separación de estribos de 10 cm.

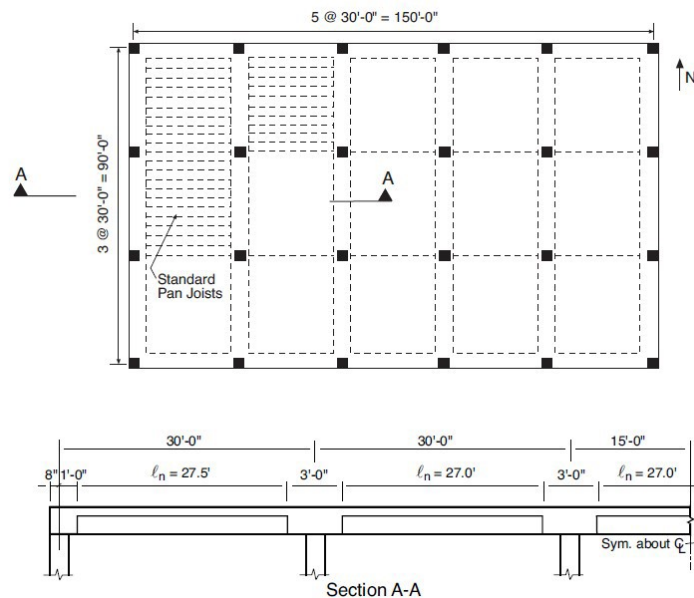
# Diseño Losa de la Vivienda Unifamiliar

## 1.- Conocimientos Previos según ACI318 -19 con análisis en software estructural

Dirección de la losa: Es paralela a la menor longitud de la losa

Vigas principales: Es perpendicular a la dirección de la losa

Vigas secundarias : Es perpendicular a las vigas principales



## 2.- Geometría del diseño de la Losa

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

$$L_e := 7 \text{ m}$$

Longitud software

$$A_e := 5 \text{ m}$$

Ancho software

$$H_e := 20 \text{ cm}$$

Espesor software

$$S_n := 40 \text{ cm}$$

Separación entre nervios

$$E := 218819.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Modulo de elasticidad del concreto

$$f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia a la compresión del concreto

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite elástico del acero de refuerzo

$$f_{ys} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite elástico del acero para estribos

$$C_M := 0.058 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Carga muerta que soporta la losa

$$C_V := 0.020 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Carga viva que soporta la losa



### 3.- Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_C := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante
$\phi_{Vns} := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\beta_1 := 0.85$	Relación entre la resistencia a la tracción y compresión del concreto
$\phi_{Tor} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para torsión

### 4.- Momento y Refuerzo a Flexión para Momento

$rec := 4 \text{ cm}$	Recubrimiento
$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro del estribo
$\phi_{ve} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro de la barra de refuerzo transversal

$$d := \begin{cases} \text{if } A_e = H_e \\ \left| \left| \frac{H_e}{2} \right| \right| \\ \text{else} \\ \left| \left| H_e - rec - \phi_{est} - \frac{\phi_{ve}}{2} - \frac{2.54 \text{ cm}}{2} \right| \right| \end{cases} = 13.778 \text{ cm}$$

Apoyo Simple Losa Aligerada

$M_{ux} := 10225.974 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento ultimo en el eje x
$M_{uy} := 3765.813 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento ultimo en el eje y

$$\rho_{\min} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \right)}{f_y} = 0.00242 \quad \text{Cuantía mínima}$$

$$\rho_b := \frac{(0.59) \cdot (\beta_1) (0.85) (f'_c)}{f_y} = 0.02131 \quad \text{Cuantía balanceada}$$

$$\rho_{\max} := (0.75) (\rho_b) = 0.01599 \quad \text{Cuantía máxima}$$

$$A_{sx} := \frac{M_{ux}}{(\phi_{Vns}) (f_y) (d)}$$

$$A_{sx} = 0.196 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} := \frac{M_{uy}}{(\phi_{Vns}) (f_y) (d)}$$

$$A_{sy} = 0.072 \text{ cm}^2$$

## 5.- Fuerza Cortante, Refuerzo para Corte y Deflexiones

$$V_{ux} := 3669.479 \text{ kgf}$$

Esfuerzo cortante en el eje x

$$V_{uy} := 140.882 \text{ kgf}$$

Esfuerzo cortante en el eje y

$$V_u := \max(V_{ux}, V_{uy})$$

Esfuerzo cortante ultimo

$$V_c := (1.1) (0.53) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\text{kgf/cm}^2}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) (A_e) (d)$$

$$V_c = 58199.416 \text{ kgf}$$

$$\phi V_c := 0.75 \cdot V_c$$

$$\phi V_c = 43649.562 \text{ kgf}$$

$$C_R := \text{if } \phi V_c > V_{ux}$$

|| "No requiere refuerzo a cortante"

else

|| "Se debe redimensionar"

= "No requiere refuerzo a cortante"

$$q := (1.2 (C_M) + 1.6 (C_V)) \cdot m$$

$$q = 1016 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$I := \frac{(A_e) (H_e^3)}{12}$$

$$I = 333333.333 \text{ cm}^4$$

Deflexión instantánea

$$\Delta_{inst} := \frac{(5) (q) (L_e^4)}{(384) (E) (I)}$$

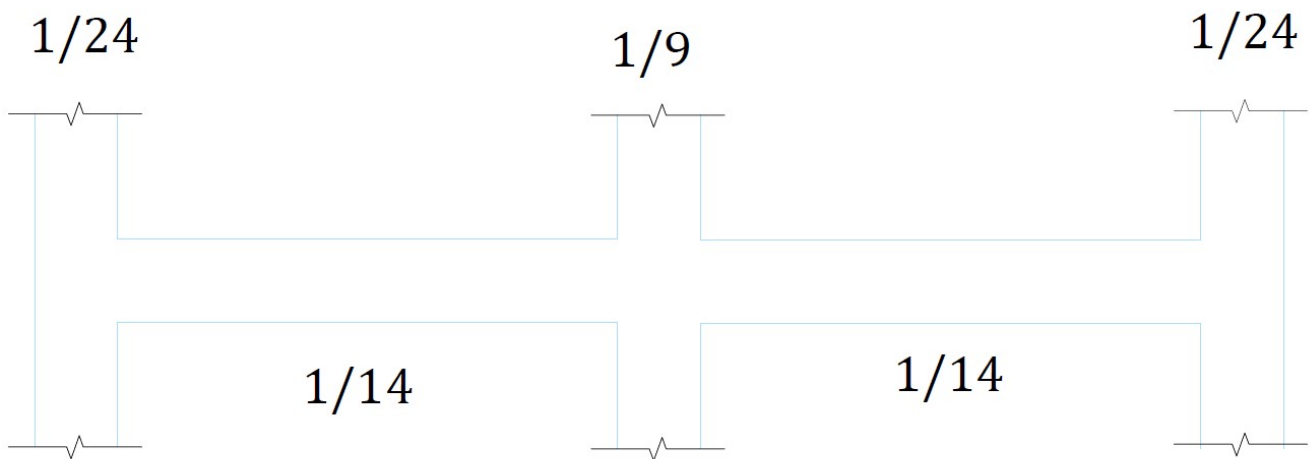
$$\Delta_{inst} = 0.004 \text{ m}$$

Deflexión a largo plazo

$$\Delta_{lt} := (\Delta_{inst}) (1 + 0.53)$$

$$\Delta_{lt} = 0.007 \text{ m}$$

## 6.- Cálculo de acero mínimo



$$L := 3.38 \text{ m}$$

$$M_1 := \frac{q \cdot L^2}{24}$$

$$M_1 = 483.633 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_2 := \frac{q \cdot L^2}{14}$$

$$M_2 = 829.085 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_3 := \frac{q \cdot L^2}{9}$$

$$M_3 = 1289.688 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$A_{s1} := \frac{\frac{M_1}{0.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}} \cdot 30}{\frac{d}{\text{cm}}} \text{ cm}^2 = 1.17 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1v1} := \sqrt[2]{\frac{A_{s1} \cdot 4}{\pi}} = 12.206 \text{ mm}$$

$$\phi_{v1} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1v1}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 14 \text{ mm}$$

$$A_{s2} := \frac{\frac{M_2}{0.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}} \cdot 30}{\frac{d}{\text{cm}}} \text{ cm}^2 = 2.006 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1v2} := \sqrt[2]{\frac{A_{s2} \cdot 4}{\pi}} = 15.981 \text{ mm}$$

$$\phi_{v2} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1v2}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 16 \text{ mm}$$

∴ El acero de refuerzo superior cumple con varillas de 5/8"

∴ El acero de refuerzo inferior cumple con varillas de 3/4"

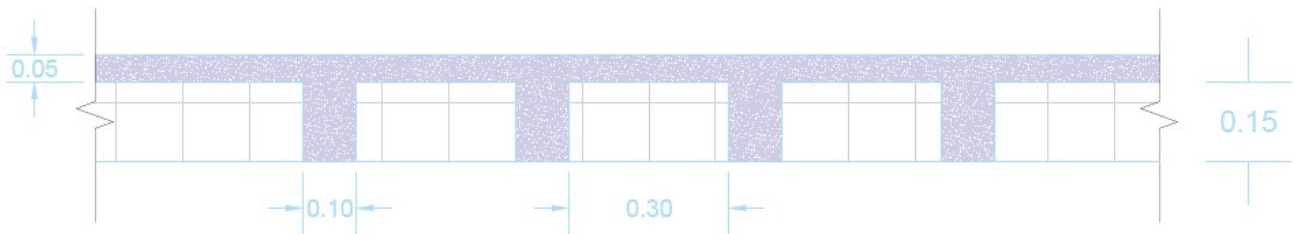
$$A_{S_3} := \frac{M_3}{\frac{d}{\text{cm}}} \cdot 30 \quad \text{cm}^2 = 3.12 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1_{v3}} := \sqrt[2]{\frac{A_{S_3} \cdot 4}{\pi}} = 19.932 \text{ mm}$$

$$\phi_{v3} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1_{v3}}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 20 \text{ mm}$$

∴ El acero de refuerzo inferior cumple con varillas de 7/8"

∴ La viga se diseñará con dimensiones de espesor de losa = 0.05m, altura de la viga = 0.15m, Separación entre nervadura = 0.40, espesor de viga = 0.10m, con acero de refuerzo de 5/8" - 3/4" - 7/8"



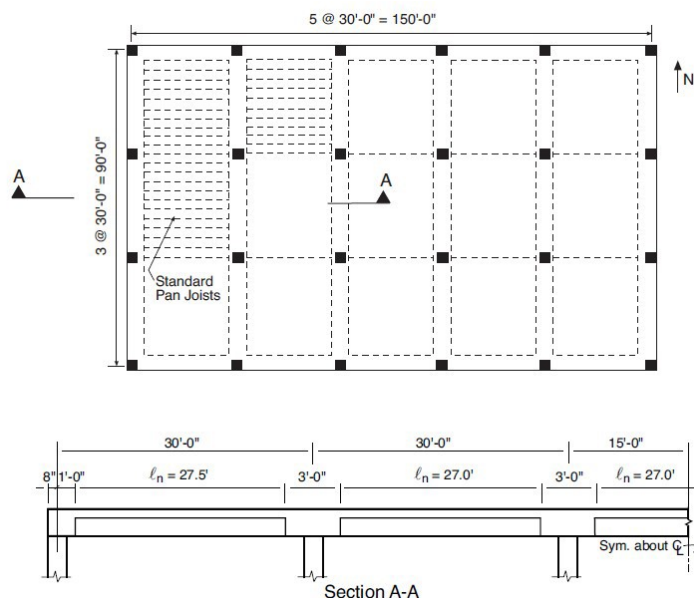
# Diseño Losa de la Vivienda Unifamiliar

## 1.- Conocimientos Previos según ACI318 -19 con análisis en software estructural

Dirección de la losa: Es paralela a la menor longitud de la losa

Vigas principales: Es perpendicular a la dirección de la losa

Vigas secundarias : Es perpendicular a las vigas principales



## 2.- Geometría del diseño de la Losa

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

$L_e := 7 \text{ m}$	Longitud software
$A_e := 5 \text{ m}$	Ancho software
$H_e := 20 \text{ cm}$	Espesor software
$S_n := 40 \text{ cm}$	Separación entre nervios
$E := 218819.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Modulo de elasticidad del concreto
$f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Límite elástico del acero de refuerzo
$f_{ys} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Límite elástico del acero para estribos
$C_M := 0.058 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Carga muerta que soporta la losa
$C_V := 0.020 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Carga viva que soporta la losa

### 3.- Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_C := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante
$\phi_{Vns} := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para cortante nominal
$\phi_{Vs} := 0.85$	Factor de reducción de resistencia para cortante del refuerzo
$\beta_1 := 0.85$	Relación entre la resistencia a la tracción y compresión del concreto
$\phi_{Tor} := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para torsión

### 4.- Momento y Refuerzo a Flexión para Momento

$rec := 4 \text{ cm}$	Recubrimiento
$\phi_{est} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro del estribo
$\phi_{ve} := 0.635 \text{ cm}$	Diámetro de la barra de refuerzo transversal

$$d := \begin{cases} \text{if } A_e = H_e \\ \left| \left| \frac{H_e}{2} \right| \right| \\ \text{else} \\ \left| \left| H_e - rec - \phi_{est} - \frac{\phi_{ve}}{2} - \frac{2.54 \text{ cm}}{2} \right| \right| \end{cases} = 13.778 \text{ cm}$$

#### Apoyo Simple Losa Aligerada

$M_{ux} := 3092.438 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento ultimo en el eje x

$M_{uy} := 111.547 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento ultimo en el eje y

$$\rho_{\min} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \right)}{\frac{f_y}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} = 0.00242 \quad \text{Cuantía mínima}$$

$$\rho_b := \frac{(0.59) \cdot (\beta_1) (0.85) (f'_c)}{f_y} = 0.02131 \quad \text{Cuantía balanceada}$$

$$\rho_{\max} := (0.75) (\rho_b) = 0.01599 \quad \text{Cuantía máxima}$$

$$A_{sx} := \frac{M_{ux}}{(\phi_{Vns}) (f_y) (d)} \quad A_{sx} = 0.059 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} := \frac{M_{uy}}{(\phi_{Vns}) (f_y) (d)} \quad A_{sy} = 0.002 \text{ cm}^2$$

