

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas
deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil”

INGE-2868

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Civil

Presentado por:

Patsy Alina Villacrés Orovio

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios, por darme fortaleza y sabiduría para superar cada desafío en este camino académico.

A mi abuelita, Anselmila Castillo Quiñónez por ser mi luz y guía espiritual desde el cielo.

A mi madre, Josefina Orovio Castillo y mi padre, Rolfy Villacrés Cuero por su amor infinito y apoyo constante que han sido la base de mi formación personal y profesional.

A mi hijo, Mathías Vargas Villacrés, razón de mi esfuerzo, mi mayor inspiración y motivación para alcanzar este sueño.

Patsy Alina Villacrés Orovio

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor PhD. Eduardo Santos Baquerizo, por su entrega y disposición para asumir este desafío y ayudarme a cumplir esta meta; por ser más que un docente, una guía incondicional en la elaboración de este trabajo.

De manera especial, extendiendo mi gratitud y reconocimiento a PhD. Miguel Ángel Chávez, MSc. Kenny Escobar, MSc. Walter Hurtares, Ing. Julio García, por su gran aporte y orientación durante mi vida estudiantil.

A mis seres queridos y amigos que siempre creyeron en mí, me brindaron palabras de aliento y me acompañaron en este camino.

Patsy Alina Villacrés Orovio

Declaración Expresa

Yo Patsy Alina Villacrés Orovio acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o 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 del autor o 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 mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor 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, 9 de septiembre del 2025.

Patsy Alina Villacrés Orovio

Evaluadores

MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano

Profesor de Materia

PhD. Eduardo Alberto Santos Baquerizo

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto se enfoca en rehabilitar el tercer piso con columnas deterioradas de la edificación en la Coop. Luis Vargas Torres, sur de Guayaquil; donde se presentan daños estructurales originados por construcción informal, falta de supervisión profesional, uso de materiales inadecuados y exposición ambiental debido a su obra inconclusa. Estas condiciones han comprometido la durabilidad, estabilidad y seguridad de la vivienda siendo necesario implementar un proceso técnico que garantice la funcionalidad de la estructura y la protección de sus habitantes. Se realizaron ensayos en sitio y laboratorio para evaluar el estado de los materiales en las columnas. Como solución, se seleccionó el reforzamiento mediante encamisado de hormigón armado, se desarrolló el modelo tridimensional con la ayuda del software de análisis estructural ETABS, donde se aumentó secciones y varillas según lo requerido. Se verificó el diseño estructural a través de derivas, flexo-compresión y corte según la normativa nacional NEC 2015 e internacional ACI 318-14 obteniéndose un desempeño óptimo, comprobándose que la rehabilitación cumple con los criterios de seguridad estructural y sísmica. Se determinó que el costo unitario por columna reforzada es \$587,17 ofreciendo una solución económica y sostenible en comparación con la demolición y reconstrucción, optimizando recursos y minimizando el impacto ambiental.

Palabras Clave: ensayos, reforzamiento de columnas, encamisado de hormigón armado, modelado estructural.

Abstract

The present project focuses on the rehabilitation of the third floor with deteriorated columns of a building located in the Coop. Luis Vargas Torres, southern Guayaquil. The damage was caused by informal construction, lack of professional supervision, use of inadequate materials, and environmental exposure due to the unfinished structure. These conditions have compromised the durability, stability, and safety of the building, making technical intervention necessary to restore its function and protect its occupants. On-site and laboratory tests were carried out to evaluate the condition of the column materials. As a solution, reinforced concrete jacketing was selected for strengthening, a three-dimensional structural model was developed using ETABS software, where cross-sectional dimensions and reinforcement bars were increased as required. The structural design was verified through drift, flexural-compression, and shear checks in accordance with the Ecuadorian Code NEC 2015 and the international ACI 318-14 standard, achieving optimal performance, confirming that the rehabilitation meets structural and seismic safety criteria. The unit cost per strengthened column was estimated at USD 587,17 offering an economical and sustainable solution compared to demolition and reconstruction, optimizing resources and reducing environmental impact.

Keywords: *test, column strengthening, reinforced concrete jacketing, structural modeling.*

Índice general

Resumen.....	I
Abstract	II
Índice general.....	III
Abreviaturas	VII
Simbología	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	XIV
Índice de planos	XV
Capítulo 1.....	1
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
Capítulo 2.....	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1 Revisión de literatura	6
2.1.1 Hormigón armado.....	6
2.1.2 Rehabilitación estructural	6
2.1.3 Planos de rehabilitación estructural	8
2.1.4 Ensayo de esclerometría	9

2.1.5	<i>Ensayo de pachometría</i>	10
2.1.6	<i>Ensayo de extracción de núcleo de hormigón</i>	10
2.1.7	<i>Ensayo de carbonatación del hormigón</i>	11
2.1.8	<i>Prueba de resistencia a la compresión del concreto</i>	13
2.2	Área de estudio.....	14
2.3	Trabajo de campo y laboratorio	17
2.3.1	<i>Inspección preliminar</i>	17
2.3.2	<i>Levantamiento arquitectónico</i>	22
2.3.3	<i>Ensayo de esclerometría</i>	23
2.3.4	<i>Ensayo de pachometría</i>	25
2.3.5	<i>Ensayo de extracción del núcleo de hormigón</i>	26
2.3.6	<i>Prueba de resistencia a la compresión del concreto</i>	27
2.3.7	<i>Carbonatación</i>	28
2.4	Análisis de datos.....	29
2.4.1	<i>Levantamiento arquitectónico</i>	29
2.4.2	<i>Ensayos in situ</i>	33
2.4.3	<i>Ensayos de laboratorio</i>	38
2.4.4	<i>Análisis de resultados</i>	40
2.5	Análisis de alternativas.....	41
2.5.2	<i>Criterios de análisis</i>	43
2.5.3	<i>Selección de mejor alternativa</i>	47
Capítulo 3		48
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	49
3.1	Análisis y estudios preliminares.....	49
3.1.1	<i>Análisis estructural de la condición actual de la vivienda</i>	49

3.1.2	<i>Diseño Estructural de la situación actual de la edificación.....</i>	82
3.2	Diseño definitivo	88
3.2.1	<i>Reforzamiento de columnas</i>	88
3.2.2	<i>Diseño Estructural del reforzamiento.....</i>	98
Capítulo 4.....		108
4.	Estudio del impacto ambiental.....	109
4.1	Descripción del proyecto.....	109
4.2	Línea base ambiental.....	110
4.2.1	<i>Medio físico – ambiental.....</i>	111
4.2.2	<i>Medio Físico Biótico.....</i>	114
4.2.3	<i>Medio Físico Humano.....</i>	115
4.2.4	<i>Factor Socioeconómico</i>	116
4.3	Actividades Del Proyecto.....	118
4.4	Identificación de impactos ambientales	120
4.5	Valoración De Impactos Ambientales.....	126
4.6	Medidas de prevención / mitigación	128
Capítulo 5.....		131
5.	PRESUPUESTO	132
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	132
5.2	Especificaciones técnicas	134
5.3	Rubros y análisis de precios unitarios	154
5.4	Cantidades de obra	169
5.5	Costo del proyecto.....	178
5.6	Cronograma de obra.....	178
Capítulo 6.....		180

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
6.1	Conclusiones	181
6.2	Recomendaciones.....	182
	Referencias.....	183
	Planos y anexos.....	191

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ACI	American Concrete Institute
ACI 318-14	Building Code Requirements for Structural Concrete
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NEC-SE-CG	Cargas (No Sísmicas)
NEC-SE-DS	Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente
NEC-SE-HM	Estructuras de Hormigón Armado
EIA	Estudio Impacto Ambiental
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental

Simbología

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
kg	Kilogramo
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
u	Unidad
f _c	Resistencia a la compresión del hormigón
f _y	Resistencia a la fluencia del acero

Índice de figuras

Figura 2.1 Mapa de ubicación de la edificación.....	15
Figura 2.2 Ubicación específica del proyecto.....	16
Figura 2.3 Vista lateral izquierda del tercer piso de la vivienda.....	17
Figura 2.4 Vista lateral derecha del tercer piso de la edificación.....	18
Figura 2.5 Columnas deterioradas del tercer piso de la vivienda.....	18
Figura 2.6 Toma de medidas con distanciómetro.....	22
Figura 2.7 Medición con flexómetro.....	23
Figura 2.8 Esclerómetro utilizado en los ensayos de este proyecto.....	24
Figura 2.9 Toma de datos de esclerómetro.....	24
Figura 2.10 Localización de varillas verticales.....	25
Figura 2.11 Búsqueda de estribos.....	25
Figura 2.12 Extracción del núcleo de hormigón.....	26
Figura 2.13 Vista del ensayo aplicado a columna.....	26
Figura 2.14 Penetración de broca diamantada en columna.....	27
Figura 2.15 Vista panorámica del ensayo.....	27
Figura 2.16 Prensa hidráulica aplicando carga axial en núcleo de hormigón.....	28
Figura 2.17 Núcleo de hormigón con fenolftaleína aplicada.....	28
Figura 3.1 Cargas según ocupación o uso de la estructura.....	50
Figura 3.2 Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.....	52
Figura 3.3 Valores del factor Z en función de la zona sísmica.....	52

Figura 3.4 Valores de F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.....	53
Figura 3.5 Valores de F_d : Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.....	53
Figura 3.6 Valores de F_s : Comportamiento no lineal de los suelos.....	54
Figura 3.7 Valores de Coeficiente η : Relación de amplificación espectral.....	54
Figura 3.8 Valores de Factor r	54
Figura 3.9 Valores de coeficiente I : Factor de importancia.....	56
Figura 3.10 Clasificación del valor de R para sistemas estructurales dúctiles.....	57
Figura 3.11 Clasificación del factor R para sistemas de ductilidad reducida.....	58
Figura 3.12 Detalle de construcción del espectro inelástico.....	59
Figura 3.13 Espectro sísmico de diseño para diferentes valores de R	60
Figura 3.14 Espectro sísmico de diseño de la situación actual de la vivienda.....	60
Figura 3.15 Distancia entre ejes.....	61
Figura 3.16 Altura de entrepisos.....	62
Figura 3.17 Material Properties.....	63
Figura 3.18 Section Properties.....	64
Figura 3.19 Definición de la sección.....	65
Figura 3.20 Factores de modificación.....	65
Figura 3.21 Diagrama de interacción de la sección.....	66
Figura 3.22 Diafragmas.....	67
Figura 3.23 Casos de carga.....	68
Figura 3.24 Patrones de carga.....	69

Figura 3.25 Tipo de carga.....	70
Figura 3.26 Número de modos de vibración.....	70
Figura 3.27 Selección del espectro.....	71
Figura 3.28 Ingreso del espectro.....	71
Figura 3.29 Espectro de respuesta del sitio.....	72
Figura 3.30 Combinaciones de carga.....	73
Figura 3.31 Asignación de vigas y columnas.....	74
Figura 3.32 Asignación de losa.....	75
Figura 3.33 Asignación de cargas de diseño.....	76
Figura 3.34 Asignación de diafragmas.....	77
Figura 3.35 Vista en 3D del modelo estructural (condiciones actuales).....	78
Figura 3.36 Vista en elevación del Eje 3 del modelo estructural (condiciones actuales)....	79
Figura 3.37 Vista en elevación del Eje C del modelo estructural (condiciones actuales)...	79
Figura 3.38 Límites permisibles de las derivas.....	81
Figura 3.39 Columnas que no cumplen el diseño.....	83
Figura 3.40 Columnas que no cumplen con el diseño original (eje C).....	83
Figura 3.41 Falla crítica de columna que no cumple el diseño (eje B).....	84
Figura 3.42 Deficiencia en columnas del eje A respecto al diseño original.....	84
Figura 3.43 Demandas por columnas del primer piso (situación actual).....	85
Figura 3.44 Diagrama de interacción de columnas de 25x25 cm (piso 1 actual).....	86
Figura 3.45 Demandas por columnas del segundo piso (situación actual).....	86

Figura 3.46 Comprobación del diseño a flexo-compresión mediante el diagrama de interacción (piso 2 actual).....	87
Figura 3.47 Detalle de las columnas actuales.....	87
Figura 3.48 Clasificación del valor de R para sistemas estructurales dúctiles.....	88
Figura 3.49 Espectro sísmico de diseño del reforzamiento.....	89
Figura 3.50 Definición del material base.....	90
Figura 3.51 Sección inicial.....	90
Figura 3.52 Acero de refuerzo de la sección existente.....	91
Figura 3.53 Ubicación y cantidad de varillas existentes.....	92
Figura 3.54 Ingreso de nueva sección de hormigón.....	93
Figura 3.55 Asignación de las varillas de refuerzo.....	93
Figura 3.56 Ubicación de las varillas de refuerzo.....	94
Figura 3.57 Vista en 3D del modelo estructural en el software ETABS (reforzamiento)...	95
Figura 3.58 Vista en elevación del Eje 1 del modelo estructural (reforzamiento).....	96
Figura 3.59 Vista en elevación del Eje A del modelo estructural (reforzamiento).....	96
Figura 3.60 Demandas por columnas del primer piso (reforzamiento).....	99
Figura 3.61 Diagrama de interacción de columnas de 40x40 cm (piso 1 con reforzamiento)	100
Figura 3.62 Diseño por corte (piso 1 con reforzamiento).....	100
Figura 3.63 Demandas por columnas del segundo piso (reforzamiento).....	101
Figura 3.64 Diagrama de interacción de columnas de 35x35 cm (piso 2 con reforzamiento)	101