## 5.- Fuerza Cortante, Refuerzo para Corte y Deflexiones

$$V_{ux} := 1217.473 \text{ kgf} \quad \text{Esfuerzo cortante en el eje x}$$

$$V_{uy} := 78.191 \text{ kgf} \quad \text{Esfuerzo cortante en el eje y}$$

$$V_u := \max(V_{ux}, V_{uy}) \quad \text{Esfuerzo cortante ultimo}$$

$$V_c := (1.1) (0.53) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\text{cm}^2}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) (A_e) (d)$$

$$V_c = 58199.416 \text{ kgf}$$

$$\phi V_c := 0.75 \cdot V_c \quad \phi V_c = 43649.562 \text{ kgf}$$

$$C_R := \begin{cases} \text{if } \phi V_c > V_{ux} & \text{= "No requiere refuerzo a cortante"} \\ \quad \parallel \text{"No requiere refuerzo a cortante"} & \\ \text{else} & \\ \quad \parallel \text{"Se debe redimensionar"} & \end{cases}$$

$$q := (1.2 (C_M) + 1.6 (C_V)) \cdot m \quad q = 1016 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$I := \frac{(A_e) (H_e^3)}{12} \quad I = 333333.333 \text{ cm}^4$$

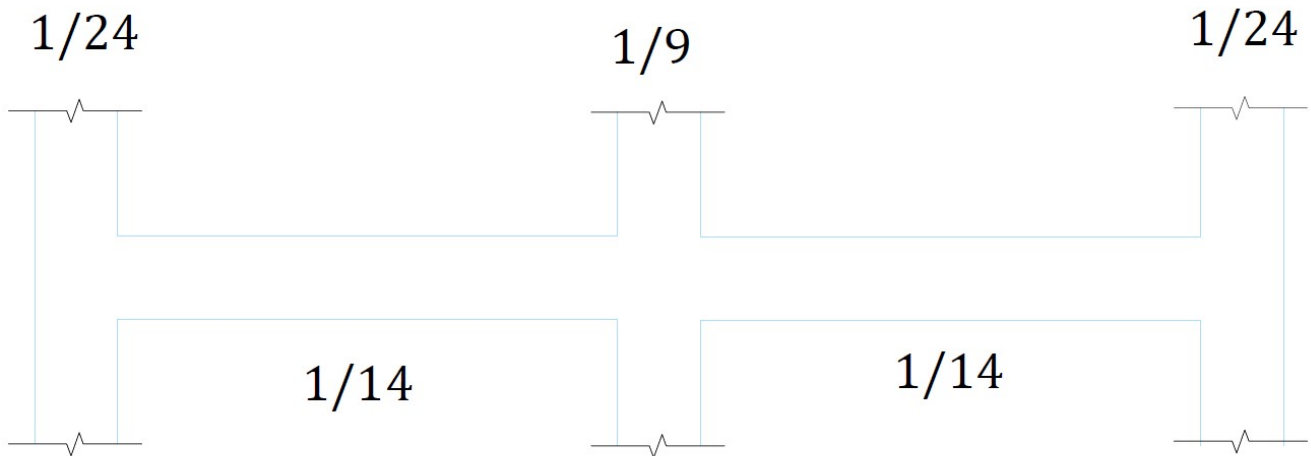
Deflexión instantánea

$$\Delta_{inst} := \frac{(5) (q) (L_e^4)}{(384) (E) (I)} \quad \Delta_{inst} = 0.004 \text{ m}$$

Deflexión a largo plazo

$$\Delta_{lt} := (\Delta_{inst}) (1 + 0.53) \quad \Delta_{lt} = 0.007 \text{ m}$$

## 6.- Cálculo de acero mínimo



$$L := 3.38 \text{ m}$$

$$M_1 := \frac{q \cdot L^2}{24}$$

$$M_1 = 483.633 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_2 := \frac{q \cdot L^2}{14}$$

$$M_2 = 829.085 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_3 := \frac{q \cdot L^2}{9}$$

$$M_3 = 1289.688 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$As_1 := \frac{\frac{M_1}{0.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}} \cdot 30}{\frac{d}{\text{cm}}} \text{ cm}^2 = 1.17 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1v1} := \sqrt[2]{\frac{As_1 \cdot 4}{\pi}} = 12.206 \text{ mm}$$

$$\phi_{v1} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1v1}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 14 \text{ mm}$$

∴ El acero de refuerzo superior cumple con varillas de 5/8"

$$As_2 := \frac{\frac{M_2}{0.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}} \cdot 30}{\frac{d}{\text{cm}}} \text{ cm}^2 = 2.006 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1v2} := \sqrt[2]{\frac{As_2 \cdot 4}{\pi}} = 15.981 \text{ mm}$$

$$\phi_{v2} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1v2}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 16 \text{ mm}$$

∴ El acero de refuerzo inferior cumple con varillas de 3/4"



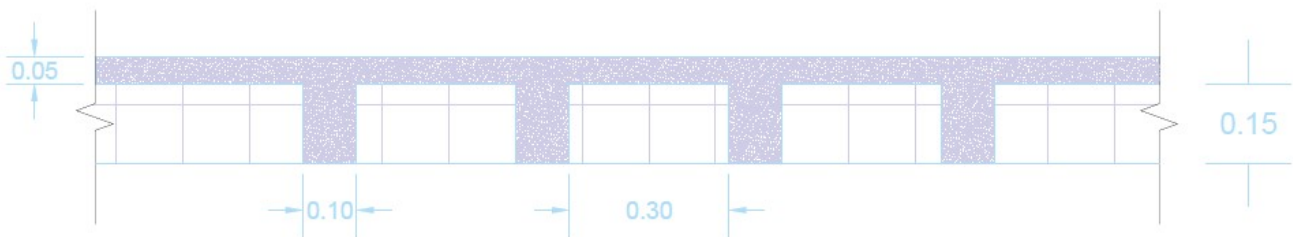
$$A_{S_3} := \frac{M_3}{0.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}} \cdot 30 \frac{\text{d}}{\text{cm}} \text{ cm}^2 = 3.12 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{1_{v3}} := \sqrt{\frac{A_{S_3} \cdot 4}{\pi}} = 19.932 \text{ mm}$$

$$\phi_{v3} := 2 \text{ mm} \cdot \text{ceil}\left(\frac{\phi_{1_{v3}}}{2 \cdot \text{mm}}\right) = 20 \text{ mm}$$

∴ El acero de refuerzo inferior cumple con varillas de 7/8"

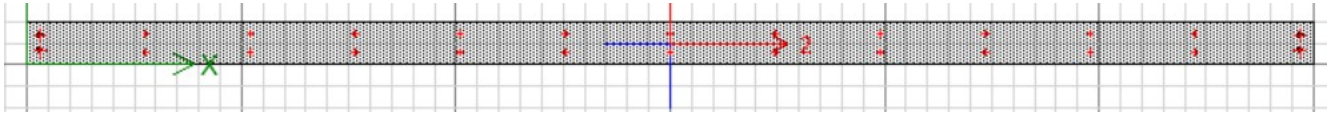
∴ La viga se diseñará con dimensiones de espesor de losa = 0.05m, altura de la viga = 0.15m, Separación entre nervadura = 0.40, espesor de viga = 0.10m, con acero de refuerzo de 5/8" - 3/4" - 7/8"



# Diseño Muros de Corte de la Vivienda Unifamiliar

## 1.- Diseño según ACI318 -19 con análisis en ETABS

TIPO DE MURO #2



## 2.- Detalles del diseño del Muro

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

Muros exteriores de iguales propiedades  $e = 0.10\text{m}$

## 3.- Propiedades de la sección del Muro

$C_X := 350 \text{ cm}$  Centroide x

$C_Y := 0 \text{ cm}$  Centroide y

$L_e := 700 \text{ cm}$  Longitud del muro

$e := 10 \text{ cm}$  Espesor del muro

$H_e := 300 \text{ cm}$  Altura del muro

$\phi_{ve} := 1.270 \text{ cm}$  Diámetro de la barra de refuerzo transversal y longitudinal

## 4.- Propiedades de los materiales del Muro

$E := 218819.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Modulo de elasticidad del concreto

$f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Resistencia a la compresión del concreto

$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Límite elástico del acero de refuerzo

$f_{ys} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Límite elástico del acero para estribos

## 5.- Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_C := 0.65$	Factor de reducción de resistencia para compresión
$\phi_V := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante
$\beta_1 := 0.85$	

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	0	0	0	700	700	10
Bottom	Leg 1	0	0	0	700	700	10

## 6.- Diseño de flexión para Pu, Mu2 y Mu3

Superior

$A_{srsup} := 17.50 \text{ cm}^2$	Área requerida de refuerzo
$A_{snsup} := 0.0025 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo requerida
$A_{spsup} := 0.0027 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo actual
$P_{u1sup} := 176.17 \text{ kgf}$	Carga axial última
$M_{supu2} := -14305.16 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 2
$M_{supu3} := -18051.05 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 3
$A_{pgsup} := 7000 \text{ cm}^2$	Área bruta del pilar

Inferior

$A_{srinf} := 17.50 \text{ cm}^2$	Área requerida de refuerzo
$A_{sninf} := 0.0025 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo requerida
$A_{spinf} := 0.0027 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo actual
$P_{u1inf} := 11455.7 \text{ kgf}$	Carga axial última
$M_{infu2} := -35759.92 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 2
$M_{infu3} := -156712.34 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 3
$A_{pginf} := 7000 \text{ cm}^2$	Área bruta del pilar

## 7.- Diseño por Cortante

Superior

$$A_{s,\text{sup}} := 0.025 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Área de refuerzo por unidad de longitud

$$P_{u,\text{sup}} := 692.52 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{sup}} := -87598.66 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$V_{u,\text{sup}} := 4416.84 \text{ kgf}$$

Fuerza cortante última

$$\phi V_{c,\text{sup}} := 48414.94 \text{ kgf}$$

Resistencia de corte del concreto, factorizada

$$\phi V_{n,\text{sup}} := 92514.94 \text{ kgf}$$

Resistencia nominal de corte, factorizada

Inferior

$$A_{s,\text{inf}} := 0.025 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Área de refuerzo por unidad de longitud

$$P_{u,\text{inf}} := 25059.60 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{inf}} := 677994.03 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$V_{u,\text{inf}} := 4491.82 \text{ kgf}$$

Fuerza cortante última

$$\phi V_{c,\text{inf}} := 48414.94 \text{ kgf}$$

Resistencia de corte del concreto, factorizada

$$\phi V_{n,\text{inf}} := 92514.94 \text{ kgf}$$

Resistencia nominal de corte, factorizada

## 8.- Verificación del Elemento de Límite (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Superior

$$P_{u,\text{thsup}} := 692.52 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{thsup}} := -87598.66 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$\sigma_{c,\text{sup}} := 0.21 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo de compresión

$$\sigma_{\text{limsup}} := 42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite de esfuerzo

Inferior

$P_{u_{thinf}} := 25059.60 \text{ kgf}$  Carga axial última

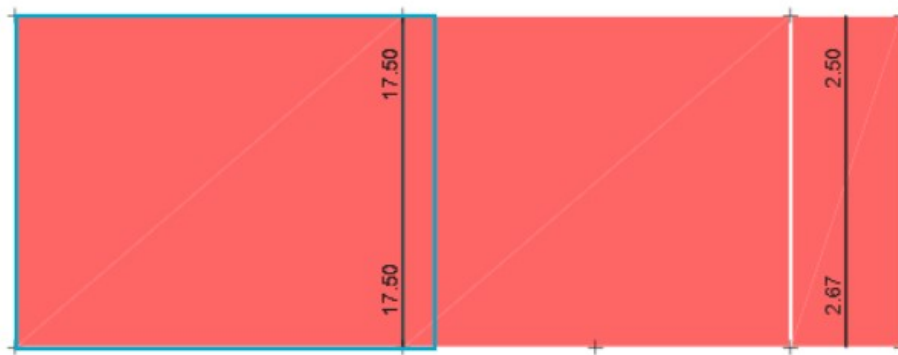
$M_{u_{thinf}} := -677994.03 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento último

$\sigma_{cinf} := 4.41 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Esfuerzo de compresión

$\sigma_{liminf} := 42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Límite de esfuerzo

∴ No requiere elementos de borde

## 10.- Cálculo de acero



$$\rho_{\min} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \right)}{\frac{f_y}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} = 0.00242 \quad \text{Cuantía mínima}$$

$$\rho_b := \frac{(0.59) \cdot (\beta_1) (0.85) (f'_c)}{f_y} = 0.02131 \quad \text{Cuantía balanceada}$$

$$\rho_{\max} := (0.75) (\rho_b) = 0.01599 \quad \text{Cuantía máxima}$$

## Verificación para la Capacidad de Carga Axial

Superior

$$A_{gsup} := A_{pgsup}$$

$$P_{n1} := (\phi_C) (0.85) (f'_c) (A_{gsup}) \quad \text{Capacidad nominal de carga axial}$$

$$R_{csup} := \frac{Pu_{sup}}{P_{n1}} = 8.527 \cdot 10^{-4} \quad \text{Relación de carga}$$

Inferior

$$A_{ginf} := A_{pginf}$$

$$P_{n2} := (\phi_C) (0.85) (f'_c) (A_{ginf})$$

$$R_{cinf} := \frac{Pu_{inf}}{P_{n2}} = 0.031 \quad \text{Relación de carga}$$

$$V_1 := \begin{cases} \text{if } R_{csup} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

$$V_2 := \begin{cases} \text{if } R_{cinf} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Verificación para la Capacidad de Momento

$$d := 0.8 \cdot (L_e)$$

$$a_p := \frac{(A_{srsup}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (L_e)} = 0.006 \text{ m} \quad M_{np} := (A_{srsup}) (f_y) \left( d - \frac{a_p}{2} \right) \quad \phi M_{np} := (\phi_C) (M_{np})$$

Superior

$$M_{u1} := \max(\text{abs}(M_{supu2}), \text{abs}(M_{supu3}))$$

$$M_{n1} := (\phi_C) (M_{u1}) \quad \text{Capacidad nominal de momento}$$

$$R_{msup} := \frac{M_{u1}}{\phi M_{np}} = 6.751 \cdot 10^{-4} \quad \text{Relación de momento}$$

$$a_n := \frac{(A_{srinf}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (L_e)} = 0.006 \text{ m} \quad M_{nn} := (A_{srsup}) (f_y) \left( d - \frac{a_p}{2} \right) \quad \phi M_{nn} := (\phi_C) (M_{nn})$$

Inferior

$$M_{u2} := \max (\text{abs} (M_{infu2}), \text{abs} (M_{infu3}))$$

$$M_{n2} := (\phi_C) (M_{u2}) \quad \text{Capacidad nominal de momento}$$

$$R_{minf} := \frac{M_{u2}}{\phi M_{nn}} = 0.006 \quad \text{Relación de momento}$$

$$V_3 := \begin{cases} \text{if } R_{msup} \leq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \quad \parallel \\ \text{else} \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

$$V_4 := \begin{cases} \text{if } R_{minf} \leq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \quad \parallel \\ \text{else} \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

## Verificación para la Capacidad de Cortante

Superior

$$V_{c1} := \phi V_{csup}$$

$$V_{n1} := \phi V_{nsup}$$

$$V_{u1} := V_{usup}$$

$$R_{ctsup} := \frac{V_{u1}}{V_{n1}} = 0.048$$

Inferior

$$V_{c2} := \phi V_{cinf}$$

$$V_{n2} := \phi V_{ninf}$$

$$V_{u2} := V_{uinf}$$

$$R_{ctinf} := \frac{V_{u2}}{V_{n2}} = 0.049$$

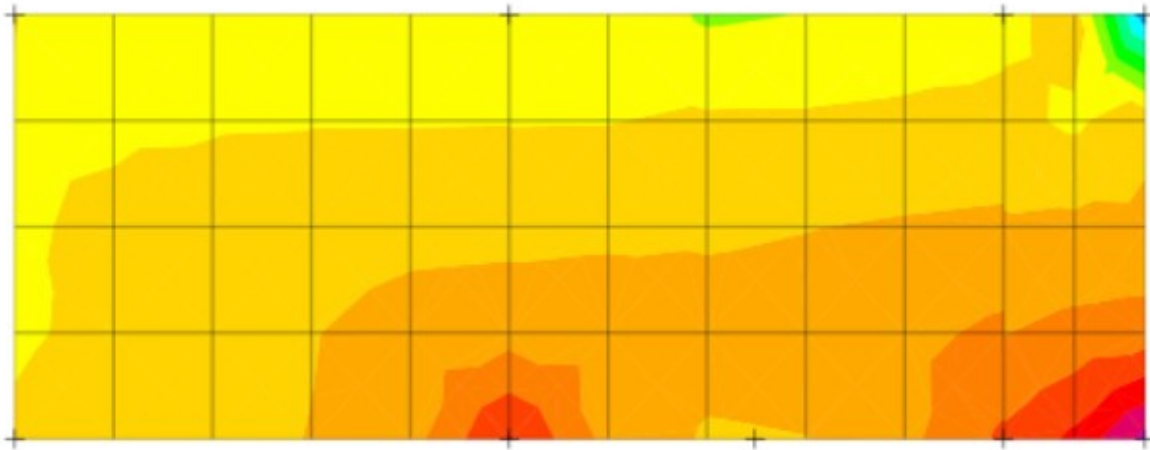
$$V_5 := \begin{cases} \text{if } R_{ctsup} \leq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \quad \parallel \\ \text{else} \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

$$V_6 := \begin{cases} \text{if } R_{ctinf} \leq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \quad \parallel \\ \text{else} \\ \quad \parallel \\ \quad \text{"No Cumple"} \end{cases} = \text{"Cumple"}$$

## Comprobación final

```
if V1 = V2 = V3 = V4 = V5 = V6 = "Cumple" = "El muro cumple con el diseño"  
    "El muro cumple con el diseño"  
else  
    "El muro esta mal diseñado"
```

∴ El muro se diseñará con dimensiones de 3x3.03 m, empleando varillas de 1/2".

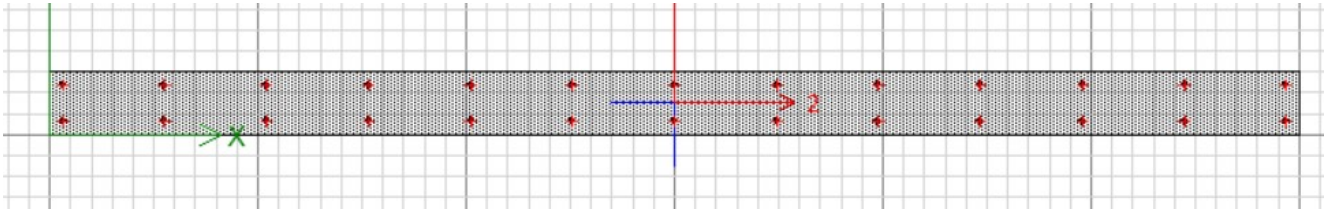




# Diseño Muros de Corte de la Vivienda Unifamiliar

## 1.- Diseño según ACI318 -19 con análisis en ETABS

TIPO DE MURO #1



## 2.- Detalles del diseño del Muro

Nomenclatura Eje 2 = x & Eje 3 = y

Muros exteriores de iguales propiedades  $e = 0.15\text{m}$

## 3.- Propiedades de la sección del Muro

$$C_X := 448.50 \text{ cm}$$

Centroide x

$$C_Y := 0 \text{ cm}$$

Centroide y

$$L_e := 303 \text{ cm}$$

Longitud del muro

$$e := 15 \text{ cm}$$

Espesor del muro

$$H_e := 300 \text{ cm}$$

Altura del muro

$$\phi_{ve} := 1.270 \text{ cm}$$

Diámetro de la barra de refuerzo transversal y longitudinal

## 4.- Propiedades de los materiales del Muro

$$E := 218819.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Modulo de elasticidad del concreto

$$f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia a la compresión del concreto

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite elástico del acero de refuerzo

$$f_{ys} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite elástico del acero para estribos

## 5.- Coeficientes de reducción de los parámetros de diseño

$\phi_T := 0.90$	Factor de reducción de resistencia para tensión
$\phi_C := 0.65$	Factor de reducción de resistencia para compresión
$\phi_V := 0.75$	Factor de reducción de resistencia para cortante
$\beta_1 := 0.85$	

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	297	0	600	0	303	15
Bottom	Leg 1	297	0	600	0	303	15

## 6.- Diseño de flexión para Pu, Mu2 y Mu3

Superior

$A_{srsup} := 11.36 \text{ cm}^2$	Área requerida de refuerzo
$A_{snsup} := 0.0025 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo requerida
$A_{spsup} := 0.0018 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo actual
$P_{u1sup} := 13718.35 \text{ kgf}$	Carga axial última
$M_{supu2} := -6907.46 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 2
$M_{supu3} := -182080.27 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 3
$A_{pgsup} := 4545 \text{ cm}^2$	Área bruta del pilar

Inferior

$A_{srinf} := 11.36 \text{ cm}^2$	Área requerida de refuerzo
$A_{sninf} := 0.0025 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo requerida
$A_{spinf} := 0.0018 \text{ cm}^2$	Relación de refuerzo actual
$P_{u1inf} := 19095.45 \text{ kgf}$	Carga axial última
$M_{infu2} := -2107.56 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 2
$M_{infu3} := -62569.57 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	Momento último en la dirección 3
$A_{pginf} := 4545 \text{ cm}^2$	Área bruta del pilar

## 7.- Diseño por Cortante

Superior

$$A_{s,\text{sup}} := 0.0375 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Área de refuerzo por unidad de longitud

$$P_{u,\text{sup}} := 29741.01 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{sup}} := -68041425 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$V_{u,\text{sup}} := 12651.34 \text{ kgf}$$

Fuerza cortante última

$$\phi V_{c,\text{sup}} := 31435.13 \text{ kgf}$$

Resistencia de corte del concreto, factorizada

$$\phi V_{n,\text{sup}} := 60068.63 \text{ kgf}$$

Resistencia nominal de corte, factorizada

Inferior

$$A_{s,\text{inf}} := 0.0375 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Área de refuerzo por unidad de longitud

$$P_{u,\text{inf}} := 35902.34 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{inf}} := 559692.42 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$V_{u,\text{inf}} := 9021.95 \text{ kgf}$$

Fuerza cortante última

$$\phi V_{c,\text{inf}} := 31435.13 \text{ kgf}$$

Resistencia de corte del concreto, factorizada

$$\phi V_{n,\text{inf}} := 60068.63 \text{ kgf}$$

Resistencia nominal de corte, factorizada

## 8.- Verificación del Elemento de Límite (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Superior

$$P_{u,\text{thsup}} := 29741.01 \text{ kgf}$$

Carga axial última

$$M_{u,\text{thsup}} := -680414.25 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Momento último

$$\sigma_{c,\text{sup}} := 9.51 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo de compresión

$$\sigma_{\text{limsup}} := 42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite de esfuerzo

Inferior

$P_{u_{thinf}} := 39929.46 \text{ kgf}$  Carga axial última

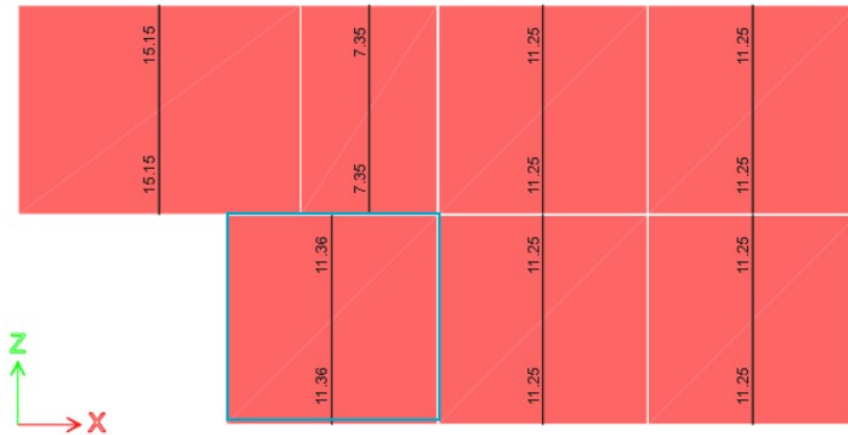
$M_{u_{thinf}} := -201504.81 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$  Momento último

$\sigma_{cinf} := 9.66 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Esfuerzo de compresión

$\sigma_{liminf} := 42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Límite de esfuerzo

∴ No requiere elementos de borde

## 10.- Cálculo de acero



$$\rho_{\min} := \frac{(0.70) \left( \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \right)}{\frac{f_y}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} = 0.00242$$

Cuantía mínima

$$\rho_b := \frac{(0.59) \cdot (\beta_1) (0.85) (f'_c)}{f_y} = 0.02131$$

Cuantía balanceada

$$\rho_{\max} := (0.75) (\rho_b) = 0.01599$$

Cuantía máxima

## Verificación para la Capacidad de Carga Axial

Superior

$$A_{gsup} := A_{pgsup}$$

$$P_{n1} := (\phi_C) (0.85) (f'_c) (A_{gsup}) \quad \text{Capacidad nominal de carga axial}$$

$$R_{csup} := \frac{Pu_{sup}}{P_{n1}} = 0.056 \quad \text{Relación de carga}$$

Inferior

$$A_{ginf} := A_{pginf}$$

$$P_{n2} := (\phi_C) (0.85) (f'_c) (A_{ginf})$$

$$R_{cinf} := \frac{Pu_{inf}}{P_{n2}} = 0.068 \quad \text{Relación de carga}$$

$$V_1 := \begin{cases} \text{if } R_{csup} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

$$V_2 := \begin{cases} \text{if } R_{cinf} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Verificación para la Capacidad de Momento

$$d := 0.8 \cdot (L_e)$$

$$a_p := \frac{(A_{srsup}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (L_e)} = 0.009 \text{ m} \quad M_{np} := (A_{srsup}) (f_y) \left( d - \frac{a_p}{2} \right) \quad \phi M_{np} := (\phi_C) (M_{np})$$

Superior

$$M_{u1} := \max (\text{abs} (M_{supu2}), \text{abs} (M_{supu3}))$$

$$M_{n1} := (\phi_C) (M_{u1}) \quad \text{Capacidad nominal de momento}$$

$$R_{msup} := \frac{M_{u1}}{\phi M_{np}} = 0.024 \quad \text{Relación de momento}$$

$$a_n := \frac{(A_{srinf}) (f_y)}{(0.85) (f'_c) (L_e)} = 0.009 \text{ m} \quad M_{nn} := (A_{sr sup}) (f_y) \left( d - \frac{a_p}{2} \right) \quad \phi M_{nn} := (\phi_C) (M_{nn})$$

Inferior

$$M_{u2} := \max (\text{abs} (M_{inf u2}), \text{abs} (M_{inf u3}))$$

$$M_{n2} := (\phi_C) (M_{u2}) \quad \text{Capacidad nominal de momento}$$

$$R_{minf} := \frac{M_{u2}}{\phi M_{nn}} = 0.008 \quad \text{Relación de momento}$$

$$V_3 := \begin{cases} \text{if } R_{msup} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

$$V_4 := \begin{cases} \text{if } R_{minf} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Verificación para la Capacidad de Cortante

Superior

$$V_{c1} := \phi V_{csup}$$

$$V_{n1} := \phi V_{nsup}$$

$$V_{u1} := V_{usup}$$

$$R_{ctsup} := \frac{V_{u1}}{V_{n1}} = 0.211$$

Inferior

$$V_{c2} := \phi V_{cinf}$$

$$V_{n2} := \phi V_{ninf}$$

$$V_{u2} := V_{uinf}$$

$$R_{ctinf} := \frac{V_{u2}}{V_{n2}} = 0.15$$

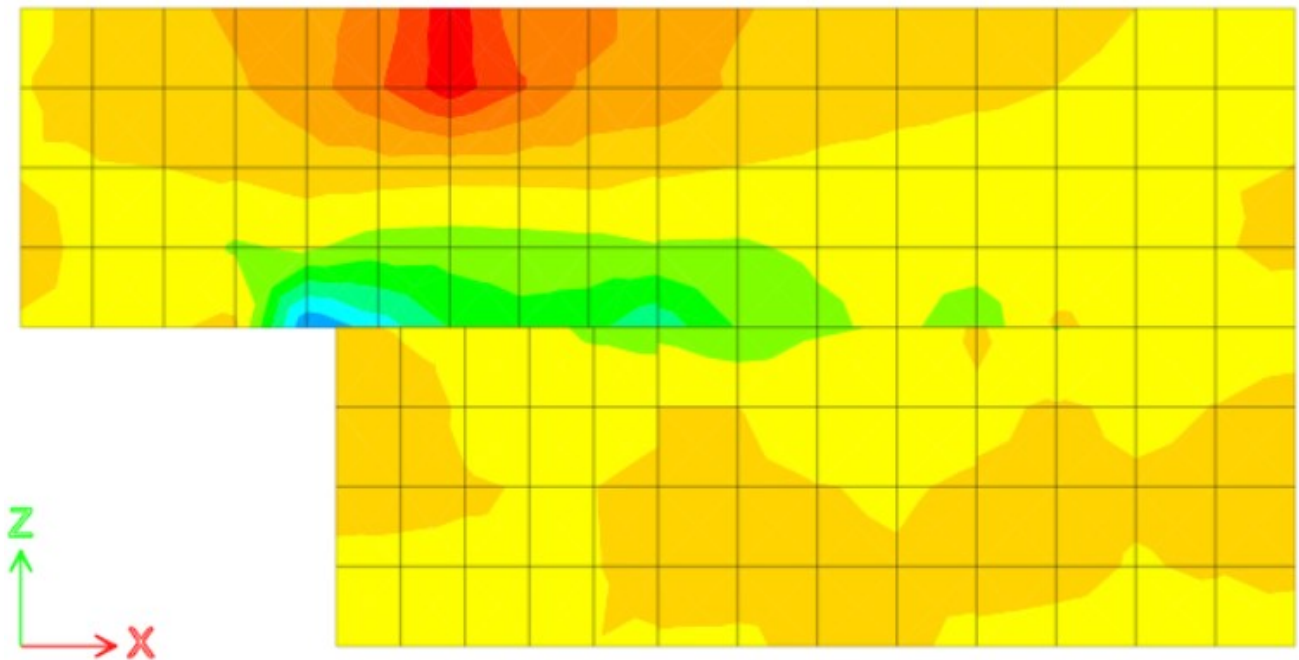
$$V_5 := \begin{cases} \text{if } R_{ctsup} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