Figura 3.65 Diseño por corte (piso 2 con reforzamiento).....	102
Figura 3.66 Demandas por columnas del tercer piso (reforzamiento).....	102
Figura 3.67 Diagrama de interacción de columnas de 30x30 cm (piso 3 con reforzamiento)	103
Figura 3.68 Diseño por corte (piso 3 con reforzamiento).....	103
Figura 3.69 Detalle de losa de entrepiso y cubierta.....	104
Figura 3.70 Sección transversal de viga.....	105
Figura 3.71 Sección transversal de las columnas con reforzamiento del primer piso (40x40 cm)	106
Figura 3.72 Sección transversal de las columnas con reforzamiento del segundo piso (35 x35 cm).....	106
Figura 3.73 Sección transversal de las columnas con reforzamiento del tercer piso (30 x30 cm)	107
Figura 4.1 Matriz de Leopold.....	121
Figura 4.2 Escala de valoración cualitativa.....	123
Figura 4.3 Matriz de identificación de impactos ambientales del proyecto.....	125
Figura 4.4 Matriz de calor de riesgos del proyecto.....	127
Figura 5.1 Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto.....	133
Figura 5.2 Presupuesto general del proyecto.....	155
Figura 5.3 Cronograma de obra.....	179

Índice de tablas

Tabla 2.1 Escala de puntuaciones.....	44
Tabla 2.2 Aspecto de puntuaciones.....	45
Tabla 2.3 Puntuación de alternativas.....	46
Tabla 2.4 Tabla de ponderaciones.....	47
Tabla 3.1 Coeficientes y parámetros sísmicos obtenidos.....	55
Tabla 3.2 Detalle de modos de vibración de la situación actual.....	80
Tabla 3.3 Cortante Estático aplicado en la estructura actual.....	80
Tabla 3.4 Factor de Corrección del Cortante Dinámico en condiciones actuales.....	80
Tabla 3.5 Control de Derivas en la dirección X (Condición actual).....	81
Tabla 3.6 Control de Derivas en la dirección Y (Condición actual).....	82
Tabla 3.7 Modos de vibración de la estructura con reforzamiento.....	97
Tabla 3.8 Cortante estático actuante en la estructura con el reforzamiento.....	97
Tabla 3.9 Factor de corrección del cortante dinámico considerando el reforzamiento.....	97
Tabla 3.10 Control de derivas en la dirección X considerando el reforzamiento.....	98
Tabla 3.11 Control de derivas en la dirección Y considerando el reforzamiento.....	98
Tabla 4.1 Actividades del proyecto.....	119
Tabla 4.2 Pesos para la evaluación de la importancia.....	123

Índice de planos

PLANO 1 – Detallamiento de reforzamiento de columnas

PLANO 2 – Vigas de cubierta

PLANO 3 – Vigas de cubierta y planta de vigas

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En sus primeras etapas, el terreno donde se encuentra la Cooperativa Luis Vargas Torres presentaba características poco favorables para la construcción, con suelos de baja calidad, en su mayoría arenosos y arcillosos, propios de zonas cercanas a esteros y áreas húmedas. Estas condiciones han representado desafíos en la construcción debido a su elevada permeabilidad e inestabilidad en algunos casos. Se ha identificado que muchas viviendas en este sector del sur de Guayaquil fueron construidas con materiales inadecuados, y al estar próximas al Estero Salado, han sufrido un deterioro acelerado. La salinidad del ambiente ha afectado al hormigón, generando grietas y corrosión en las armaduras de acero, lo cual aumenta el riesgo de colapso estructural.

Este es el caso de la edificación de estudio en este proyecto, ya que, según la información proporcionada por el cliente y los residentes, con el tiempo las columnas han mostrado un deterioro progresivo, acortando su vida útil. Esta situación se atribuye al uso inapropiado de materiales y a un proceso constructivo realizado de manera empírica por maestros de obra, sin planos formales ni el cumplimiento de especificaciones técnicas. Además, se omitió la realización de un estudio de suelos en el lugar donde se construyó la vivienda, lo que compromete la seguridad de sus ocupantes debido a las fallas estructurales generadas.

1.2 Descripción del Problema

En la edificación se han presentado diferentes causas que originaron daños estructurales, entre ellas, la informalidad en construir utilizando métodos empíricos. Además, esta obra no fue supervisada por profesionales calificados, ocasionando grietas en las columnas de hormigón, encontrándose materiales de baja calidad en su composición y afectando a la estructura de hierro.

La vivienda presenta una obra inconclusa en su último nivel, donde se observan elementos estructurales expuestos y cuyo acero sin recubrimientos de protección, lo cual compromete su durabilidad y desempeño estructural. En estas condiciones, se requiere la ejecución de un análisis estructural detallado, con el objetivo de determinar la viabilidad técnica de su rehabilitación.

1.3 Justificación del Problema

En el caso específico de la vivienda del cliente, se requiere una adecuación y construcción habitacional en el tercer nivel, donde existen columnas de hormigón armado que han estado expuestas a la intemperie por más de 30 años y presentan un avanzado deterioro. Bajo estas circunstancias, es necesario implementar medidas que garanticen la seguridad de los ocupantes, ya que se ha identificado una deficiencia estructural que impide que la edificación cumpla con las necesidades actuales del propietario.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Rehabilitar el tercer piso con columnas deterioradas de la edificación ubicada en la Coop. Luis Vargas Torres, sur de Guayaquil; mediante el análisis y diseño estructural basados en normativas nacionales e internacionales vigentes, garantizando al cliente y a sus habitantes una construcción segura y confortable.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- ✓ Recopilar la información necesaria en campo para la interpretación de los daños estructurales en la vivienda.
- ✓ Elaborar los planos arquitectónicos y estructurales para obtención de las dimensiones reales, ejes de referencia y distribución de elementos estructurales.
- ✓ Realizar ensayos en sitio en las columnas para verificación de los daños e interpretación de los resultados cumpliendo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- ✓ Modelar tridimensionalmente la edificación, elaborando planos, especificaciones técnicas y presupuesto para el diseño de la rehabilitación de las columnas.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 *Hormigón armado*

Es un material compuesto que combina las propiedades del hormigón, excelente en resistencia a la compresión, con las características del acero de refuerzo, que proporciona resistencia a la tracción. Ambos materiales trabajan en conjunto para soportar diversos tipos de esfuerzos en las estructuras (Latorre Aizaga, 2024).

2.1.1.1 Columnas de hormigón armado. Son elementos estructurales verticales esenciales para la construcción, cuya principal función es transmitir las cargas de los niveles superiores hacia la cimentación, soportando principalmente esfuerzos de compresión. Están compuestas por una combinación de concreto estructural, que resiste eficientemente la compresión, y acero de refuerzo, que proporciona resistencia adicional ante esfuerzos de tracción, flexión y corte, mejorando la ductilidad y estabilidad del elemento (Gualotuña Martínez, 2022).

Además, la normativa del American Concrete Institute (ACI 318-19) define a las columnas de hormigón como miembros estructurales sujetos predominantemente a compresión axial, reforzados longitudinalmente con barras de acero y transversalmente mediante estribos o espirales para evitar el pandeo del refuerzo y proporcionar confinamiento al concreto.

2.1.2 *Rehabilitación estructural*

Es un proceso técnico que busca restaurar o mejorar la capacidad resistente de una edificación existente, con el objetivo de garantizar su seguridad, funcionalidad y durabilidad

frente a nuevas demandas, como sismos, deterioro por envejecimiento o cambios en su uso. Este proceso implica una evaluación detallada del estado actual de la estructura, identificando deficiencias y proponiendo intervenciones adecuadas que respeten las normativas vigentes.

Según Chilibringa Mendoza (2024), la rehabilitación estructural comprende la aplicación de metodologías de análisis y diseño que permiten determinar las vulnerabilidades de una edificación y proponer soluciones de refuerzo que mejoren su comportamiento estructural, especialmente ante eventos sísmicos. Este enfoque es esencial para preservar edificaciones de valor histórico y garantizar la seguridad de los ocupantes.

En el contexto ecuatoriano, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece directrices específicas para la evaluación y rehabilitación de estructuras, enfatizando la importancia de mantener la integridad estructural y la seguridad sísmica de las edificaciones existentes.

2.1.2.1 Refuerzo en columnas de hormigón. Las columnas son elementos críticos en la estabilidad de una estructura, y su fallo puede desencadenar colapsos parciales o totales. Por ello, su refuerzo es una acción prioritaria dentro de cualquier plan de rehabilitación estructural. Las técnicas más comunes de refuerzo se detallan a continuación.

2.1.2.1.1 Encamisado con Hormigón Armado. Consiste en aumentar la sección transversal de la columna mediante la adición de una capa de hormigón armado alrededor de su perímetro. Este método mejora la capacidad portante, la rigidez y la ductilidad de las columnas existentes. Es especialmente útil en edificaciones que requieren adaptaciones a nuevas cargas o normativas sísmicas (Farinango et al., 2022; Rodríguez-García, 2019).

2.1.2.1.2 Encamisado con Acero. Esta técnica consiste en colocar una camisa metálica alrededor de la columna, la cual se rellena posteriormente con mortero o concreto fluido. Gualotuña Martínez (2022) explica que esta solución es ideal para estructuras con daño severo o donde se requiere un incremento sustancial de la capacidad portante.

2.1.2.1.3 Refuerzo con Polímeros Reforzados con Fibras (PRF). Esta técnica consiste en envolver las columnas con tejidos de fibras sintéticas (como carbono, vidrio o aramida) impregnadas con resina epóxica. El confinamiento resultante mejora significativamente la resistencia a compresión axial y la ductilidad de las columnas. De acuerdo con Zamora Díaz-Comas y Wainshtok Rivas (2021), se han registrado incrementos de resistencia de hasta un 37% en elementos reforzados con PRF.

2.1.2.1.4 Refuerzo con Perfiles Metálicos. La incorporación de perfiles metálicos en las esquinas de las columnas o en todo su perímetro ofrece una alternativa mecánicamente robusta, particularmente en edificaciones industriales. Martínez Sánchez (2021) compara esta técnica con el uso de PRF, destacando su mayor rigidez inicial, aunque con posibles inconvenientes en su manipulación y peso.

2.1.3 Planos de rehabilitación estructural

Son documentos gráficos fundamentales que describen detalladamente las acciones de intervención necesarias para restituir o incrementar la capacidad estructural del inmueble. Estos planos deben incluir especificaciones técnicas claras sobre los elementos estructurales sujetos a rehabilitación, materiales a utilizar, refuerzos propuestos, procesos constructivos y disposiciones de seguridad. Además, permiten una correcta planificación, supervisión y

ejecución del proyecto, evitando improvisaciones que puedan comprometer la calidad estructural de la edificación (Rodríguez-García, 2019).

La correcta elaboración de estos planos exige el cumplimiento de normativas técnicas vigentes como la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) o la estándar internacional ASCE/SEI 41-17. En este contexto, se incorporan métodos como el análisis estructural, la evaluación sísmica, y tecnologías modernas como el modelado BIM (Building Information Modeling) para optimizar el diseño de la rehabilitación (Farinango et al., 2022; Cisneros et al., 2023).

2.1.4 Ensayo de esclerometría

Es también conocido como ensayo con martillo de rebote o Schmidt, es un método no destructivo utilizado para evaluar la resistencia superficial del concreto endurecido. Este método se basa en la medición del rebote de un martillo de resorte que impacta sobre la superficie del hormigón; el valor de rebote se correlaciona empíricamente con la resistencia a la compresión del material.

La esclerometría es especialmente útil en trabajos de evaluación estructural, rehabilitación o refuerzo, donde se requiere conocer el estado del concreto sin afectar la integridad del elemento ensayado. Además, permite realizar múltiples mediciones en poco tiempo y con bajo costo, siendo una herramienta ampliamente adoptada en inspecciones técnicas previas a intervenciones estructurales (Gómez & Quiñónez, 2022).

Sin embargo, su precisión depende de factores como la rugosidad superficial, el contenido de humedad, la orientación del ensayo, y la edad del concreto, por lo que se recomienda combinarla con otros métodos no destructivos para obtener resultados más confiables (Torres, 2021).

2.1.5 Ensayo de pachometría

Es una técnica no destructiva utilizada para detectar y localizar las armaduras de acero en elementos de concreto armado, así como para determinar su recubrimiento y, en algunos casos, su diámetro. Este procedimiento se basa en la emisión y detección de campos electromagnéticos, que son alterados por la presencia del acero en el interior del concreto.

Su aplicación resulta esencial en proyectos de evaluación estructural, rehabilitación y refuerzo, donde es necesario conocer la ubicación precisa de las armaduras sin dañar la estructura. Este método es especialmente útil cuando se requiere realizar perforaciones, cortes o intervenciones estructurales seguras (Quintana & Delgado, 2021).