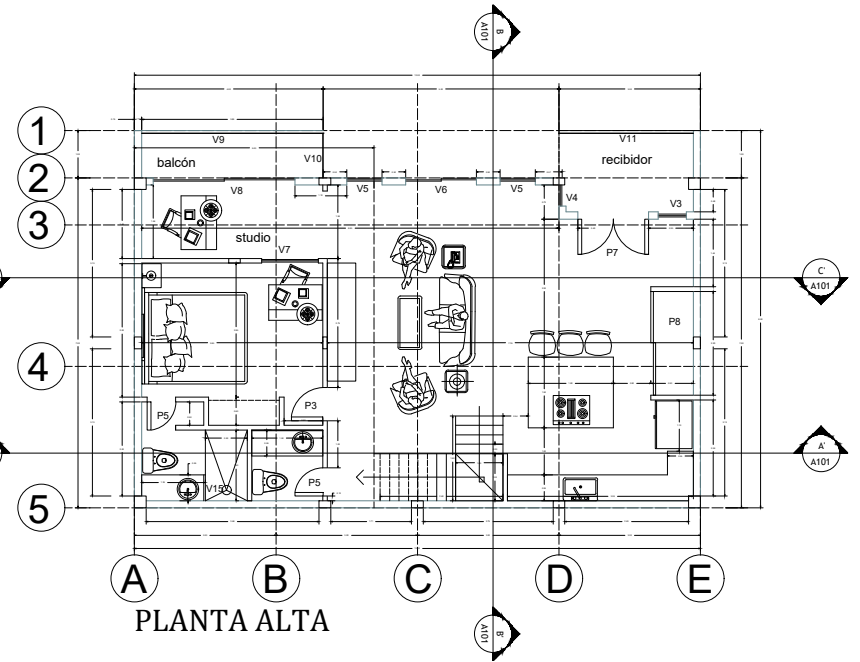
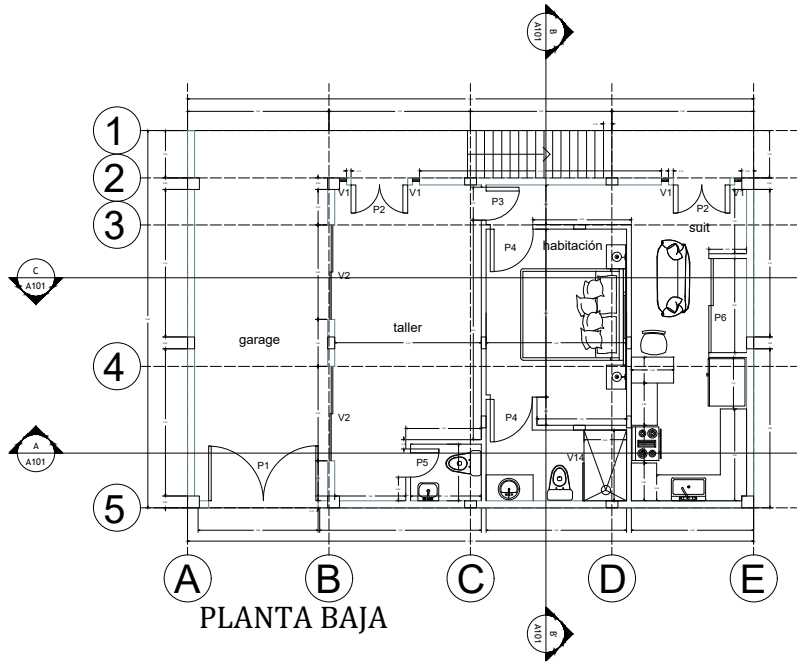
$$V_6 := \begin{cases} \text{if } R_{ctinf} \leq 1 \\ \quad \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases} = \text{“Cumple”}$$

## Comprobación final

```
if V1 = V2 = V3 = V4 = V5 = V6 = "Cumple" = "El muro cumple con el diseño"  
    "El muro cumple con el diseño"  
else  
    "El muro esta mal diseñado"
```

∴ El muro se diseñará con dimensiones de 3x3.03 m, empleando varillas de 1/2".





**Especificaciones Técnica**  
**1.- Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Riestras y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Bepantillo f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
**2.- Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
**3.- Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losa rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: Como se indica  
 Riestras rec: 2.5 cm  
**4.- Relleno:**  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: **Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO: **Diseño Arquitectónico Preliminar**

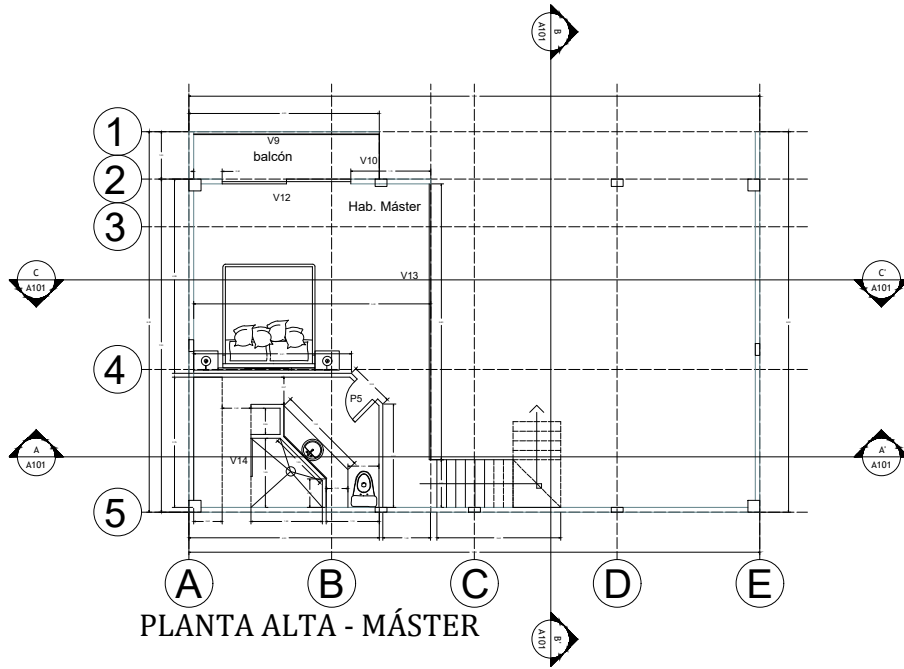
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Tatiana Ota Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Leonor García Troncoso	Integrantes: Gracia Tatiana Cordero Cedeno Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Leonor García Troncoso		Lámina: A101	Escala: Como se indica

TIPO	DESCRIPCIÓN DE LA PUERTA	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (m)
P1	Entrada al garage	1.16 c/u	3.00	0.05
P2	Puerta metálica doble - abatible	0.60 c/u	2.00	0.10
P3	Puerta de madera - abatible	0.70	2.00	0.08
P4	Puerta de madera - abatible	0.90	2.00	0.08
P5	Puerta de madera - abatible	0.60	2.00	0.08
P6	Puerta metálica doble - corrediza	1.00 c/u	2.00	0.05
P7	Entrada a PA	0.75 c/u	3.00	0.08
P8	Puerta metálica doble - corrediza	1.10 c/u	2.00	0.05

TIPO	DESCRIPCIÓN DE VENTANAS	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (mm)
V1	Ventana fija - no abatible	0.15	2.00	3.00
V2	Ventana Corrediza	1.00 c/u	1.00	3.00
V3	Ventana fija - no abatible	0.70	2.00	3.00
V4	Ventana fija - no abatible	0.45	2.00	3.00
V5	Ventana fija - no abatible	0.75	2.00	3.00
V6	Ventana Corrediza	0.75 c/u	2.00	3.00
V7	Ventana fija - no abatible	1.20	2.00	3.00
V8	Ventana Corrediza	1.50 c/u	2.00	3.00

TIPO	DESCRIPCIÓN DE VENTANAS	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (mm)
V9	Ventana de balcón fija- no abatible	3.85	0.80	3.00
V10	Ventana de balcón fija- no abatible	0.95	0.80	3.00
V11	Ventana de balcón fija- no abatible	2.85	0.80	3.00
V12	Ventana Corrediza	1.35 c/u	2.00	3.00
V13	Ventana de balcón fija- no abatible	5.80	0.80	3.00
V14	Ventana fija - no abatible	0.80	1.50	3.00
V15	Ventana fija - no abatible	0.55	1.00	3.00





CORTE A-A'

PLANTA ALTA - MÁSTER

**Especificaciones Técnica**  
**1.- Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Riostras y Zapatas Fc: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Replanteo Fc: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
**2.- Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
**3.- Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losa rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: Como se indica  
 Riostras rec: 2.5 cm  
**4.- Relleno:**  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

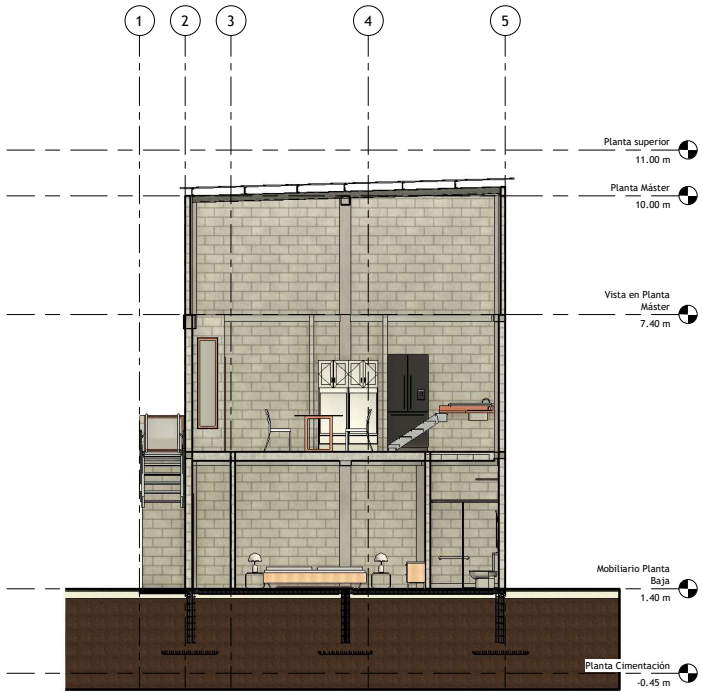
PROYECTO:  
**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:  
**Diseño Arquitectónico Preliminar**

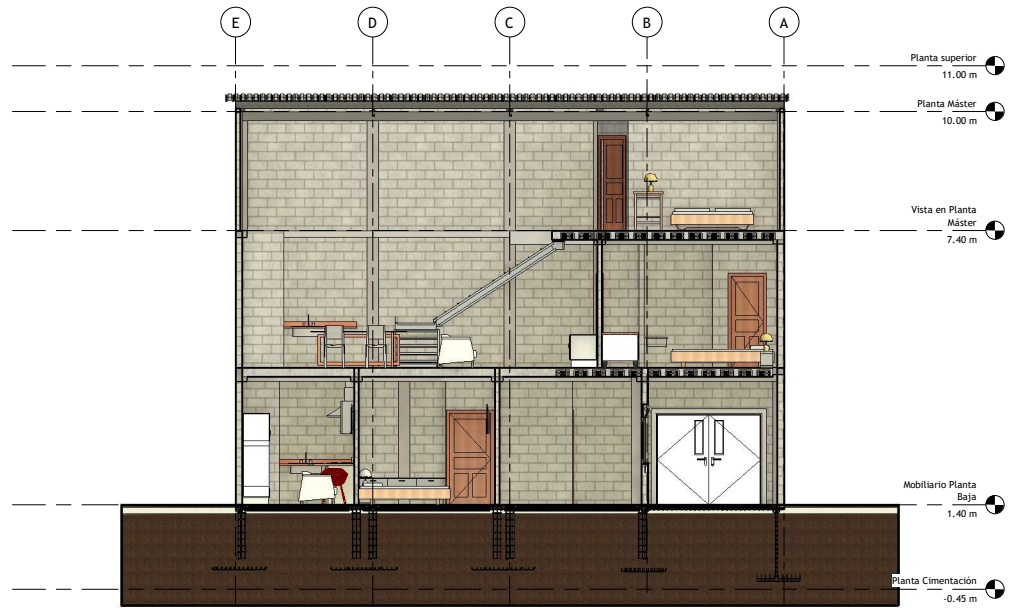
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Tatiana Ortiz Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Leonor Garcia Troncoso	<b>Integrantes:</b> Grace Tatiana Cordero Cedeno Ricardo Andres Saldaña Heras	<b>Fecha</b> 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Leonor Garcia Troncoso		Límina: A102	Escala: Como se indica

TIPO	DESCRIPCIÓN DE LA PUERTA	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (m)
P1	Entrada al garage Puerta metálica doble - abatible	1.16 c/u	3.00	0.05
P2	Entrada al taller PB Puerta metálica doble - abatible	0.60 c/u	2.00	0.10
P3	Puerta de madera - abatible	0.70	2.00	0.08
P4	Puerta de madera - abatible	0.90	2.00	0.08
P5	Puerta de madera - abatible	0.60	2.00	0.08
P6	Puerta metálica doble - corrediza	1.00 c/u	2.00	0.05
P7	Entrada a PA Puerta metálica doble - abatible	0.75 c/u	3.00	0.08
P8	Puerta metálica doble - corrediza	1.10 c/u	2.00	0.05

TIPO	DESCRIPCIÓN DE VENTANAS	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (mm)	TIPO	DESCRIPCIÓN DE VENTANAS	ANCHO (m)	ALTO (m)	ESPESOR (mm)
V1	Ventana fija - no abatible	0.15	2.00	3.00	V9	Ventana de balcón fija- no abatible	3.85	0.80	3.00
V2	Ventana Corrediza	1.00 c/u	1.00	3.00	V10	Ventana de balcón fija- no abatible	0.95	0.80	3.00
V3	Ventana fija - no abatible	0.70	2.00	3.00	V11	Ventana de balcón fija- no abatible	2.85	0.80	3.00
V4	Ventana fija - no abatible	0.45	2.00	3.00	V12	Ventana Corrediza	1.35 c/u	2.00	3.00
V5	Ventana fija - no abatible	0.75	2.00	3.00	V13	Ventana de balcón fija- no abatible	5.80	0.80	3.00
V6	Ventana Corrediza	0.75 c/u	2.00	3.00	V14	Ventana fija - no abatible	0.80	1.50	3.00
V7	Ventana fija - no abatible	1.20	2.00	3.00	V15	Ventana fija - no abatible	0.55	1.00	3.00
V8	Ventana Corrediza	1.50 c/u	2.00	3.00					



1 Corte B-B'  
1 : 50



2 Corte C-C'  
1 : 50

**Especificaciones Técnica**  
**1.- Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Rostroas y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Rejerillas f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
**2.- Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
**3.- Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losas rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: 5 cm  
 Rostroas rec: 2.5 cm  
**4.- Relleno:**  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:

**Cortes Fachadas Arquitectónicas**

Tutor de materia integradora:

MSc. Ingrid Tatiana Oña Zambrano

Tutores de conocimientos específicos:

Natividad Leonor García Trionoso

Integrantes:

Gracie Tatiana Cordero Cordero

Ricardo Andres Saldaña Heras

Fecha

01-08-24

Tutor del proyecto integrador:

Natividad Leonor García Trionoso

Integrantes:

Natividad Leonor García Trionoso

Integrantes:

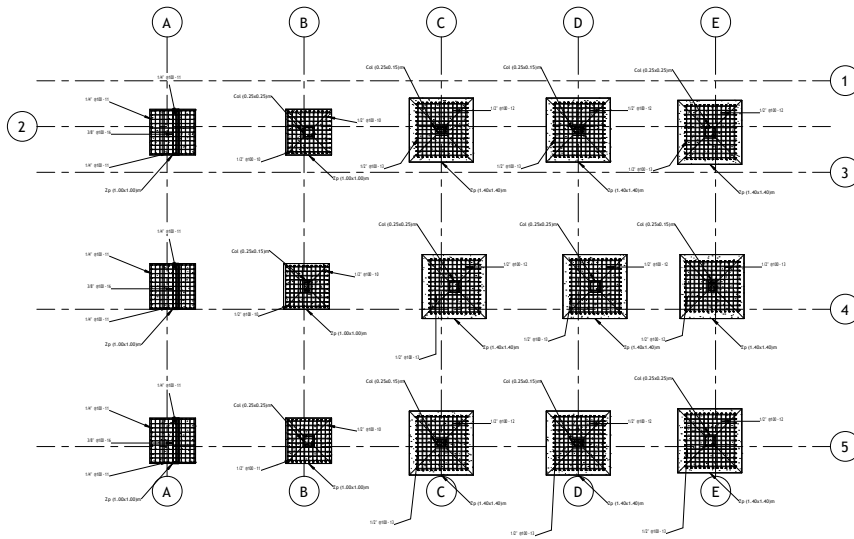
Ricardo Andres Saldaña Heras

Lámina:

A102

Escala:

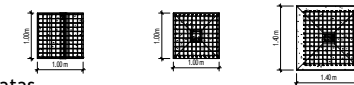
1 : 50



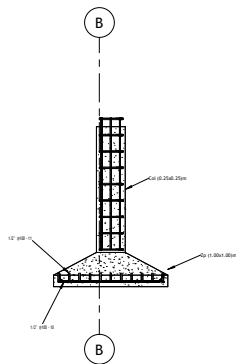
1 Planta Cimentación  
1 : 50



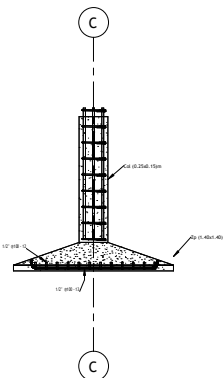
5 Zapatas Vista 3D



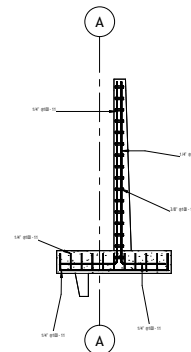
6 Zapatas  
1 : 50



2 Zapata 1A - Elevación  
1 : 20



3 Zapata 1B - Elevación  
1 : 20



4 Zapata 1C - Elevación  
1 : 20

**Especificaciones Técnica**  
**1- Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Rostras y Zapatas  $f_c$ : 210  $\text{kg/cm}^2$  y 280  $\text{kg/cm}^2$   
 Rejerillas  $f_c$ : 140  $\text{kg/cm}^2$   
**2- Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos  $f_y$ : 4200  $\text{kg/cm}^2$   
**3- Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losas rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: 5 cm  
 Rostras rec: 2.5 cm  
**4- Relleno:**  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

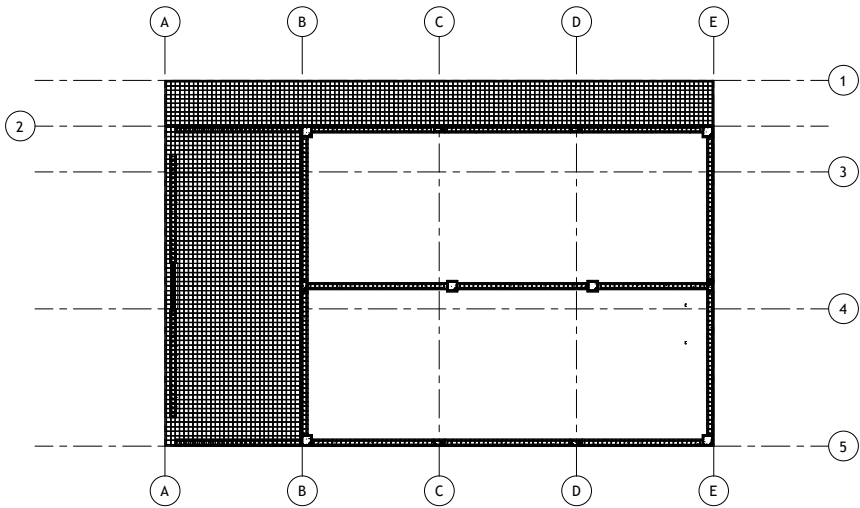
PROYECTO:

**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

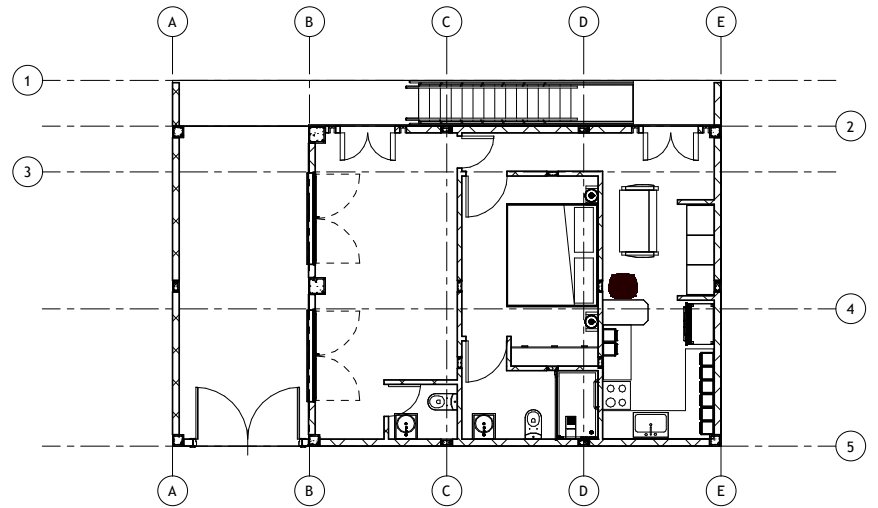
CONTENIDO:

**Cimentación**

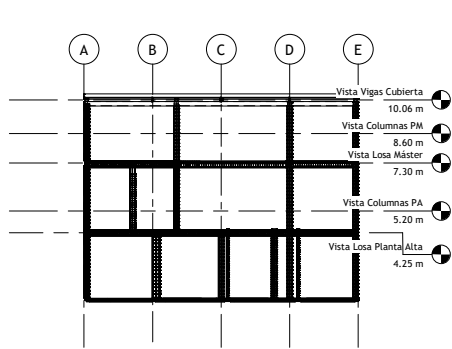
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Tatiana Orita Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Leonor García Troncoso	Integrantes: Gracie Tatiana Cordero Cordero Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Leonor García Troncoso	Lámina: A103	Escala: Como se indica	



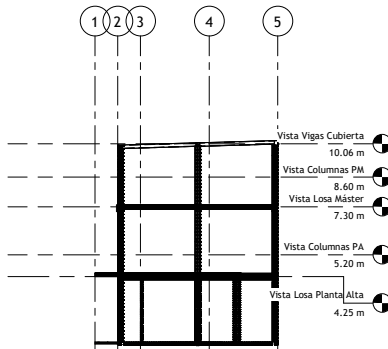
1 Vista en Planta Baja  
1 : 50



2 Mobiliario Planta Baja  
1 : 50



3 Sistema de Portico A1  
1 : 100



4 Sistema de Portico A2  
1 : 100



5 Vista 3D

- Especificaciones Técnica**
- 1.- **Concreto:**  
Vigas, Columnas, Losas, Rostras y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
Requerido f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>
  - 2.- **Acero de Refuerzo:**  
Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>
  - 3.- **Requerimientos:**  
Vigas y Columnas rec: 4 cm  
Losa rec: 2.5 cm  
Zapatas rec: 5 cm  
Rostras rec: 2.5 cm
  - 4.- **Relleno:**  
Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

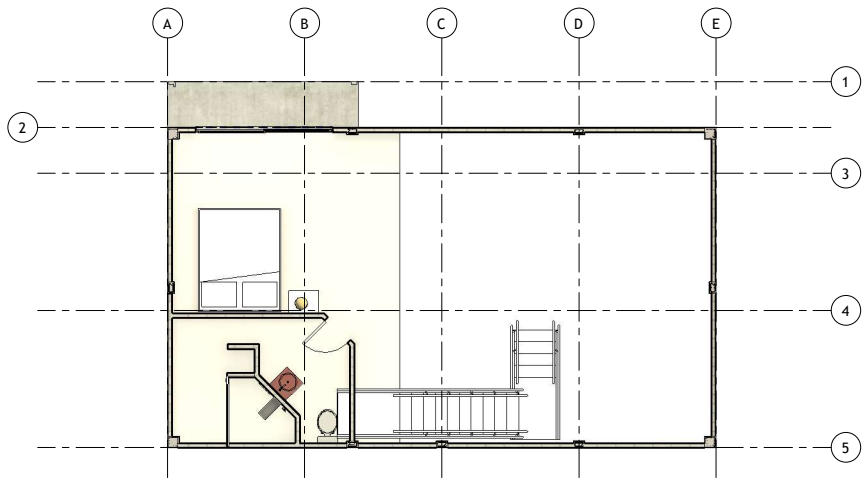
PROYECTO:

**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

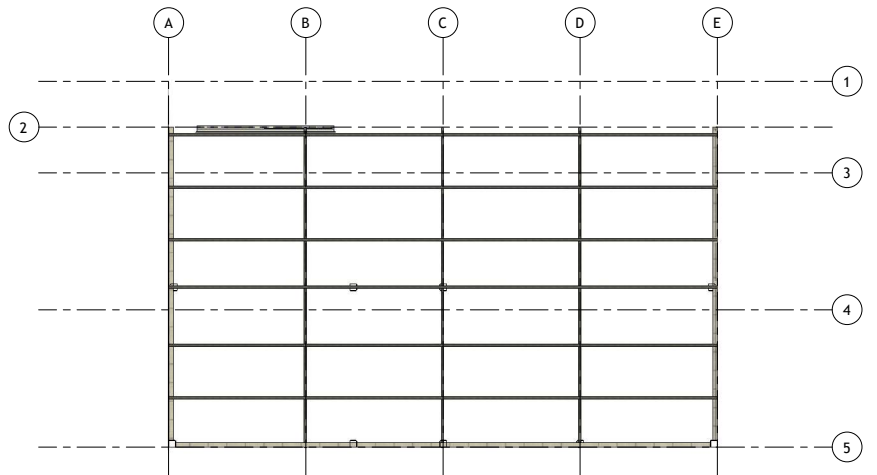
CONTENIDO:

**Vista en Planta**

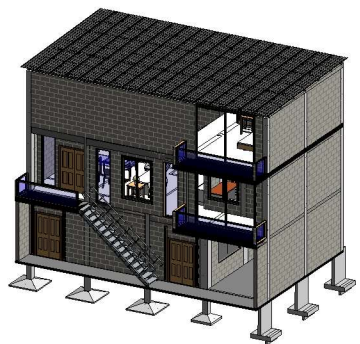
Tutor de materia integradora:	Tutores de conocimientos específicos:	Integrantes:	Fecha:
MSc. Ingrid Tatiana Orita Zambrano	Natividad Leonor Garcia Troncoso	Gracie Tatiana Cordero Cordero Ricardo Andres Saldaña Heras	01-08-24
Tutor del proyecto integrador:		Lámina:	Escala:
Natividad Leonor Garcia Troncoso		A104	Como se indica



1 Vista en Planta Máster  
1 : 50

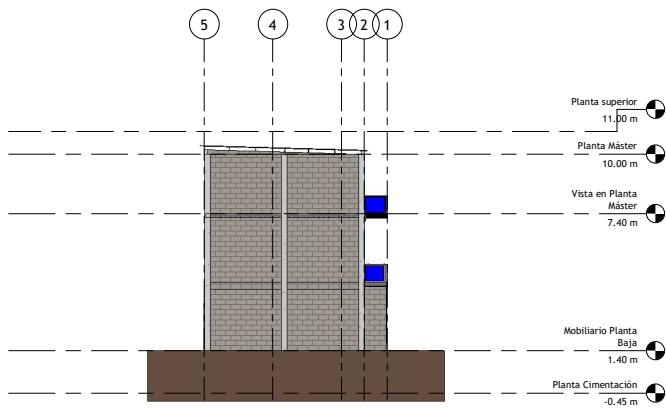


2 Vista en Planta Cubierta  
1 : 50

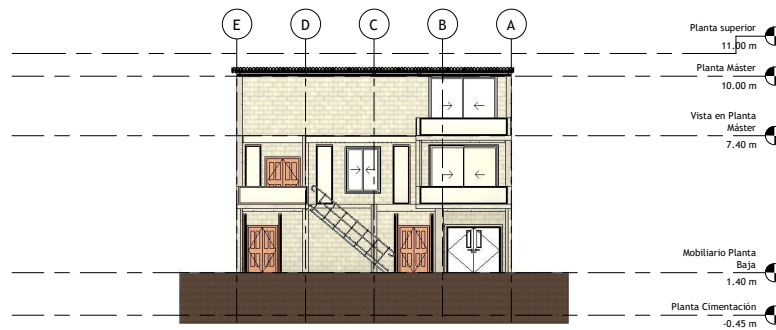


3 {3D}

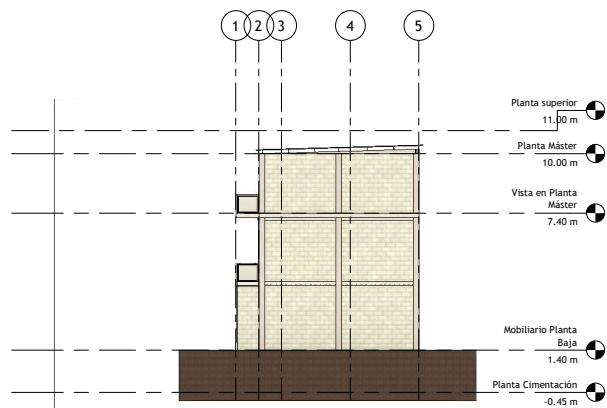
<b>Especificaciones Técnica</b> <b>1.- Concreto:</b> Vigas, Columnas, Losas, Rostras y Zapatas f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup> Rejerillas f'c: 140 kg/cm <sup>2</sup> <b>2.- Acero de Refuerzo:</b> Todos los elementos fy: 4200 kg/cm <sup>2</sup> <b>3.- Recubrimientos:</b> Vigas y Columnas rec: 4 cm Losas rec: 2.5 cm Zapatas rec: 5 cm Rostras rec: 3.5 cm <b>4.- Relleno:</b> Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno			
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena</b>			
CONTENIDO: <b>Plantas Arquitectónicas</b>			
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Tatiana Oña Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Leonor García Troncoso	Integrantes: Grace Tatiana Cordero Cordero Ricardo Andrés Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24 Lámina: A105 Escala: 1 : 50