Los resultados del ensayo permiten verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño en cuanto a recubrimientos mínimos, y detectar posibles corrosiones por deficiente protección. Además, la pachometría puede integrarse con otras pruebas, como la esclerometría o el ultrasonido, para una caracterización más completa del elemento estructural (Sánchez & Ríos, 2022).

2.1.6 Ensayo de extracción de núcleo de hormigón

Es un método destructivo ampliamente utilizado para determinar la resistencia a compresión del concreto endurecido en estructuras existentes. Consiste en perforar cilindros de hormigón (núcleos) directamente desde elementos estructurales (como columnas, vigas o losas) mediante una sierra diamantada, para luego ensayarlos en laboratorio bajo compresión axial.

Este procedimiento es considerado el más confiable y directo para conocer la resistencia real del concreto in situ, y suele emplearse como verificación cuando los resultados de los

ensayos no destructivos son inciertos o para validar la calidad del concreto después de largos periodos de servicio (Martínez et al., 2020).

El ensayo permite también evaluar aspectos complementarios como la homogeneidad del material, la presencia de segregaciones, vacíos o zonas deterioradas. Sin embargo, su aplicación requiere cuidados especiales para evitar afectar la capacidad estructural del elemento del que se extraen los núcleos, por lo cual debe planificarse cuidadosamente bajo criterios técnicos y normativos (García & Romero, 2021).

El proceso sigue lineamientos establecidos por normas internacionales como la ASTM C42/C42M-20, que especifica el tamaño, preparación, almacenamiento y ensayo de los núcleos. Generalmente, los núcleos tienen un diámetro de entre 50 y 100 mm, y una longitud que permite una relación altura-diámetro de entre 1 y 2. Se deben evitar zonas con armaduras para no comprometer la integridad estructural ni los resultados del ensayo (Martínez et al., 2020).

2.1.7 Ensayo de carbonatación del hormigón

Este proceso consiste en determinar hasta qué punto el dióxido de carbono (CO_2) del ambiente ha penetrado en el concreto y ha reaccionado con los compuestos alcalinos de la pasta cementicia, principalmente el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), formando carbonato de calcio (CaCO_3) y provocando una disminución del pH del material. La velocidad de carbonatación depende de factores como la porosidad del concreto, el tipo de cemento, la relación agua/cemento, el contenido de aditivos, el curado, y las condiciones de exposición ambiental (Mehta & Monteiro, 2021).

La importancia del ensayo radica en su capacidad para detectar el riesgo de corrosión de las armaduras embebidas, ya que la capa pasivadora que protege el acero depende del ambiente fuertemente alcalino del hormigón. Cuando el pH desciende por debajo de 9, debido a la carbonatación, el acero queda expuesto a procesos de corrosión activa en presencia de humedad y oxígeno, lo que produce expansión de los productos de corrosión, fisuras longitudinales, desprendimientos del recubrimiento y pérdida de sección de acero (Woyciechowski et al., 2022).

El procedimiento consiste en exponer una superficie recién seccionada del hormigón, ya sea mediante la extracción de un núcleo o la apertura de una ventana in situ, y aplicar sobre ella una solución indicadora de fenolftaleína al 1 % en etanol. Esta solución actúa como un indicador de pH: tiñe de color púrpura las zonas con un pH superior a 9, mientras que las zonas carbonatadas, con pH inferior, permanecen incoloras. La distancia desde la superficie hasta el punto de cambio de color se mide con una regla milimetrada o calibrador, determinando así la profundidad de carbonatación (Wang et al., 2024).

El uso del ensayo de carbonatación está reconocido en normas técnicas internacionales como la EN 12390-12:2020 y por la RILEM TC 281-CCC (2024), y también nacionales como la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-ES, que estandarizan los métodos para determinar la resistencia del concreto frente a la carbonatación. Estas normas son ampliamente utilizadas en investigaciones sobre durabilidad del concreto, rehabilitación estructural y control de calidad de obras existentes.

2.1.8 Prueba de resistencia a la compresión del concreto

Es uno de los ensayos más importantes y representativos para evaluar la resistencia mecánica del concreto endurecido. Esta prueba consiste en someter una muestra cilíndrica o cúbica de concreto a una carga axial creciente hasta su rotura, con el fin de determinar la resistencia a compresión, expresada generalmente en megapascuales (MPa).

Esta prueba es obligatoria en el control de calidad del concreto tanto en laboratorio como en obra, y su ejecución está normada por estándares internacionales como la ASTM C39/C39M-23. La resistencia obtenida en esta prueba permite validar si la mezcla de concreto cumple con los requisitos estructurales del diseño, además de ser útil para la evaluación de estructuras existentes cuando se combina con la extracción de núcleos (López & Vargas, 2021).

Según Alarcón y Morales (2022), factores como la calidad de los agregados, la relación agua/cemento, el curado y la edad del concreto tienen una influencia significativa en los resultados del ensayo. Por ello, es fundamental aplicar un protocolo estandarizado que garantice la precisión y representatividad de los resultados obtenidos.

2.2 Área de estudio

La vivienda se ubica en la Cooperativa Luis Vargas Torres, un sector urbano popular que se encuentra al suroeste de la ciudad de Guayaquil, la cual forma parte de la provincia del Guayas, en la región litoral o costa del Ecuador. Según datos geográficos, la edificación se encuentra aproximadamente en las siguientes coordenadas:

- **Latitud:** -2.227738° S
- **Longitud:** -79.908399° O

La ubicación de la Cooperativa Luis Vargas Torres dentro de este contexto geográfico evidencia la integración de sectores populares al área metropolitana de Guayaquil. Este asentamiento se encuentra en zonas donde históricamente se han desarrollado urbanizaciones informales que con el tiempo han sido regularizadas y dotadas de servicios básicos, representando un espacio urbano con retos de planificación territorial, acceso a infraestructura, y procesos de mejoramiento urbano-social

En cuanto al tipo de suelo, predomina un substrato limoso-arcilloso, con baja capacidad portante y drenaje deficiente. Estos suelos se encuentran en zonas cercanas al Estero Salado, resultado de procesos de relleno urbano informal y sedimentación natural. Esto representa un desafío para las edificaciones, las cuales deben considerar sistemas de cimentación adecuados y monitoreo estructural continuo (Zevallos & Mora, 2021).

Figura 2.1*Mapa de ubicación de la edificación*

← Para el centro de Gye
 → Para el sur de Gye

Nota. Referencia tomada de Google Maps

Figura 2.2

Ubicación específica del proyecto



Edificio de Materia Integradora
Ciudad: Guayaquil
Parroquia: Ximena
Sector: Coop. Luis Vargas Torres
Manzana: E2
Villa: 4169
Familia: Armijos Tapia

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Inspección preliminar

Durante esta fase se recopiló información mediante observación visual directa y toma de fotografías para evaluar aspectos como fisuras, deformaciones, humedad, corrosión de armaduras en las columnas. También se identificaron posibles daños que afecten la seguridad estructural, funcionalidad o habitabilidad de la edificación.

Esta inspección permitió clasificar el nivel de daño, definir la necesidad de estudios más detallados, ya sean ensayos no destructivos o destructivos, y orientar la toma de decisiones técnicas sobre la intervención o rehabilitación del inmueble.

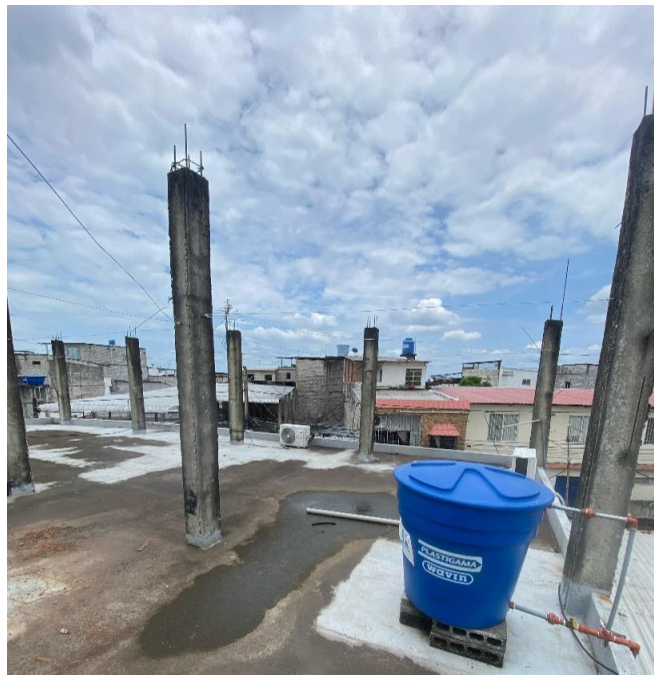
Figura 2.3

Vista lateral izquierda del tercer piso de la vivienda

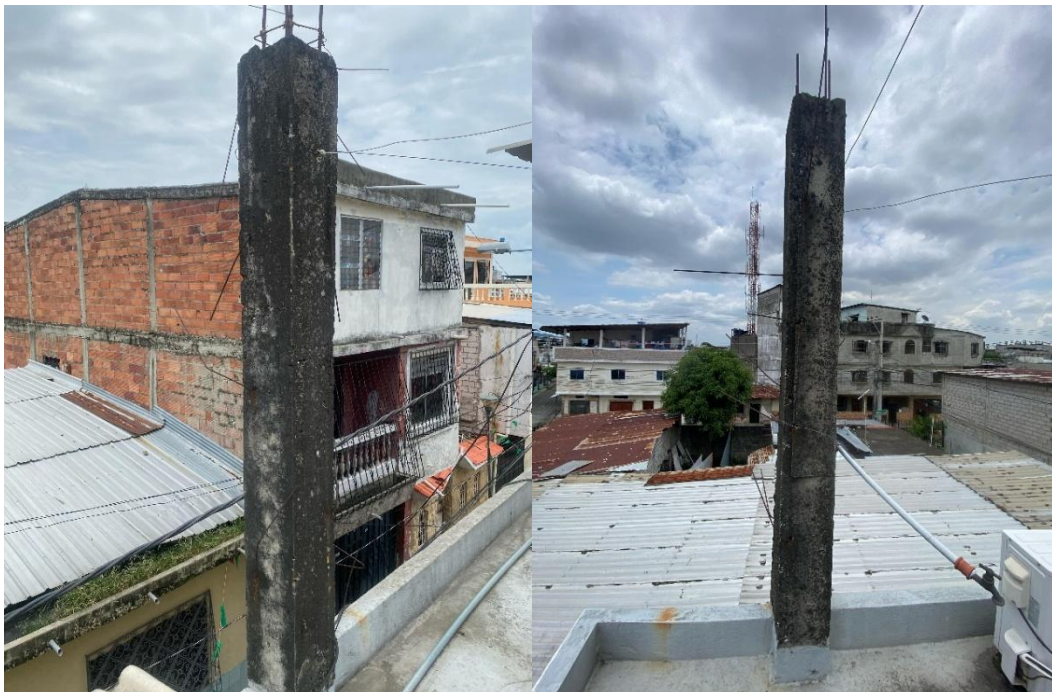


Figura 2.4

Vista lateral derecha del tercer piso de la edificación

**Figura 2.5**

Columnas deterioradas del tercer piso de la vivienda



EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES											
INSPECCIÓN VISUAL O FASE DE OBSERVACIÓN											
INSTITUCIÓN	ESPOL						LEVANTO	Patsy Alina Villacrés Orovio			
OBRA	Diseño y rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas						FECHA				
CIUDAD	Guayaquil						HOJA				
UBICACIÓN	Coop. Luis Vargas Torres										
NIVEL	ELEMENTO		DIMENSIONES (m)			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑO			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	DETALLE Y GRÁFICO
	ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL	ANCHO	LARGO	ALTURA		GRIETA	FISURA	OTROS		
TERCER PISO	Columna A1		0,25	0,25	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna A2		0,20	0,20	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna A5		0,20	0,20	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna A6		0,20	0,20	3	Deterioro	Si	Si		Desprendimiento moderado del recubrimiento, humedad, hongos, corrosión en el acero	

EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES												
INSPECCIÓN VISUAL O FASE DE OBSERVACIÓN												
INSTITUCIÓN	ESPOL											
OBRA	Diseño y rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas						LEVANTO	Patsy Alina Villacrés Orovio				
CIUDAD	Guayaquil						FECHA					
UBICACIÓN	Coop. Luis Vargas Torres						HOJA					
NIVEL	ELEMENTO		DIMENSIONES (m)			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑO			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	DETALLE Y GRÁFICO	
	ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL	ANCHO	LARGO	ALTURA		GRIETA	FISURA	OTROS			
TERCER PISO	Columna B1		0,25	0,25	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero		
	Columna B2		0,25	0,25	3	Deterioro		Si		Desprendimiento moderado del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero		
	Columna B3		0,20	0,25	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero		
	Columna B4		0,20	0,20	3	Deterioro	Si	Si		Desprendimiento alto del recubrimiento, reducción significativa de la sección transversal de la columna, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero		
	Columna B6		0,20	0,20	3	Deterioro	Si	Si		Desprendimiento moderado del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero		

EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES											
INSPECCIÓN VISUAL O FASE DE OBSERVACIÓN											
INSTITUCIÓN	ESPOL						LEVANTÓ	Patsy Alina Villacrés Orovio			
OBRA	Diseño y rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas						FECHA				
CIUDAD	Guayaquil						HOJA				
UBICACIÓN	Coop. Luis Vargas Torres										
NIVEL	ELEMENTO		DIMENSIONES (m)			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑO			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	DETALLE Y GRÁFICO
	ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL	ANCHO	LARGO	ALTURA		GRIETA	FISURA	OTROS		
TERCER PISO	Columna C1		0,20	0,20	3	Deterioro		Si		Desprendimiento moderado del recubrimiento, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna C2		0,20	0,20	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna C3		0,20	0,20	3	Deterioro		Si		Desprendimiento mínimo del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna C5		0,20	0,20	3	Deterioro	Si	Si		Desprendimiento alto del recubrimiento, reducción significativa de la sección transversal de la columna, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero	
	Columna C6		0,20	0,20	3	Deterioro	Si	Si		Desprendimiento moderado del recubrimiento, nidos de grava, humedad, hongos, corrosión en el acero	

2.3.2 Levantamiento arquitectónico

Debido a la falta de planos arquitectónicos de la edificación, se llevó a cabo este proceso técnico que comenzó con la medición, utilizando herramientas como el distanciómetro y el flexómetro. Posteriormente, se elaboró un croquis a mano alzada que sirvió como base para registrar las dimensiones precisas de muros, aberturas, alturas y demás componentes arquitectónicos. Finalmente, esta información se digitalizó usando softwares especializados con licencia estudiantil como AutoCAD y Revit para la elaboración de planos en planta, cortes y elevaciones.