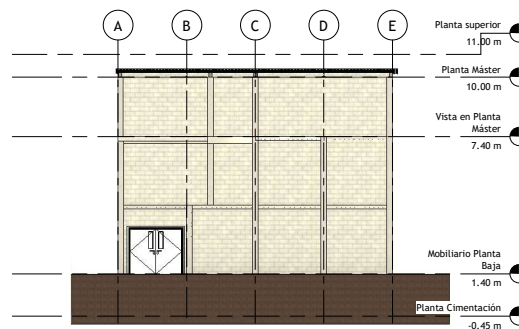
1 Vista Elevación Este  
1 : 100



2 Vista Elevación Norte  
1 : 100



3 Vista Elevación Oeste  
1 : 100



4 Vista Elevación Sur  
1 : 100

- Especificaciones Técnica**
- 1- **Concreto:**  
Vigas, Columnas, Losas, Rostras y Zapatas F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
Repartidos F'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>
  - 2- **Acero de Refuerzo:**  
Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>
  - 3- **Recubrimientos:**  
Vigas y Columnas rec: 4 cm  
Losas rec: 2.5 cm  
Zapatas rec: 5 cm  
Rostras rec: 3.5 cm
  - 4- **Relleno:**  
Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:

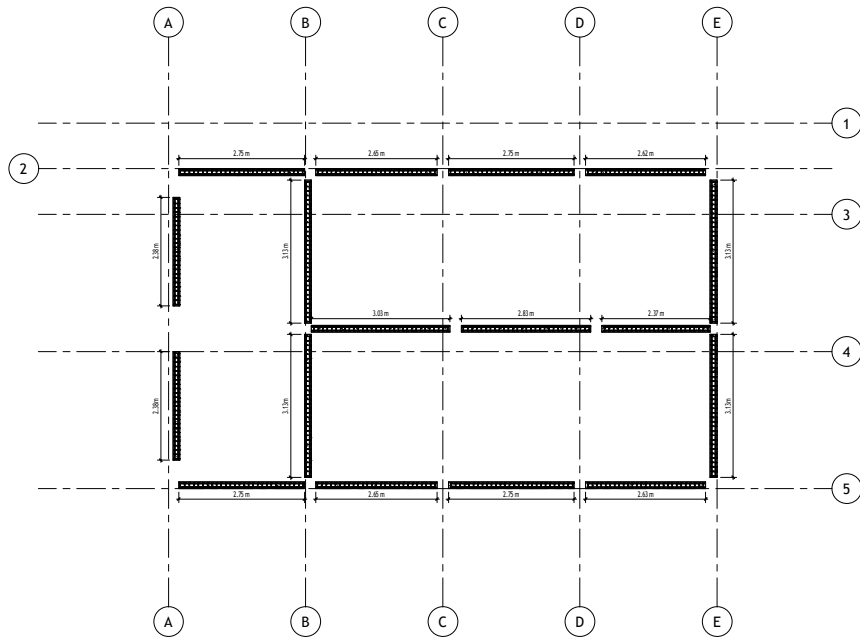
**Elevaciones Arquitectónicas**

Tutor de materia integradora:  
MSc. Ingrid Tatiana Oña Zambrano

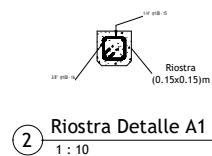
Tutores de conocimientos específicos:  
Natividad Leonor García Trionoso

**Integrantes:**  
Gracie Tatiana Cordero Cordero  
Ricardo Andrés Saldaña Heras

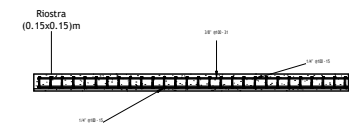
**Fecha:**  
01-08-24  
**Lámina:**  
A108  
**Escala:**  
1 : 100



1 Vista en Planta Riostras  
1 : 50

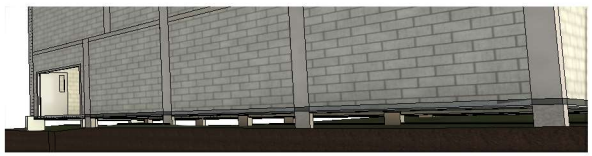


2 Riostra Detalle A1  
1 : 10



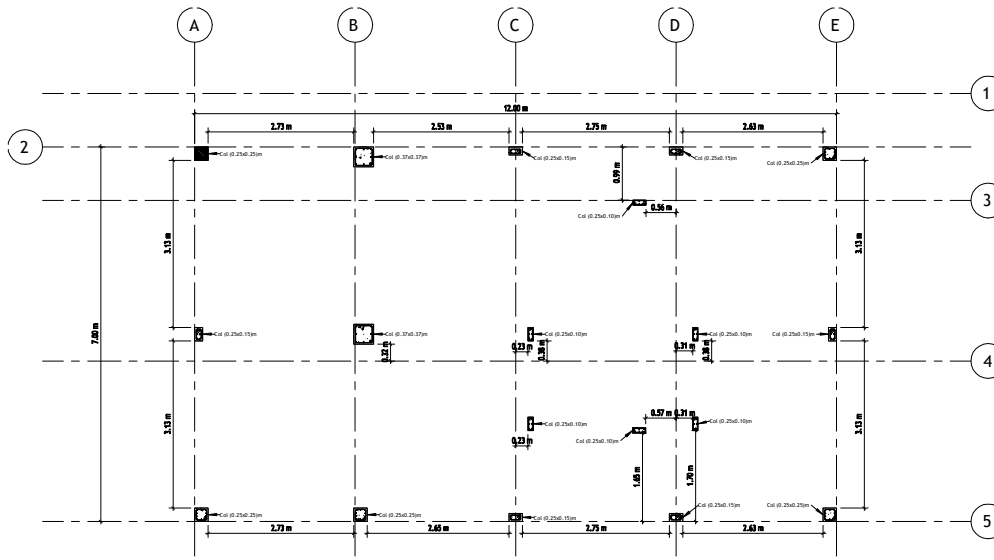
3 Riostra Detalle A2  
1 : 20

4 Riostras 3D

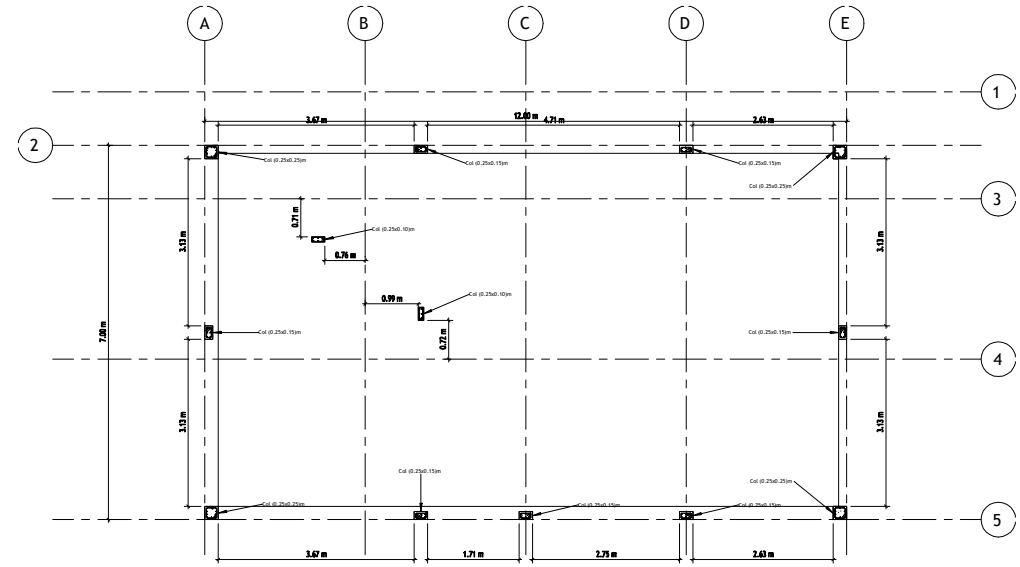


5 Riostra Vista Modelado 3D

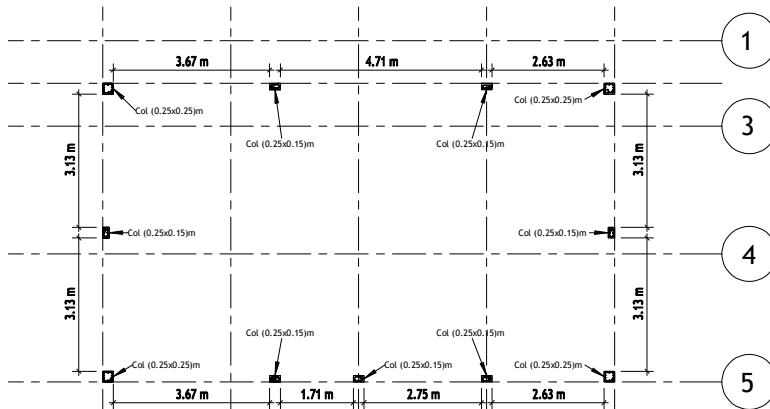
<b>Especificaciones Técnica</b> 1.- <b>Concreto:</b> Vigas, Columnas, Losas, Riostras y Zapatas f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup> Rejerillas f'c: 140 kg/cm <sup>2</sup> 2.- <b>Acero de Refuerzo:</b> Todos los elementos fy: 4200 kg/cm <sup>2</sup> 3.- <b>Requerimientos:</b> Vigas y Columnas rec: 4 cm Losas rec: 2.5 cm Zapatas rec: 5 cm Riostras rec: 2.5 cm 4.- <b>Relleno:</b> Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno			
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena</b>			
CONTENIDO: <b>Riostras</b>			
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Tatiana Oña Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Leonor Garcia Troncoso	Integrantes: Grace Tatiana Cordero Caldero Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24 Lámina: A107 Escala: As Indefinida



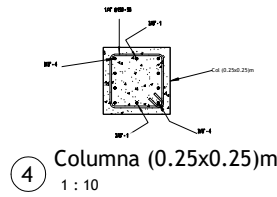
1 Vista Columnas PB  
1 : 50



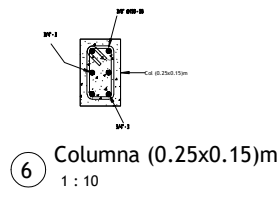
2 Vista Columnas PA  
1 : 50



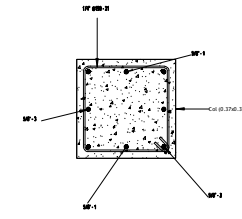
3 Vista Columnas PM  
1 : 100



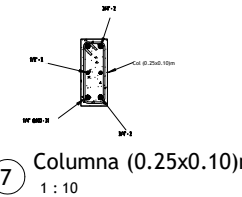
4 Columna (0.25x0.25)m  
1 : 10



6 Columna (0.25x0.15)m  
1 : 10



5 Columna (0.37x0.37)m  
1 : 10



7 Columna (0.25x0.10)m  
1 : 10

**Especificaciones Técnica**  
 1- **Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Rlostras y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Replantiillo f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
 2- **Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
 3- **Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losa rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: 5 cm  
 Rlostras rec: 2.5 cm  
 4- **Relieno:**  
 Se considera una capa de relieno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

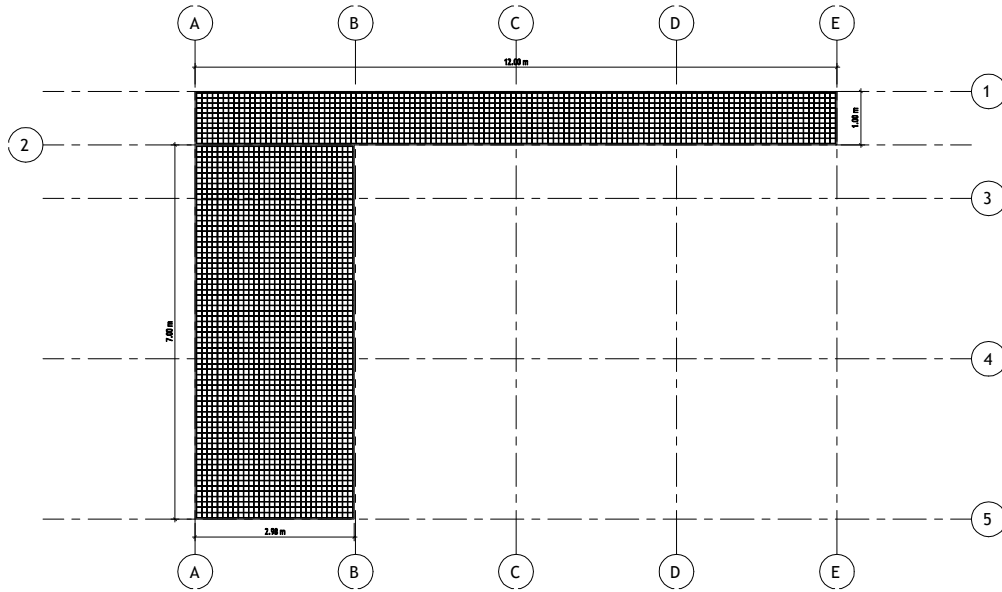
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

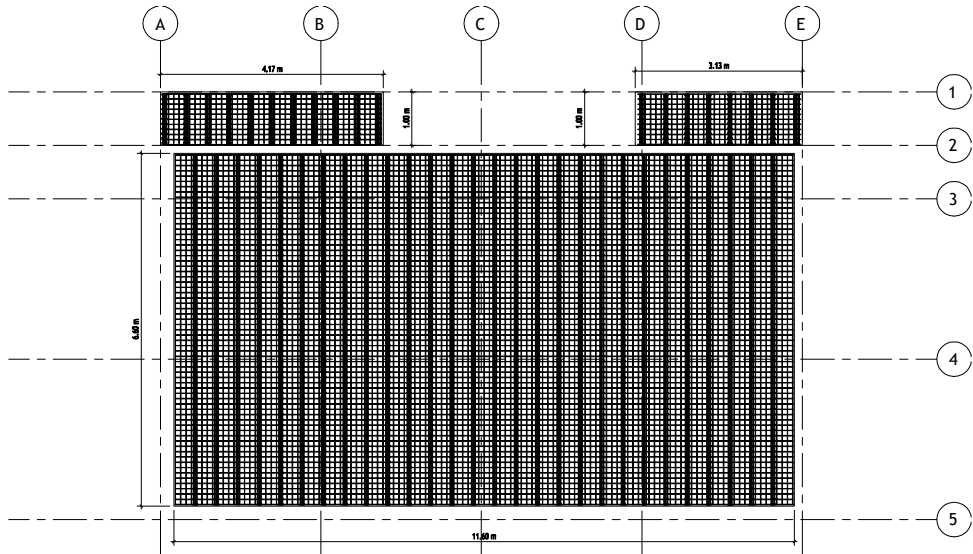
CONTENIDO:  
**Columnas**

Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Ota Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Garcia Troncoso	Integrantes: Graciela Tatiana Cordero Cacerero Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Garcia Troncoso		Lámina: A108	Escala: Como se indica

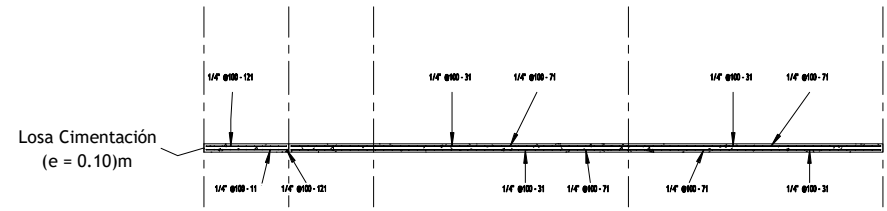




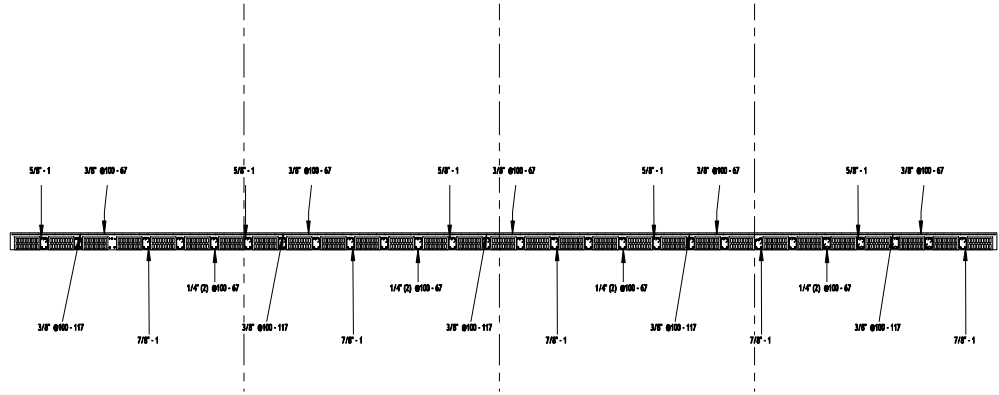
1 Vista Losa de Cimentación  
1 : 50



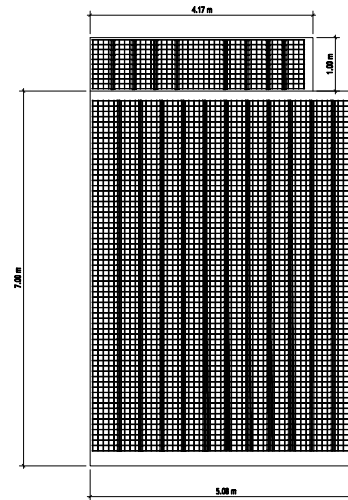
4 Vista Losa Planta Alta  
1 : 50



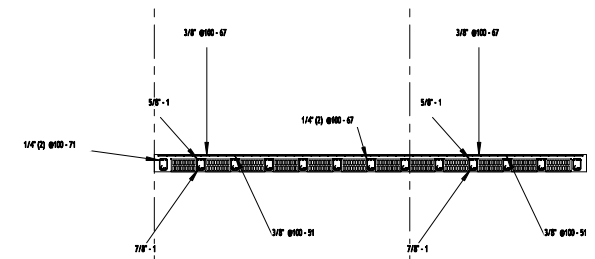
2 Losa de Cimentación  
1 : 50



3 Losa Corte A  
1 : 50



5 Vista Losa Máster  
1 : 50



6 Losa Corte B  
1 : 50

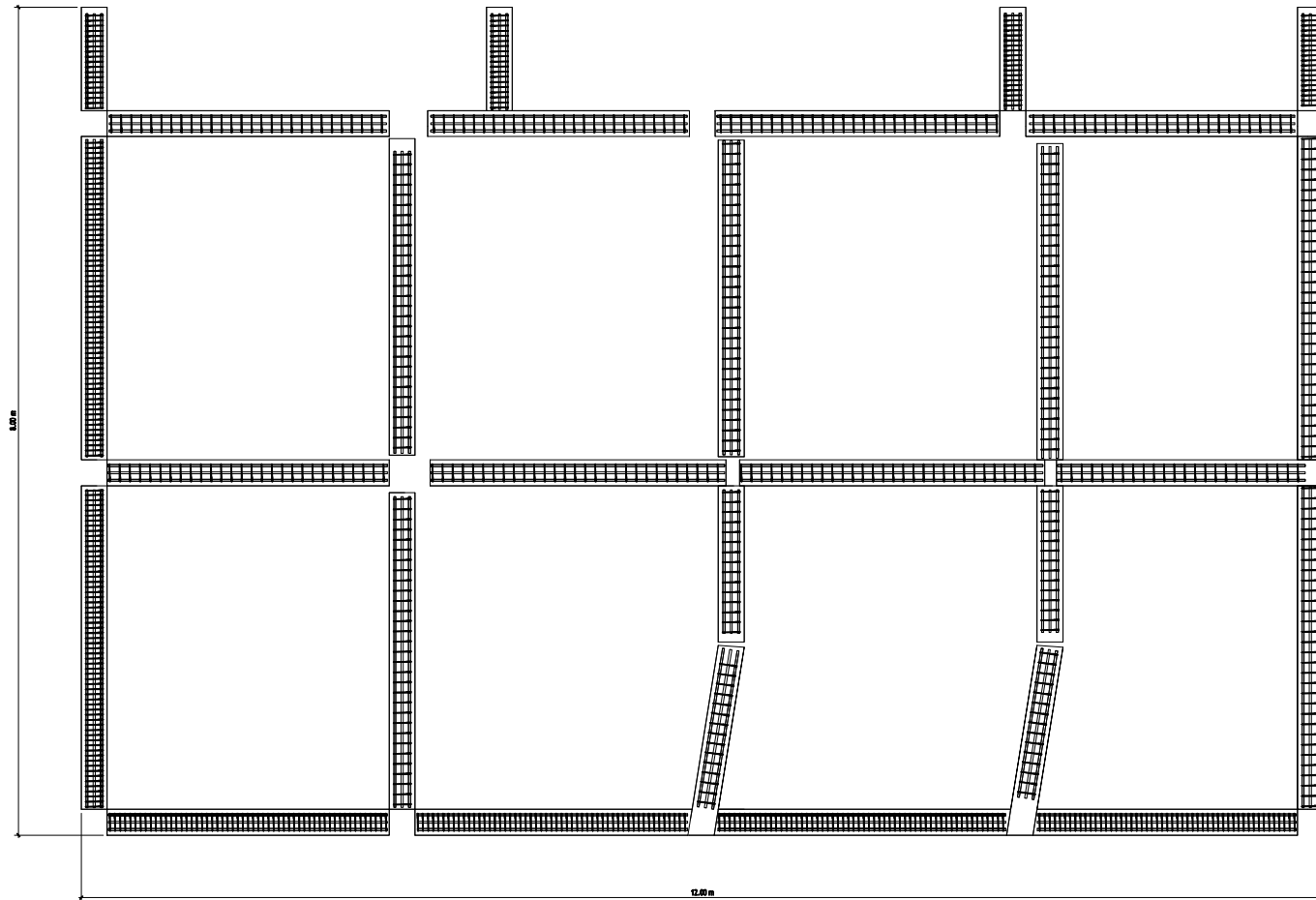
**Especificaciones Técnica**  
 1.- Concreto:  
 Vigas, Columnas, Losas, Riostros y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Replantiillo f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
 2.- Acero de Refuerzo:  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
 3.- Recubrimientos:  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losa rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: 5 cm  
 Riostros rec: 2.5 cm  
 4.- Relleno:  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

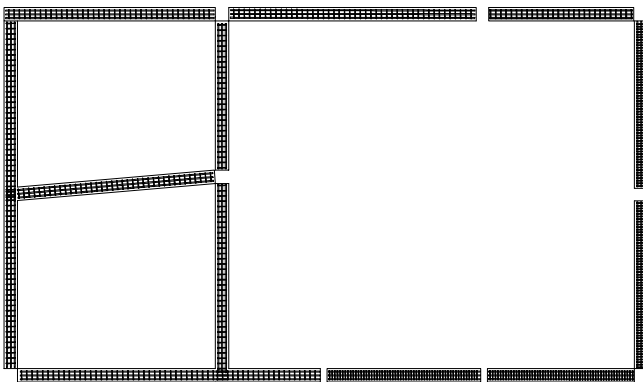
PROYECTO:  
**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:  
**Losas**

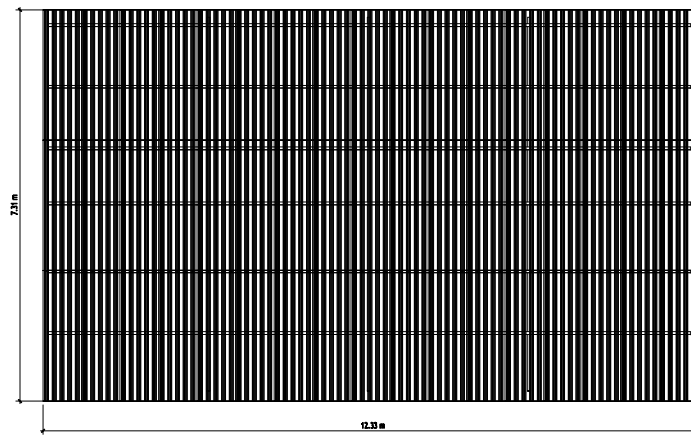
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Ota Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Garcia Troncoso	Integrantes: Graciela Tatiana Cordero Cedeno Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Garcia Troncoso		Lámina: A109	Escala: 1 : 50



1 Vista Vigas PA  
1 : 25

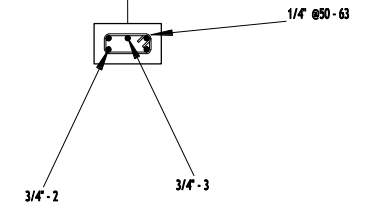


2 Vista Vigas Máster  
1 : 50

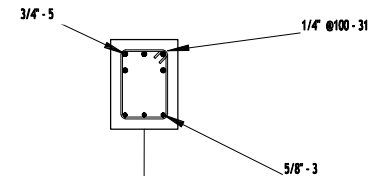


3 Vista Vigas Cubierta  
1 : 50

(0.25x0.30)m



4 Viga Tipo #1  
1 : 25



Viga  
(0.25x0.30)m

5 Viga Tipo #2  
1 : 25

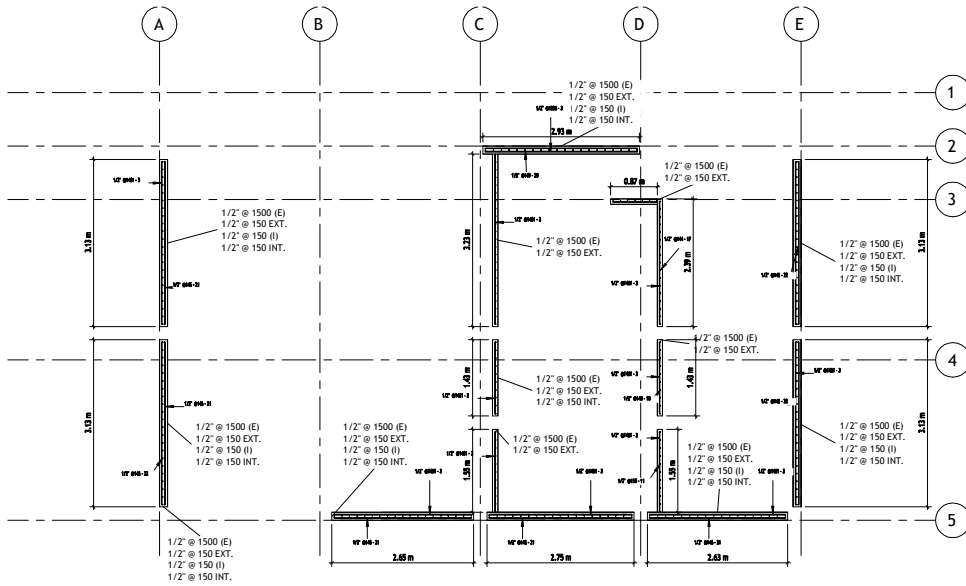
**Especificaciones Técnica**  
 1.- **Concreto:**  
 Vigas, Columnas, Losas, Rlostras y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 Replanteillo f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
 2.- **Acero de Refuerzo:**  
 Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
 3.- **Recubrimientos:**  
 Vigas y Columnas rec: 4 cm  
 Losa rec: 2.5 cm  
 Zapatas rec: 5 cm  
 Rlostras rec: 2.5 cm  
 4.- **Relleño:**  
 Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