Figura 2.6

Toma de medidas con distanciómetro

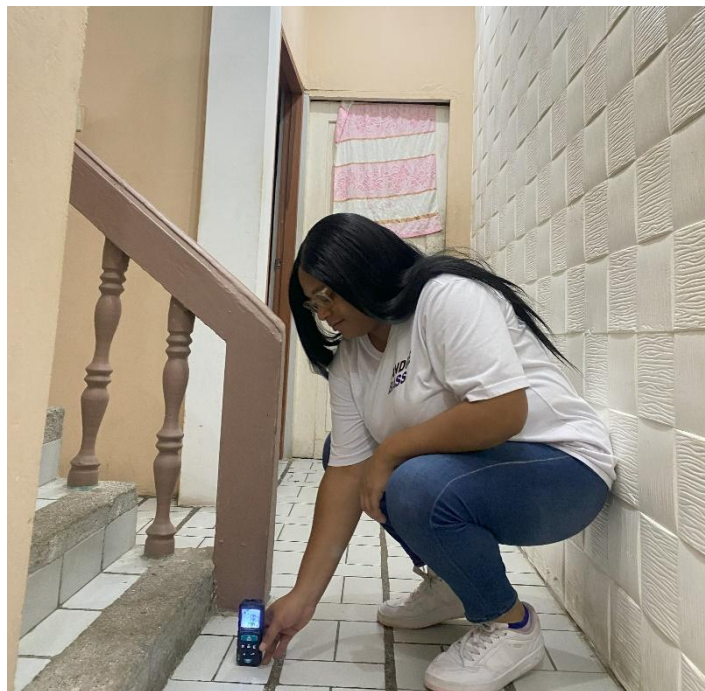


Figura 2.7

Medición con flexómetro



2.3.3 Ensayo de esclerometría

Para iniciar este procedimiento, se eligió una zona representativa de la columna que esté limpia, libre de recubrimientos que puedan alterar los resultados. La superficie por ensayar debe estar seca, lisa y se deben evitar esquinas o áreas cercanas a bordes o a elementos de refuerzo.

Se utilizó el martillo de rebote tipo N, calibrado previamente, siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante y de las normas ASTM C805 y la NEC-SE-ES. El esclerómetro se posicionó perpendicularmente a la superficie del hormigón hasta que se disparó el martillo, se efectuaron 9 impactos por zona y se registró el índice de rebote de cada uno.

Figura 2.8

Esclerómetro utilizado en los ensayos de este proyecto

**Figura 2.9**

Toma de datos de esclerómetro



2.3.4 Ensayo de pachometría

Se desplazó lentamente el sensor del pachómetro sobre la superficie del hormigón, el dispositivo emitió una señal que permitió detectar la ubicación de las armaduras, mostrando en pantalla su posición y profundidad. A medida que se detectaron las varillas, se marcaron con tiza sus posiciones directamente en la superficie de la columna, lo cual permitió realizar un esquema del armado real de la columna.

Una vez obtenidos los datos, se procedió a su registro y análisis. Se documentaron la posición, separación y diámetro estimado de las varillas. Esta información es comparada con los valores mínimos establecidos por la NEC-SE-ES según el tipo de exposición ambiental y la función estructural del elemento.

Figura 2.10

Localización de varillas verticales



Figura 2.11

Búsqueda de estribos



2.3.5 Ensayo de extracción del núcleo de hormigón

El procedimiento inició con la selección del punto de extracción, el cual debió ser representativo en la columna, evitando zonas con refuerzo visible, nidos de grava o deterioro que altere la calidad del testigo.

La extracción del núcleo se realizó utilizando una broca diamantada de 2 pulgadas, fijada horizontalmente en la columna seleccionada, la cual utiliza agua como agente refrigerante y lubricante, con el fin de evitar el sobrecalentamiento del equipo y disminuir la fricción con el hormigón. Finalmente, el núcleo se rotuló, se envolvió para preservar su humedad y se transportó cuidadosamente al laboratorio para su análisis.

Figura 2.12

Extracción del núcleo de hormigón



Figura 2.13

Vista del ensayo aplicado a columna

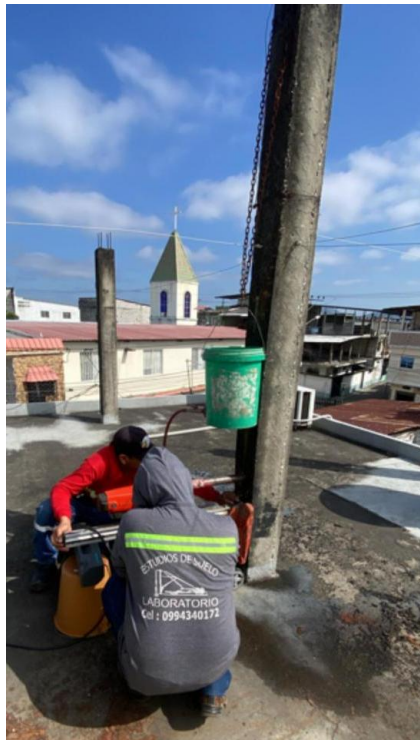


Figura 2.14

Penetración de broca diamantada en columna

**Figura 2.15**

Vista panorámica del ensayo



2.3.6 Prueba de resistencia a la compresión del concreto

Consistió en someter el núcleo de hormigón extraído previamente curado bajo condiciones estandarizadas, a una carga axial en aumento aplicada por una prensa hidráulica de compresión hasta que la muestra se fracturó.

Este ensayo se realizó a los 7 días de curado para controlar la evolución de las propiedades mecánicas del concreto y verificar su cumplimiento con las especificaciones de diseño estructural.

Figura 2.16

Prensa hidráulica aplicando carga axial en núcleo de hormigón



2.3.7 Carbonatación

En el núcleo de hormigón se procedió a aplicar una solución indicadora de fenolftaleína al 1% disuelta en etanol, que actuó como detector de la alcalinidad del hormigón. La solución se aplicó con brocha directamente sobre la superficie recién expuesta y se observó que no cambió de color. Los resultados fueron registrados indicando especificaciones relevantes.

Figura 2.17

Núcleo de hormigón con fenolftaleína aplicada



2.4 Análisis de datos

2.4.1 Levantamiento arquitectónico

Conforme a la revisión de los planos arquitectónicos se pudo evidenciar que, en los distintos niveles de la edificación, las columnas en un mismo piso presentan dimensiones variables, sin seguir un patrón de uniformidad ni continuidad estructural. Mientras aumenta el nivel, se reducen las dimensiones en algunas columnas. De esta manera se puede comprobar el incumplimiento de los lineamientos de diseño y construcción estipulados por la NEC-SE-ES en donde se especifica lo siguiente:

❖ Artículo 8.1 – Consideraciones generales

Todo elemento estructural debe diseñarse y construirse de acuerdo con un sistema resistente continuo y uniforme, asegurando la transferencia adecuada de cargas y compatibilidad estructural en toda la edificación.

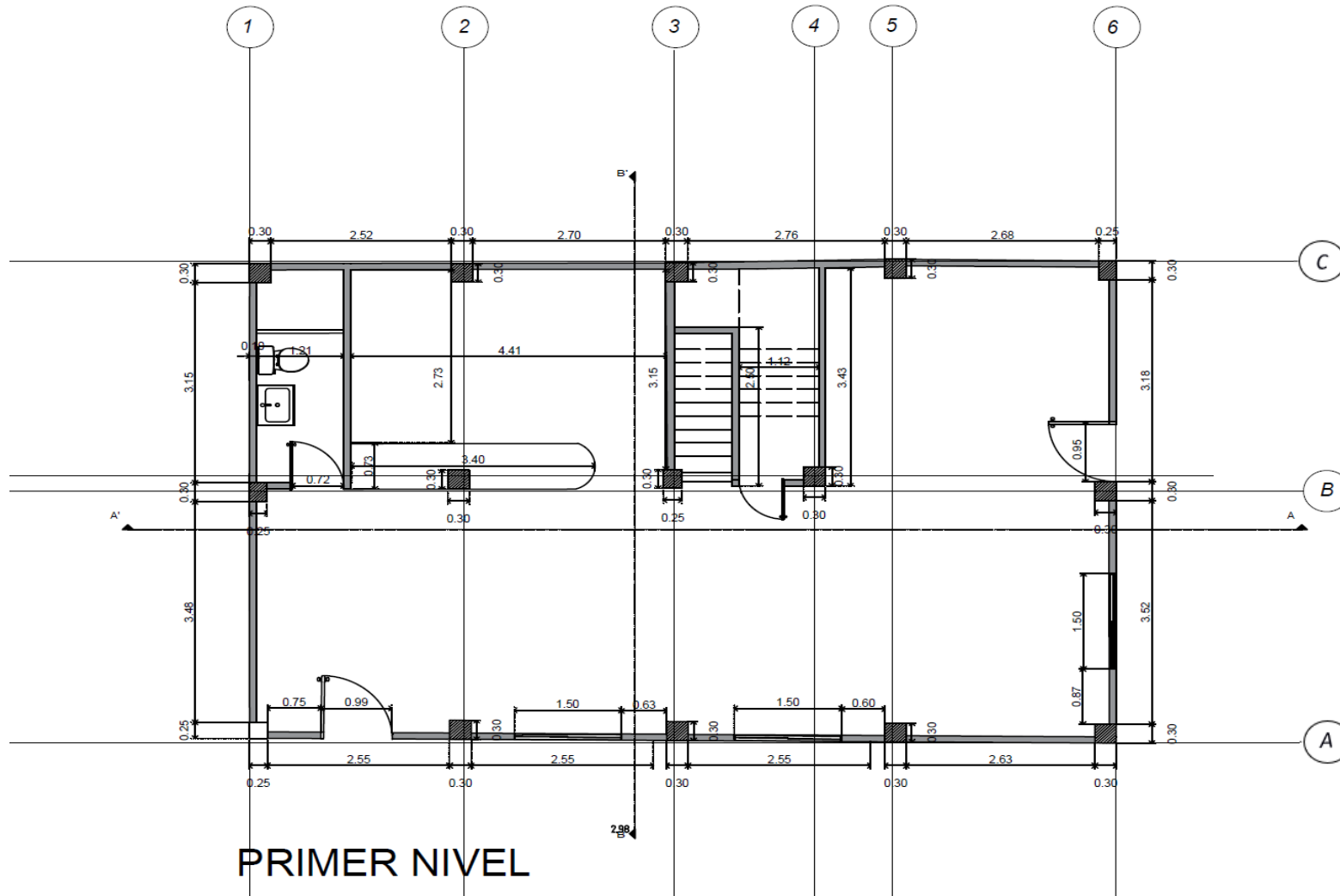
❖ Artículo 10.2 – Columnas

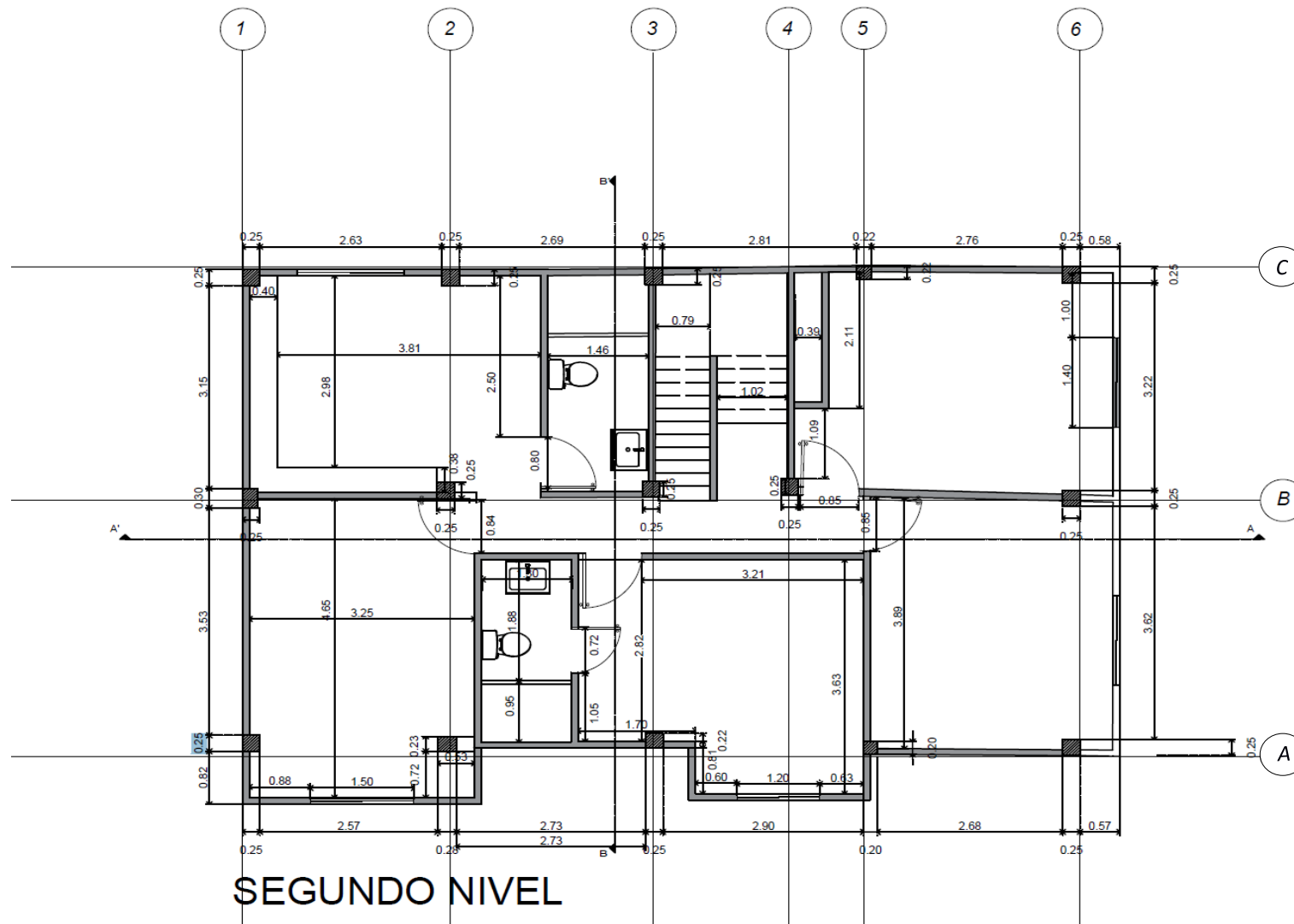
Se prohíbe la reducción de dimensiones de columnas sin un diseño estructural que justifique su capacidad de carga y cumpla con los requisitos mínimos de resistencia y confinamiento establecidos.

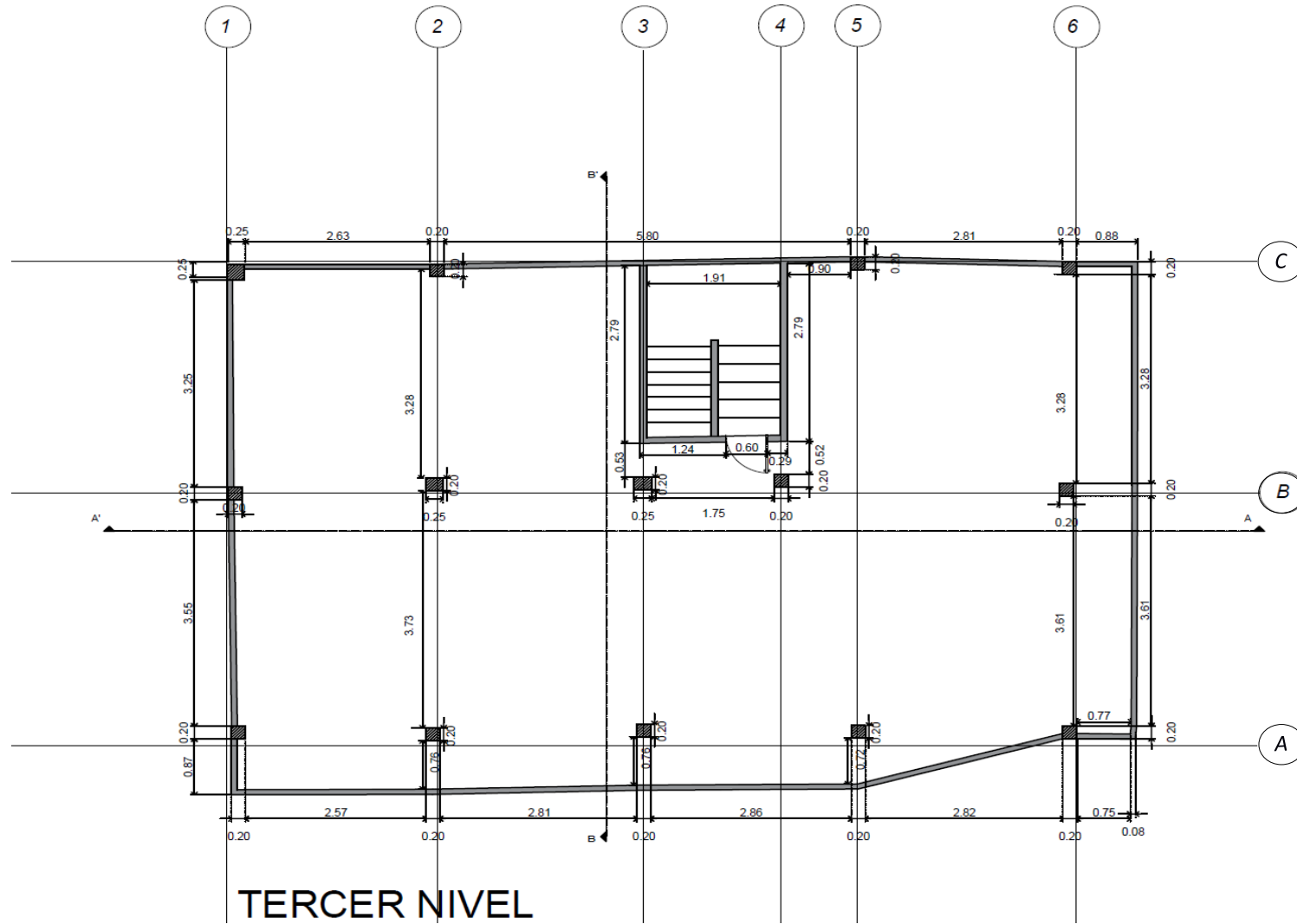
❖ Artículo 10.10 – Continuidad y confinamiento de columnas

Las columnas deben presentar continuidad a lo largo de su altura, evitando cambios abruptos de sección o desplazamientos que generen concentraciones de esfuerzos, salvo que el diseño estructural así lo permita y se verifique su comportamiento ante cargas laterales y verticales.

A continuación, se muestra la implantación arquitectónica de cada piso de la vivienda.







2.4.2 *Ensayos in situ*

2.4.2.1 Ubicación de los ensayos in situ de esclerometría, pachometría y extracción del núcleo de hormigón. Para la ejecución de los ensayos se seleccionaron las columnas con las condiciones más críticas, con el fin de obtener resultados representativos. Los detalles de los tipos de ensayos aplicados a cada columna se muestran en brevedad:

Columna A-5

- ✓ Ensayo de esclerometría
- ✓ Ensayo de pachometría

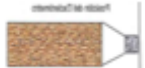
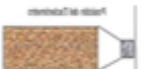
Columna B-2

- ✓ Ensayo de esclerometría
- ✓ Ensayo de pachometría
- ✓ Ensayo de extracción de núcleo de hormigón

Columna C-6

- ✓ Ensayo de esclerometría
- ✓ Ensayo de pachometría

2.4.2.2 Ensayo de esclerometría

LABORATORIO DE SUELOS ING. CIVIL REG. PROF. 68 - 5236 URBANDR MZ. L1 - V. 38; TELF: 23315371 - 0594346172						
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN MEDIANTE ESCLERÓMETRO ÍNDICE DE REBOTE ASTM C 805						
PROYECTO:	Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil					
UBICACIÓN:	Coop Luis Vargas Torres Mz. E2 V. 4169					
SOLICITA:	Patsy Alina Villacrés Orovio					
COLUMNAS						
ELEMENTO	TOMA DE ESCLEROMETRIA			Prueba Esclerométrica Número de Rebote	Posición del Esclerómetro	Resistencia Probable $f'_c = \text{kg/cm}^2 - 18 \%$
COLUMNA C - 5	20	20	22	23	HORIZONTAL 	86
	26	24	21			
	24	24	26			
COLUMNA A - 6	22	20	25	24	HORIZONTAL 	92
	28	22	24			
	24	24	26			
NOTA: DE LOS VALORES OBTENIDOS LA TEORIA INDICA QUE LOS MISMOS DEBEN SER AFECTADOS POR UN PORCENTAJE DE (+ -) 18 % . ESTA CONSULTORIA HA TOMADO LOS VALORES DE - 18 % COMO FACTOR DE SEGURIDAD.						

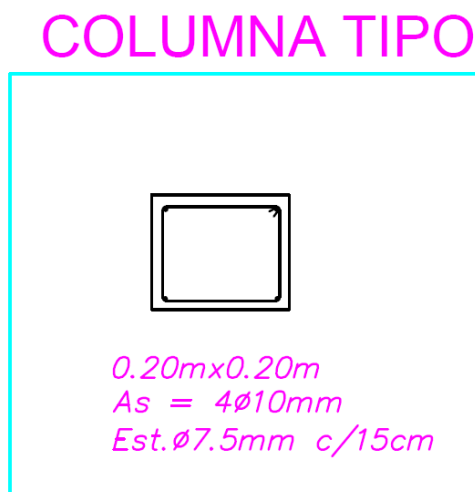
COLUMNAS						
ELEMENTO	TOMA DE ESCLEROMETRIA			Prueba Esclerométrica Número de Rebote	Posición del Esclerómetro	Resistencia Probable $f'_c = \text{kg/cm}^2 - 18 \%$
COLUMNA B - 2	29	27	30	28	HORIZONTAL 	126
	26	29	28			
	28	26	26			

Los valores de rebote obtenidos variaron entre 20 y 30, calculándose el promedio de número de rebote en cada una de las columnas ensayadas. Dando como resultado resistencias aproximadamente de **8.4 MPa, 9.0 MPa y 12.4 MPa**, respectivamente ($1 \text{ MPa} \approx 10.197 \text{ kg/cm}^2$). De acuerdo con la NEC-SE-HG, la resistencia mínima requerida para hormigón estructural en columnas de edificaciones convencionales es de $f'_c \geq 21 \text{ MPa}$.

Por lo tanto, los tres valores obtenidos se encuentran por debajo del mínimo normativo, lo que indica que el hormigón no posee la resistencia suficiente para desempeñar su función estructural con seguridad. Este déficit compromete la capacidad de carga axial y flexo compresiva de las columnas.

2.4.2.3 Ensayo de pachometría

A continuación, se presenta el esquema del armado de las varillas en cada una de las columnas seleccionadas



A partir de este análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

- ❖ **Refuerzo longitudinal:** 4 varillas de 10 mm ubicadas en las esquinas de la columna.
- ❖ **Refuerzo transversal (estribos):** Varillas de 7.5 mm de diámetro con separación de 15 cm.
- ❖ **Área total de acero longitudinal:** $4 \times 78.5 \text{ mm}^2 = 314 \text{ mm}^2$.

Según la NEC-SE-HG 2015, para columnas de 200 mm x 200 mm ($A_g = 40,000 \text{ mm}^2$), el área mínima requerida es $0.01A_g = 400 \text{ mm}^2$. Por lo tanto, el refuerzo existente es inferior al mínimo normativo, comprometiendo la capacidad axial y flexo compresiva de la columna.

2.4.3 Ensayos de laboratorio

2.4.3.1 Resistencia del hormigón

LABORATORIO DE SUELOS										
ING. CIVIL REG. PROF. 09 - 5230										
URBANOR MZ. L1 - V. 38 ; TELF: 23315971 - 0994340172										
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO ASTM C 873										
PROYECTO:		Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil								
UBICACIÓN:		Coop Luis Vargas Torres Mz. E2 V. 4169								
SOLICITA:		Patsy Alina Villacrés Orovio								

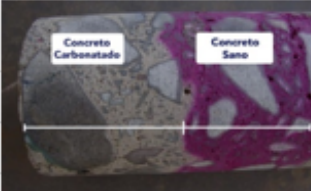
El ensayo de resistencia a la compresión se realizó en una muestra extraída obteniéndose un valor promedio de:

- ❖ **Resistencia a compresión:** 121 kg/cm²
- ❖ **Equivalencia:** ≈ 11.87 MPa (1 MPa = 10.197 kg/cm²)

Este resultado indica que el hormigón no cumple con los requisitos mínimos de resistencia establecidos por la NEC-SE-HG, comprometiendo la seguridad estructural de la edificación.