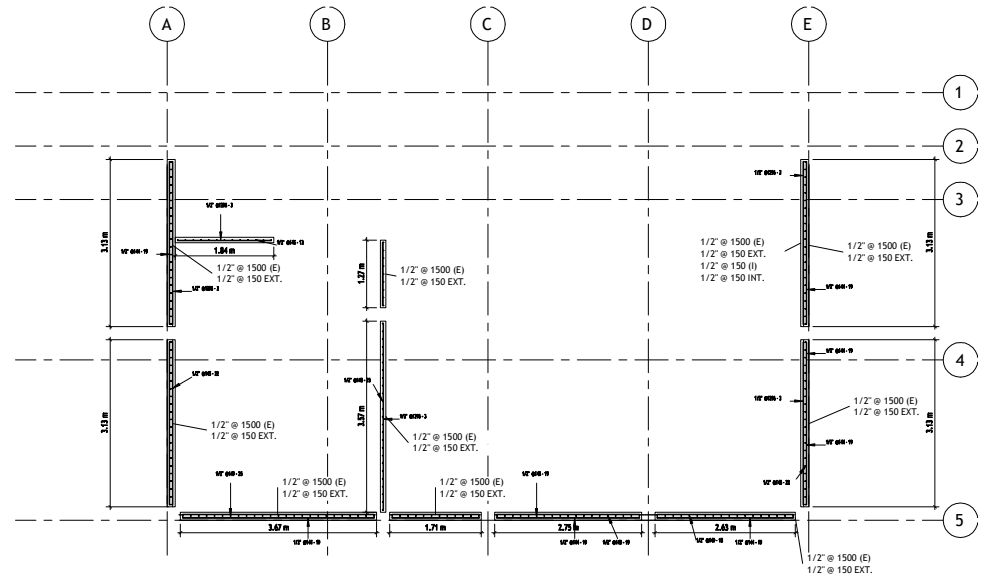
PROYECTO:  
**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:  
**Vigas**

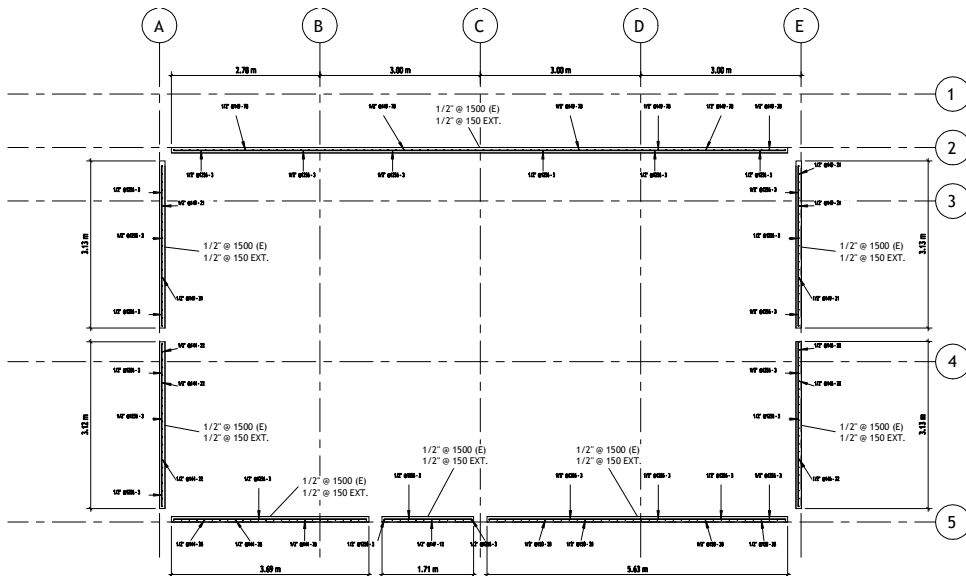
Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Ota Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad Garcia Troncoso	Integrantes: Gracie Tatiana Cordero Cedeno Ricardo Andres Saldaña Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad Garcia Troncoso		Lámina: A110	Escala: Como se indica



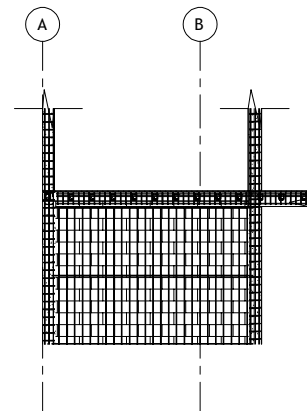
1 Vista Muros PB  
1 : 50



2 Vista Muros PA  
1 : 50



3 Vista Muros PM  
1 : 50



4 Vista Conexión de Muros y Columnas  
1 : 50

- Especificaciones Técnica**
- 1- **Concreto:**  
Vigas, Columnas, Losas, Riostros y Zapatas f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>  
Replanteo f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>
  - 2- **Acero de Refuerzo:**  
Todos los elementos fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>
  - 3- **Recubrimientos:**  
Vigas y Columnas rec: 4 cm  
Losas rec: 2.5 cm  
Zapatas rec: 5 cm  
Riostros rec: 2.5 cm
  - 4- **Relleño:**  
Se considera una capa de relleno con mejoramiento de 0.80 m para nivelar el terreno

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles en Santa Elena**

CONTENIDO:  
**Muros**

Tutor de materia integradora: MSc. Ingrid Ota Zambrano	Tutores de conocimientos específicos: Natividad García Troncoso	Integrantes: Graciela Tatiana Cordero Cedeno Ricardo Andres Saldana Heras	Fecha: 01-08-24
Tutor del proyecto integrador: Natividad García Troncoso		Lámina: A111	Escala: 1 : 50

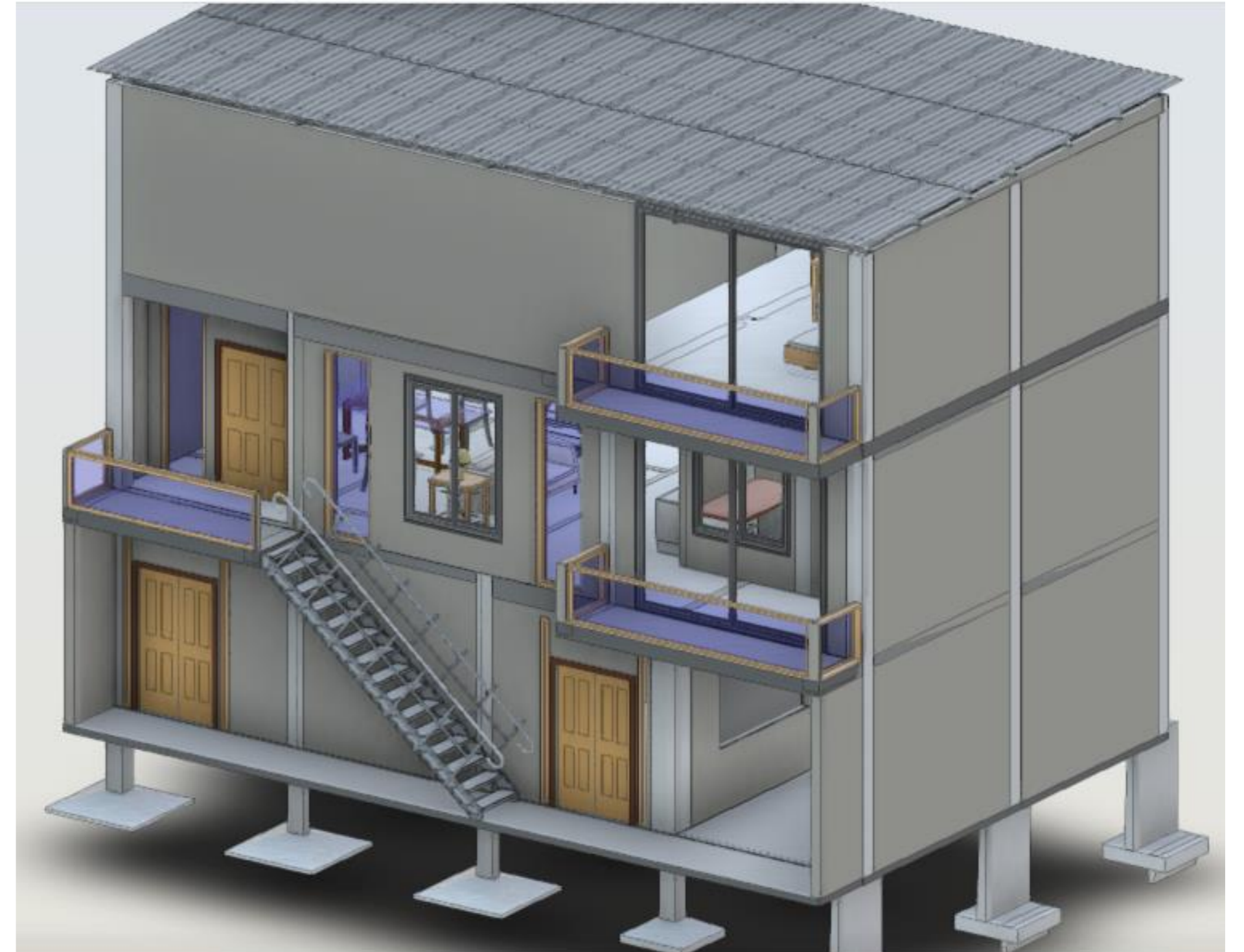
# Diseño de vivienda unifamiliar de dos niveles con sistema aporticado y de confinamiento aplicando elementos finitos en Santa Elena

## PROBLEMA

La construcción en un ambiente marino puede tener un impacto corrosivo en los materiales de construcción, lo que podría comprometer la resistencia y durabilidad de la estructura con el tiempo, por estos motivos es esencial que se garantice su seguridad contra eventos sísmicos.

## OBJETIVO GENERAL

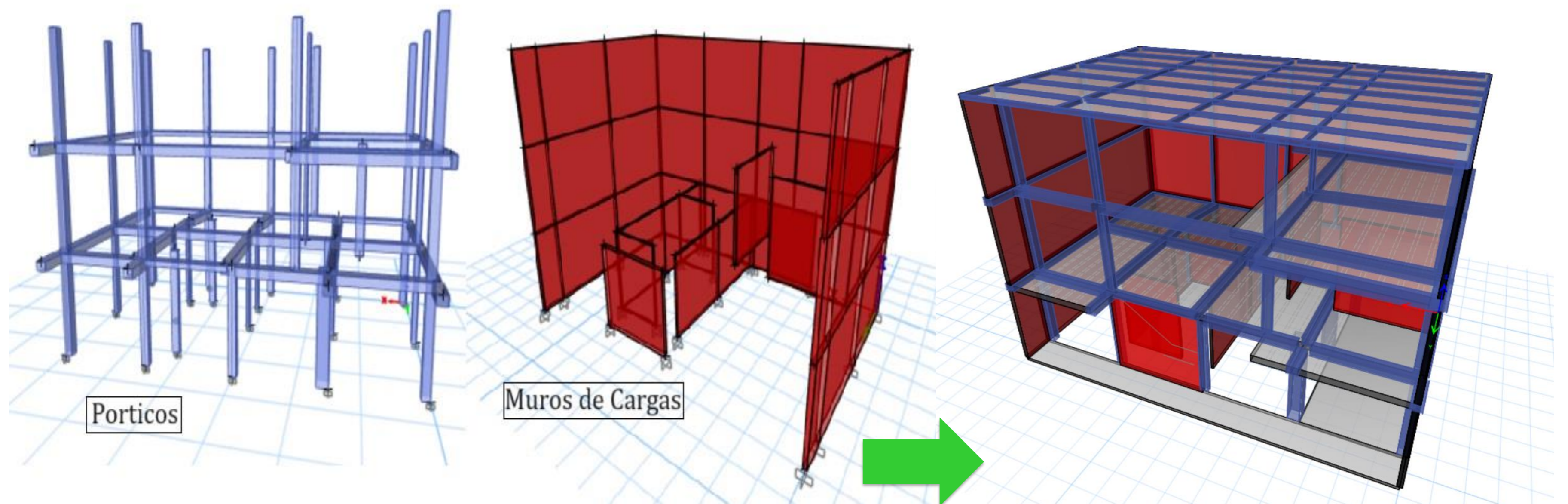
Aplicar el análisis de elementos finitos para el diseño de una vivienda con pórticos y muros de confinamiento, reduciendo los efectos del ambiente costero, y garantizando la estabilidad y durabilidad de la estructura en condiciones adversas.



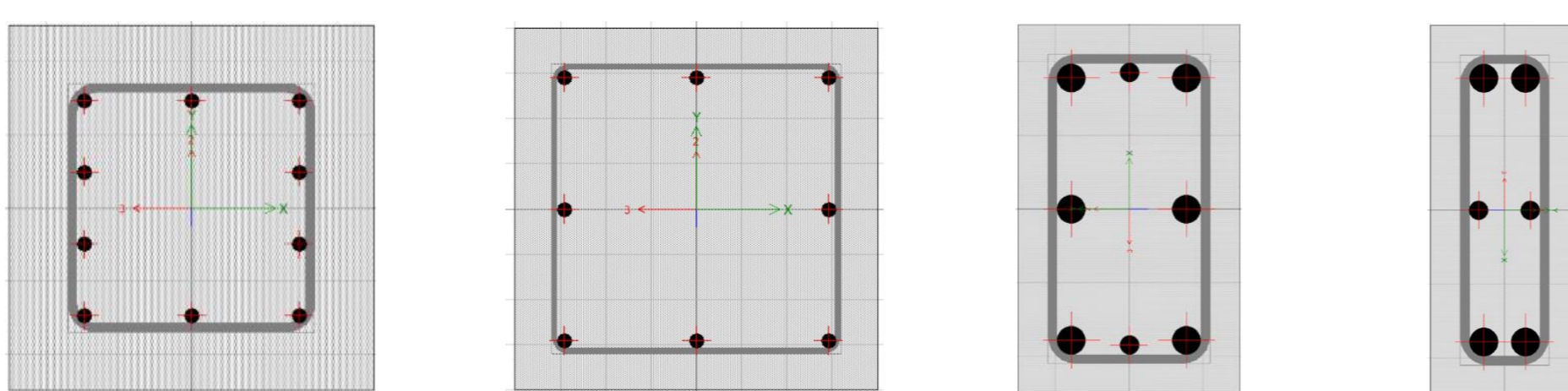
## PROPUESTA

El sistema estructural combinado se usa para resistir fuerzas laterales y en zonas sísmicas por su eficacia, distribuyendo las cargas en elementos de HA, reduciendo desplazamientos y deformaciones durante terremotos para mejorar la seguridad y habitabilidad de los edificios.

## METODOLOGÍA



## RESULTADOS



- Los resultados mostraron que las columnas pueden soportar fuerzas axiales que oscilan entre -18,050 kgf y 6,687 kgf, y resisten momentos flectores y cortantes, **garantizando una respuesta efectiva tanto ante cargas estáticas como dinámicas.**



## CONCLUSIONES

- El análisis de Método de Elementos Finitos (FEM) permitió una simulación precisa del comportamiento del hormigón armado bajo diversas condiciones de carga, optimizando el diseño de los elementos ya que, **la integración de pórticos y muros de carga mejora significativamente la distribución de cargas** y la capacidad estructural para enfrentar fuerzas sísmicas.



- Este sistema brinda una **mayor resistencia** ante eventos sísmicos.
- El sistema aplicado permitió "flexibilizar" el diseño arquitectónico, dando un **equilibrio entre funcionalidad y seguridad.**
- El costo de la estructura representa el **58%** del presupuesto total.