La NEC-SE-HG establece como resistencia mínima de diseño para concreto estructural $f'_c = 21$ MPa para elementos sometidos a cargas estructurales normales en edificaciones convencionales. En este caso la resistencia medida es menor que la resistencia mínima requerida lo que implica una pérdida en la capacidad de carga axial, flexo compresiva y cortante de las columnas.

2.4.3.2 Carbonatación

LABORATORIO DE SUELOS ING. CIVIL REG. PROF. 09 - 5230 URBANOR MZ. L1 - V. 38 ; TELF: 23315971 - 0994340172														
DETERMINA EL GRADO DE CARBONATACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL REACTIVO FENOLFTALEÍNA, APLICANDO LA NORMA ASTM – D 1293														
PROYECTO:	Diseño y rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil													
UBICACIÓN:	Coop. Luis Vargas Torres Mz. E2 V. 4169													
SOLICITA:	Patsy Alina Villacrés Orovio													
PASO PEATONAL - SECTOR BLOQUE DE VIVIENDAS ACACIAS														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="width: 33%;">ELEMENTO</th> <th style="width: 33%;">FECHA DE ENSAYO</th> <th style="width: 34%;">Observaciones (Reacción a la fenolftaleína)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;">COLUMNA</td> <td>24/6/2025</td> <td style="color: red; font-weight: bold;">NEGATIVO</td> </tr> </tbody> </table>			ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	Observaciones (Reacción a la fenolftaleína)	COLUMNA	24/6/2025	NEGATIVO						
ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	Observaciones (Reacción a la fenolftaleína)												
COLUMNA	24/6/2025	NEGATIVO												
  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%; background-color: #ff00ff;"></td> <td style="width: 30%;">POSITIVO</td> <td style="width: 60%;">HORMIGÓN NO CARBONATADO</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffccff;"></td> <td>LEVE</td> <td>INICIOS DE CARBONATACIÓN</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffccff;"></td> <td>MUY LEVE</td> <td>EN PROCESO DE CARBONATACIÓN</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffffff;"></td> <td>NEGATIVO</td> <td>HORMIGÓN CARBONATADO</td> </tr> </table>				POSITIVO	HORMIGÓN NO CARBONATADO		LEVE	INICIOS DE CARBONATACIÓN		MUY LEVE	EN PROCESO DE CARBONATACIÓN		NEGATIVO	HORMIGÓN CARBONATADO
	POSITIVO	HORMIGÓN NO CARBONATADO												
	LEVE	INICIOS DE CARBONATACIÓN												
	MUY LEVE	EN PROCESO DE CARBONATACIÓN												
	NEGATIVO	HORMIGÓN CARBONATADO												

2.4.4 Análisis de resultados

2.4.4.1 Cuadro comparativo entre resultados de propiedades del hormigón

ENSAYO	RESULTADOS
Esclerometría	- Las resistencias obtenidas fueron: - Columna A-5 = 8.4 MPa - Columna C-6 = 9.0 MPa - Columna B-2 = 12.4 MPa - Valores inferiores al mínimo normativo de 21 MPa según la NEC-SE-HG - Hormigón no cumple con la resistencia estructural requerida
Resistencia a la compresión del hormigón	- Se realizó el ensayo en la columna B-2 al igual que la esclerometría - Resistencia a compresión = 11.87 MPa - El valor obtenido es cercano al de la esclerometría por lo que es válido - Se considera la resistencia determinada en este ensayo como la representativa al ser el procedimiento que predomina

2.4.4.2 Cuadro de resultados de propiedades del acero y su armado

ENSAYO	RESULTADOS
Pachometría	- Las columnas poseen 4 varillas de 10 mm como refuerzo longitudinal y estribos de 1.5 mm cada 15 cm - El área total de acero longitudinal es 314 mm², inferior al mínimo requerido de 400 mm² según la NEC-SE-HG
Carbonatación	- El hormigón no presentó cambio de coloración con la fenolftaleína aplicada confirmando la presencia de hormigón carbonatado - El pH en la zona evaluada es inferior a 12 - Pérdida de la capa pasivadora protectora del acero, generando corrosión

2.5 Análisis de alternativas

2.5.1.1 *Alternativa A: Rehabilitar las columnas deterioradas*

Rehabilitar las columnas deterioradas del tercer nivel mediante una técnica de reforzamiento óptima que permita recuperar su funcionalidad estructural y su capacidad de resistir cargas futuras, implementándose desde la planta baja para lograr una intervención integral. Esta opción resultaría la más adecuada de implementar en caso de que las columnas presenten:

- ✓ Desprendimiento considerable del recubrimiento del hormigón
- ✓ Fisuración estructural significativa
- ✓ Corrosión avanzada en el acero
- ✓ Pérdida parcial de sección transversal del acero

Dentro de esta alternativa de solución se debe de llevar a cabo el proceso que se detalla a continuación:

- ❖ Evaluación de recubrimiento y estado de las varillas
- ❖ Modelamiento del sistema estructural actual utilizando el software Etabs
- ❖ Identificación de columnas con insuficiencia estructural
- ❖ Elección de la técnica adecuada de reforzamiento según el tipo y magnitud de los daños
- ❖ Diseño estructural del sistema de reforzamiento
- ❖ Ejecución del reforzamiento según la técnica seleccionada

2.5.1.2 Alternativa B: Resanar las columnas deterioradas

Resanar las columnas deterioradas del tercer nivel en aquellas zonas que se encuentren afectadas para restituir su durabilidad y proteger su capacidad resistente. Si las columnas presentan:

- ✓ Desprendimiento parcial del recubrimiento del concreto
- ✓ Micro fisuras en el hormigón
- ✓ Inicio de exposición y corrosión del acero

Esta alternativa de solución contempla la implementación del siguiente procedimiento:

- ❖ Inspección detallada de la columna
- ❖ Demolición moderada de las zonas deterioradas identificadas
- ❖ Limpieza y aplicación de inhibidor de corrosión en armaduras
- ❖ Aplicación del material de resane (mortero de reparación estructural con aditivos de adherencia y retracción compensada o micro concreto)

2.5.1.3 Alternativa C: Demoler todas las columnas deterioradas

Demoler todas las columnas deterioradas del tercer nivel debido a que su grado de afectación compromete de manera irreversible su resistencia, estabilidad y funcionalidad estructural, con la finalidad de su reconstrucción completa con hormigón y armaduras nuevas.

Esta alternativa de solución sería la más favorable, si las columnas presentan:

- ✓ Pérdida significativa de la sección transversal del hormigón
- ✓ Fisuración profunda
- ✓ Nivel severo de corrosión de acero de refuerzo
- ✓ Reducción de sección de las armaduras supera el 25% de su totalidad

Para esta opción de intervención, corresponde aplicar el proceso que se especifica en brevedad:

- ❖ Evaluación estructural
- ❖ Análisis estructural detallado para observar el comportamiento de la edificación durante y después de la demolición
- ❖ Instalación de apuntalamientos metálicos o de madera
- ❖ Corte de conexiones estructurales con las columnas
- ❖ Retiro de acabados
- ❖ Ejecución de demolición controlada con martillos livianos (máx. 10kg)

2.5.2 Criterios de análisis

2.5.2.1 *Escala de Likert*

La escala de Likert de 3 puntos es una herramienta psicométrica de medición ordinal utilizada para evaluar actitudes, percepciones u opiniones mediante tres opciones de respuesta, en este caso estructuradas como:

- ✓ **1:** Baja
- ✓ **2:** Media
- ✓ **3:** Alta

Esta escala permite recopilar datos de manera rápida y simple, siendo adecuada para contextos donde se requiere reducir la carga cognitiva del encuestado y agilizar el proceso de respuesta (Chartexpo, 2025).

Tabla 2.1*Escala de puntuaciones*

Criterio	Factor de importancia	Escala de Likert de puntuaciones		
		1 (Baja)	2 (Media)	3 (Alta)
Técnico	30%	10%	20%	30%
Económico	25%	8,33%	16,67%	25%
Operativo	25%	8,33%	16,67%	25%
Temporal	10%	3,33%	6,67%	10%
Ambiental	10%	3,37%	6,67%	10%

Nota. Elaboración propia

Tabla 2.2*Aspectos de puntuaciones*

Criterio	1	2	3
Técnico	No cumple con lo determinado en NEC-SE-DS para el análisis y diseño sísmico, ni con la capacidad de carga para tener una edificación segura	Cumple con las especificaciones de capacidad de carga, pero no cumple con lo determinado en NEC-SE-DS para tener una edificación segura	Cumple con lo establecido en NEC-SE-DS para el diseño sísmico y con la capacidad de carga para tener una edificación segura
Económico	Ensayos, equipo, materiales y mano de obra producen costos altos	Ensayos, equipo, materiales y mano de obra producen costos moderados	Ensayos, equipo, materiales y mano de obra producen costos bajos
Operativo	Se requiere personal con experiencia sin necesidad de conocimientos técnicos específicos	Se requiere de personal con experiencia previa y conocimientos técnicos específicos	Se requiere personal capacitado con conocimientos técnicos específicos
Temporal	Requiere de un tiempo prolongado de ejecución de la obra	Requiere de un tiempo moderado de ejecución de la obra	Requiere de un tiempo bajo de ejecución de la obra

Ambiental	El impacto ambiental generado por la gestión de los residuos sólidos en la etapa constructiva es elevado	El impacto ambiental generado por la gestión de los residuos sólidos en la etapa constructiva es moderado	El impacto ambiental generado por la gestión de los residuos sólidos en la etapa constructiva es despreciable
-----------	--	---	---

Nota. El criterio técnico se basa en la normativa NEC-SE-DS y los otros puntos a partir del análisis de los requerimientos de la obra

Tabla 2.3

Puntuación de alternativas

Criterios	Alternativas		
	A	B	C
Técnico	3	2	1
Económico	2	3	1
Operativo	3	2	3
Temporal	2	1	3
Ambiental	2	2	1

Tabla 2.4*Tabla de ponderaciones*

Criterios	Factor de importancia	Puntuaciones			Total de ponderaciones		
		A	B	C	A	B	C
Técnico	30%	3	2	1	30%	20%	10%
Económico	25%	2	3	1	16,67%	25%	8,33%
Operativo	25%	3	2	3	25%	16,67%	25%
Temporal	10%	2	1	3	6,67%	3,33%	10%
Ambiental	10%	2	2	1	6,67%	6,67%	3,33%
100%					85,01%	71,67%	56,66%

2.5.3 Selección de mejor alternativa

En base al análisis realizado para la obtención de la alternativa de solución óptima, la **opción A** presenta el mayor valor de ponderación, donde se propone realizar una rehabilitación en las columnas deterioradas mediante la técnica de reforzamiento de encamisado con hormigón armado, cumpliendo con el objetivo planteado en el proyecto.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Análisis y estudios preliminares

3.1.1 *Análisis estructural de la condición actual de la vivienda*

3.1.1.1 Normas. Para el análisis y diseño estructural se emplearán las siguientes especificaciones técnicas:

- ✓ Building Code Requirements for Structural Concrete ACI 318 – 14
- ✓ Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), Cap. Cargas (No Sísmicas)
- ✓ Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), Cap. Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente
- ✓ Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), Cap. Estructuras de Hormigón Armado

3.1.1.2 Materiales. Las propiedades mecánicas de los elementos estructurales que conforman la estructura se detallan a continuación:

- ✓ La resistencia a la compresión del hormigón corresponde a 120 Kg/cm²
- ✓ El acero de refuerzo adoptado será ASTM A615 Grado 60, cuyo esfuerzo a la fluencia es de 4200 Kg/cm².

3.1.1.3 Cargas Aplicadas. Las cargas aplicadas en la estructura se dividen en dos grupos, las cargas muertas y las cargas de servicio las cuales se detallan a continuación:

- ✓ **Cargas muertas (D):** Este estado de carga corresponde al peso propio de los elementos que conforman la estructura (vigas, columnas y losa). Adicionalmente, se incluye el peso de los acabados, paredes, instalaciones y ductos.

- ✓ **Cargas de servicio (L):** Para este estado de carga se considerará el uso que tendrá la edificación, el cual será para viviendas. El valor que se adoptará según lo dispuesto en la NEC 2015 es de 200 Kg/m², mientras que para la cubierta se adoptará un valor

Figura 3.1

Cargas según ocupación o uso de la estructura

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Patios y terrazas peatonales	4.80	
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm²)		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	

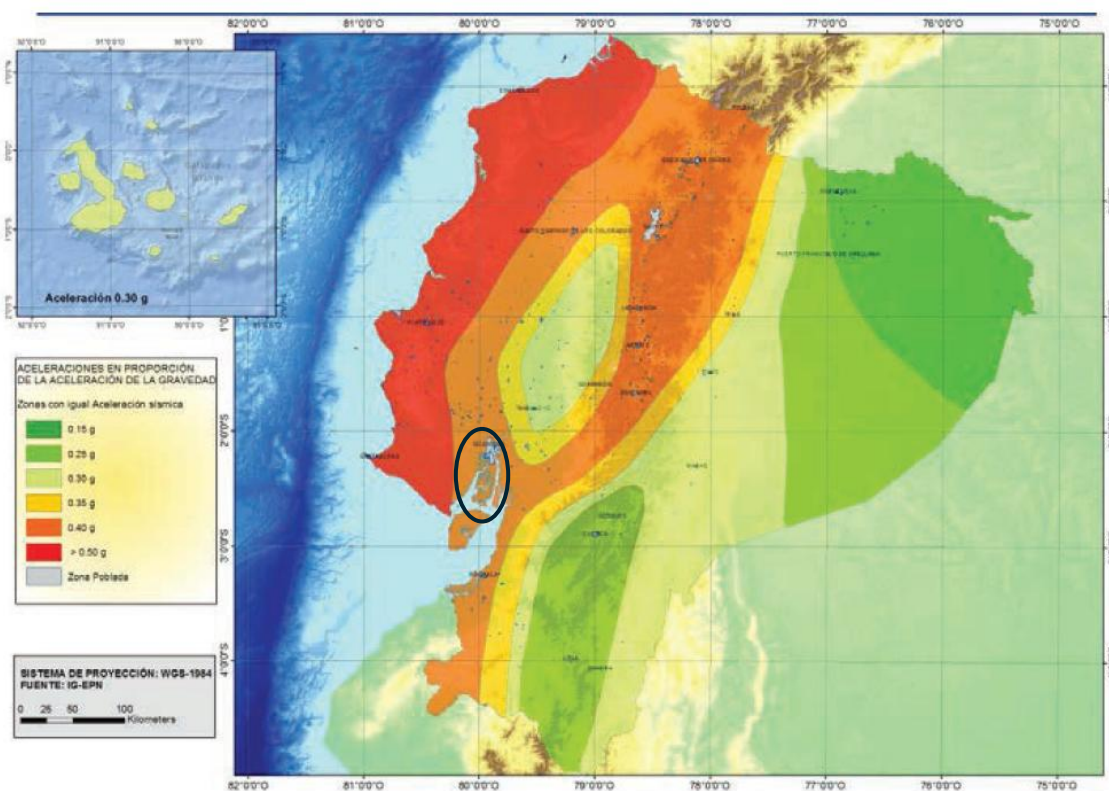
Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

3.1.1.4 Carga Sísmica. Del capítulo Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente (NEC 15), se obtienen los parámetros sísmicos en base a la ubicación del proyecto, tipología y geometría de la estructura. Al encontrarse la edificación en la ciudad de Guayaquil, se tiene que el valor de factor de Zona Z es 0.40 de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Ecuador que se muestra en la Figura 25.

Figura 3.2

Mapa de zonificación sísmica del Ecuador



Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.3

Valores del factor Z en función de la zona sísmica

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

El tipo de perfil de suelo que se adoptará para la construcción del espectro de diseño será un Suelo Tipo D.

Figura 3.4

Valores de F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto

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	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.5

Valores de F_d : Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

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	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.6

Valores de F_s : Comportamiento no lineal de los suelos

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	≥ 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	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.7

Valores de Coeficiente η : Relación de amplificación espectral

• $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
• $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
• $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.8

Valores de Factor r

r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
$r = 1$	para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
$r = 1.5$	para tipo de suelo E.

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Con los datos de factor de zona y el perfil de suelo, se obtienen los coeficientes para el perfil suelo seleccionado, los cuales se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1

Coeficientes y parámetros sísmicos obtenidos

Descripción	Simbología	Coeficiente
Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.	Fa	1.2
Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca.	Fd	1.19
Comportamiento no lineal de los suelos.	Fs	1.28
Relación de amplificación espectral	η	1.80

Analizando la configuración estructural horizontal y vertical de la edificación, se determina que la misma no posee irregularidades en planta y elevación, por lo cual se adopta para estas variables el valor de 1.

Figura 3.9

Valores de coeficiente I: Factor de importancia

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.	1.5
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	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

La NEC 2015 establece que el valor de R (factor de reducción de las fuerzas sísmicas de diseño) depende del tipo de estructura, factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límites, entre otros factores; siendo los que se mencionan los principales para este estudio. En la NEC 2015 existe una clasificación de los valores de R según el tipo de estructura.

Figura 3.10

Clasificación del valor de R para sistemas estructurales dúctiles.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Sistemas Estructurales Dúctiles	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
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
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

Figura 3.11

Clasificación del factor R para sistemas de ductilidad reducida

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

En estructuras que se garanticen la ductilidad se puede emplear un valor de $R = 8$; para ellos se emplean criterios sismo resistentes establecidos en las normas como el detallamiento de los elementos estructurales.

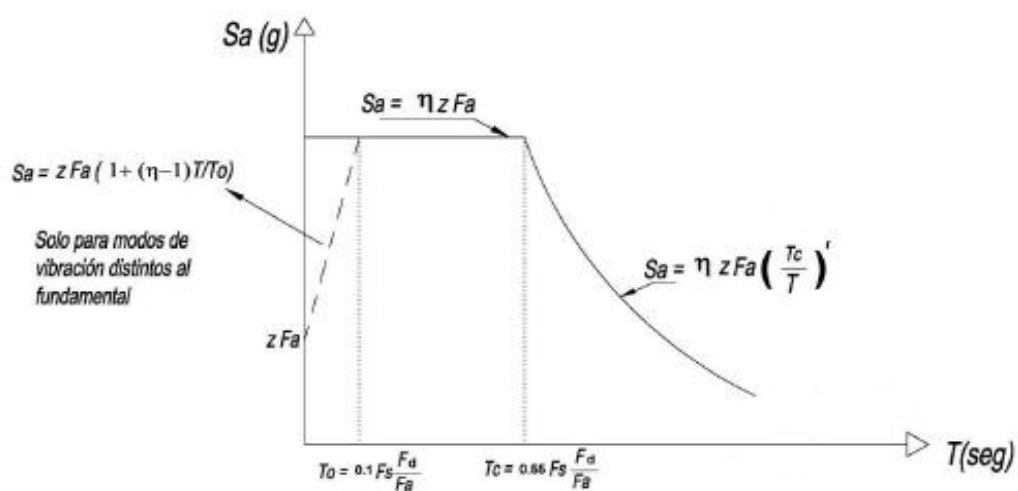
En este caso, considerando que la edificación corresponde a un sistema de pórtico resistente a momento y que sus elementos estructurales no poseen una ductilidad adecuada por no cumplir con los criterios de diseños sismo resistentes; a manera conservadora se seleccionó un valor de $R = 3$.

Para la construcción del espectro se emplearon los criterios establecidos en la NEC 2015, los cuales se detallan a partir de los factores que se definieron, se construyeron varias curvas del espectro inelástico para diferentes valores de R. cabe mencionar que el valor de R es inversamente proporcional al valor de la aceleración espectral de diseño, es decir:

En donde:

Figura 3.12

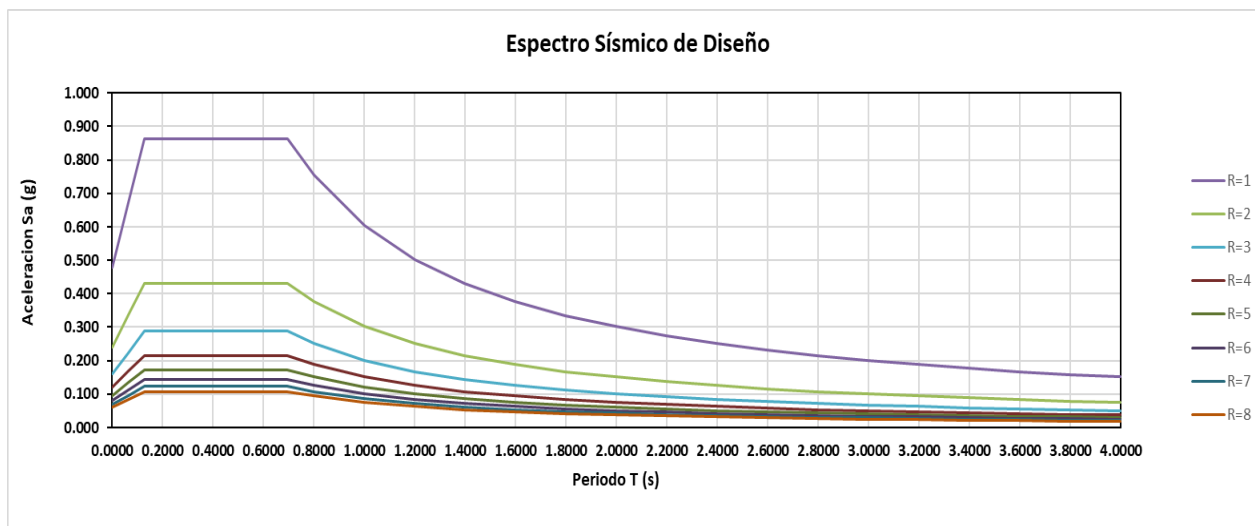
Detalle de construcción del espectro inelástico



En la figura a continuación se muestran los diferentes espectros sísmicos de diseño para distintos valores de R.

Figura 3.13

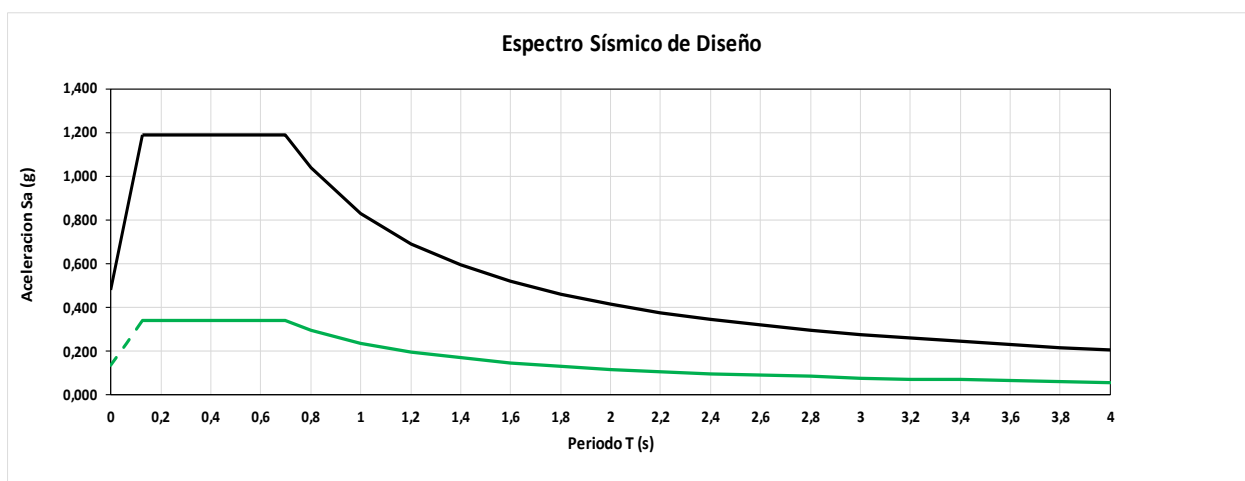
Espectro sísmico de diseño para diferentes valores de R



Con todos los coeficientes y factores obtenidos, se construyen los espectros que se detallan en la Figura 3.4, el espectro elástico (línea color negra) y el espectro inelástico (línea color verde).

Figura 3.14

Espectro sísmico de diseño de la situación actual de la vivienda

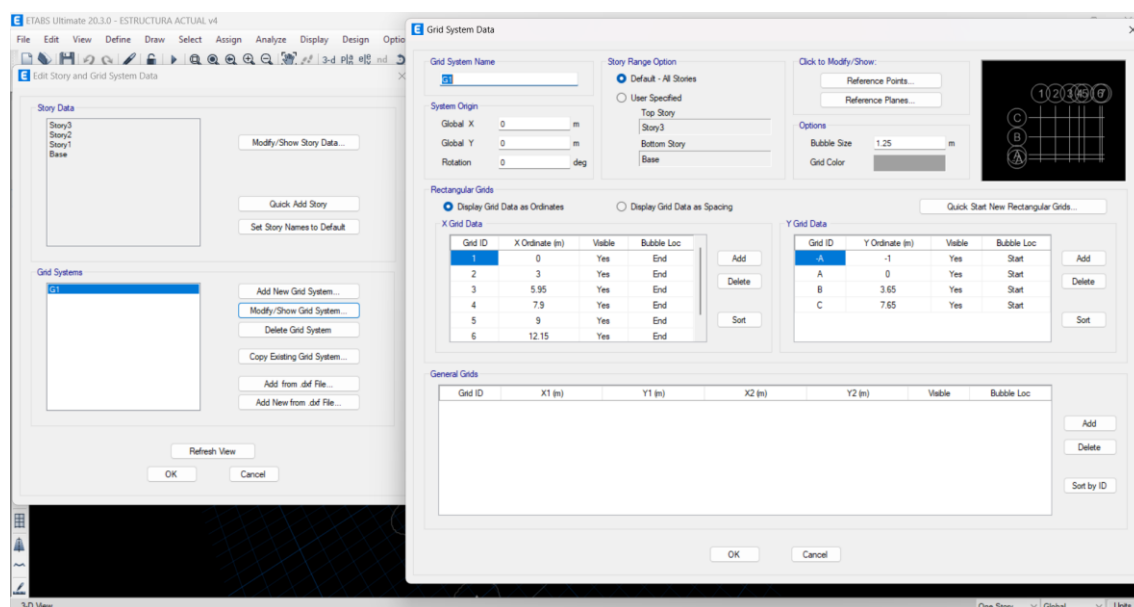


3.1.1.5 Proceso del Modelado Estructural de la Situación Actual. Para evaluar la configuración estructural existente, siguiendo el modelado estructural de la situación actual, se modela toda la edificación en el software ETABS, lo que permitirá identificar posibles fallas en las columnas. A continuación, se detallan los pasos a seguir del procedimiento:

En el menú “Add/Modify Grid” se define la rejilla de los ejes para cada dirección, así como también de los niveles del sistema de entrepiso. Cabe mencionar que en este menú se debe colocar la distancia entre ejes.

Figura 3.15

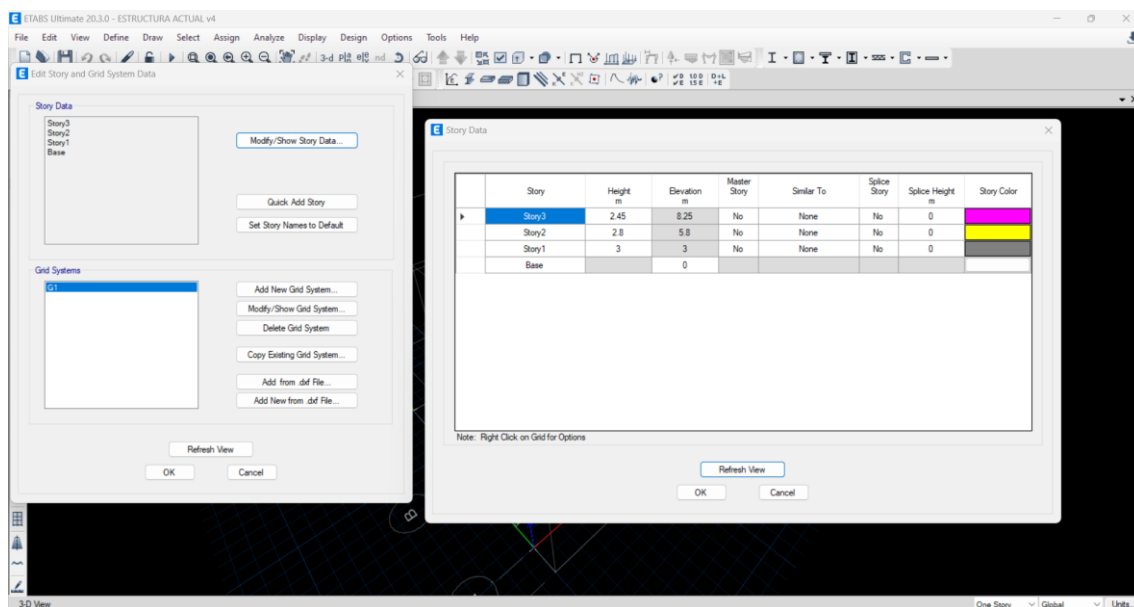
Distancia entre ejes



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

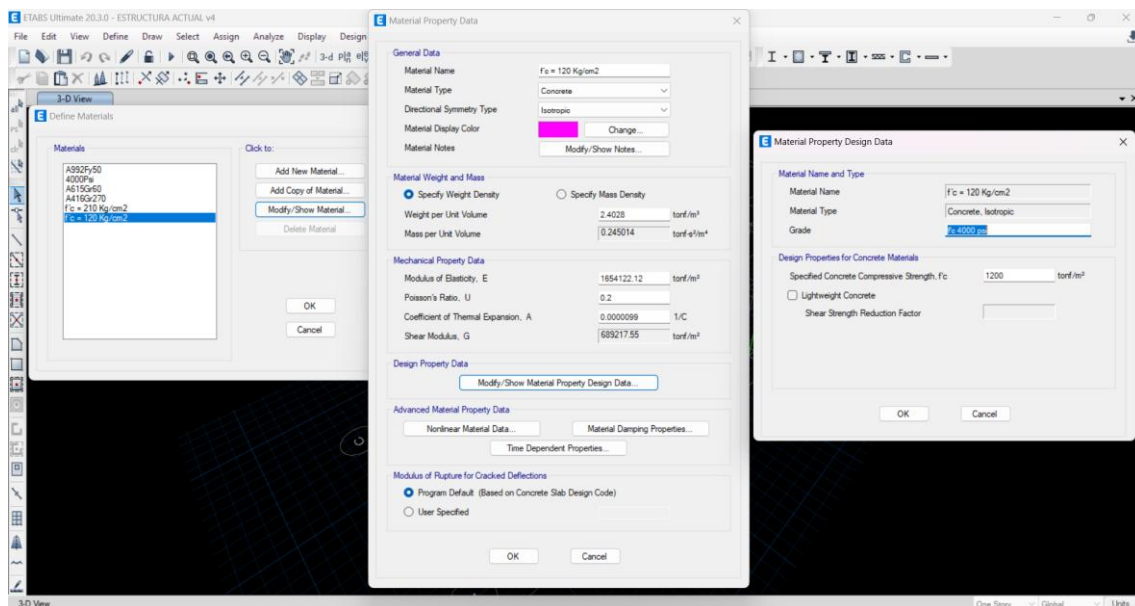
Figura 3.16

Altura de entrepisos



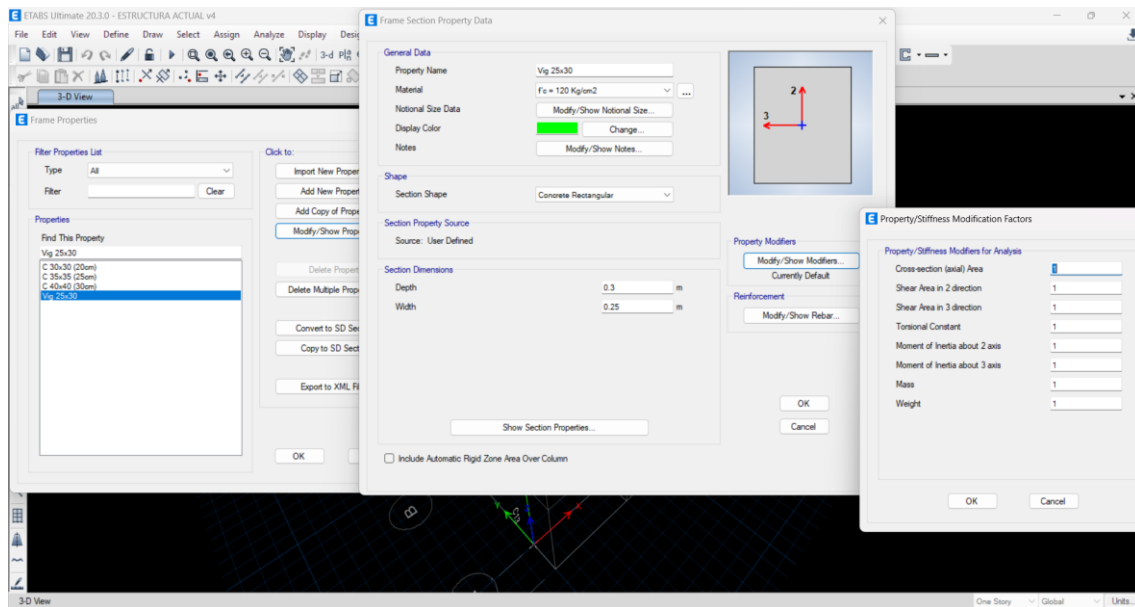
Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En el menú Define, en la opción “Material Properties” se ingresan los materiales con sus respectivas propiedades constitutivas que se emplearán para el análisis estructural. Para el caso del hormigón armado se debe colocar la resistencia a la compresión (f'_c) y su módulo de elasticidad.

Figura 3.17*Material Properties*

Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En el menú Define, en la opción “Section Properties” se debe ingresar las secciones de los elementos que conforman la estructura identificándolas con nombres, así como también la resistencia a la compresión del elemento a analizar. Para el análisis de las derivas, se debe ingresar los factores de modificación de inercia que se definen en las normas.

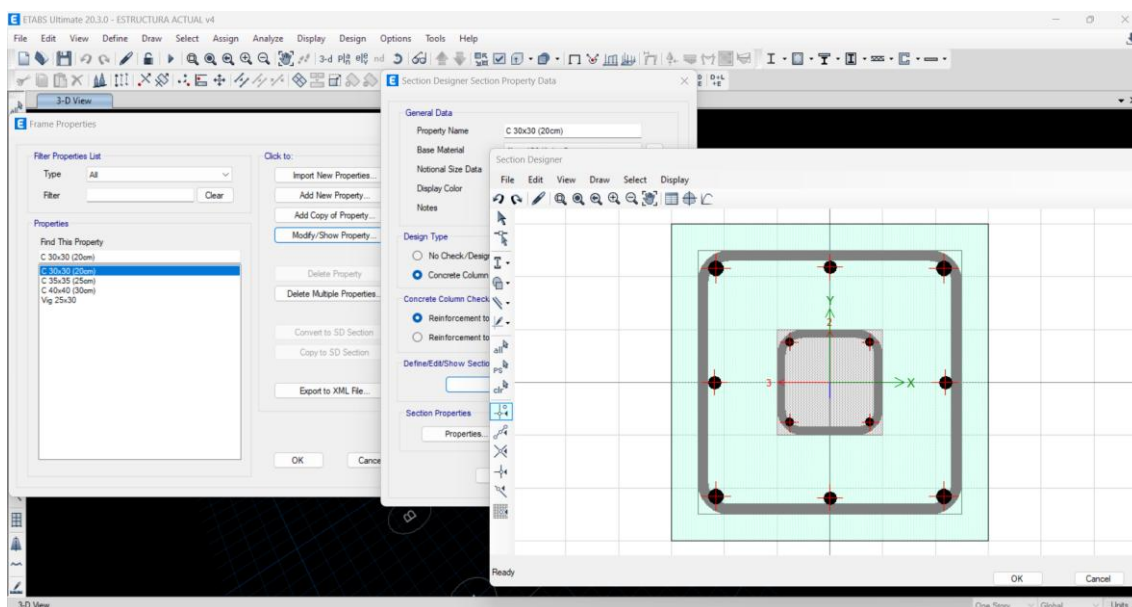
Figura 3.18*Section Properties*

Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En el menú “Section Properties”, se ingresa a la opción “Section Designer”, para colocar las secciones de los elementos según su configuración real.

Figura 3.19

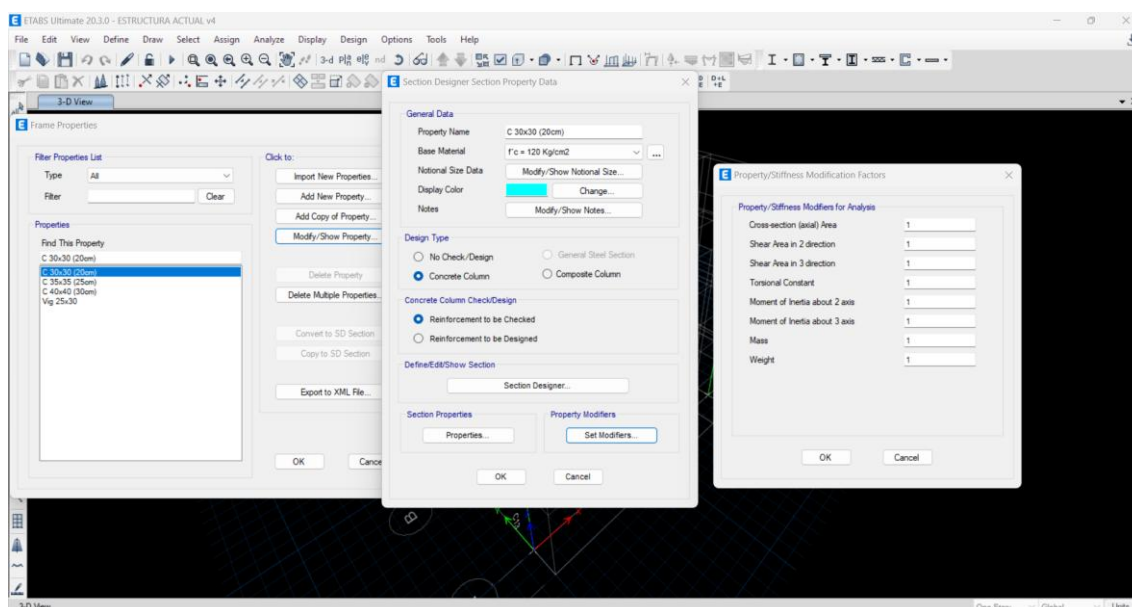
Definición de la sección



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Figura 3.20

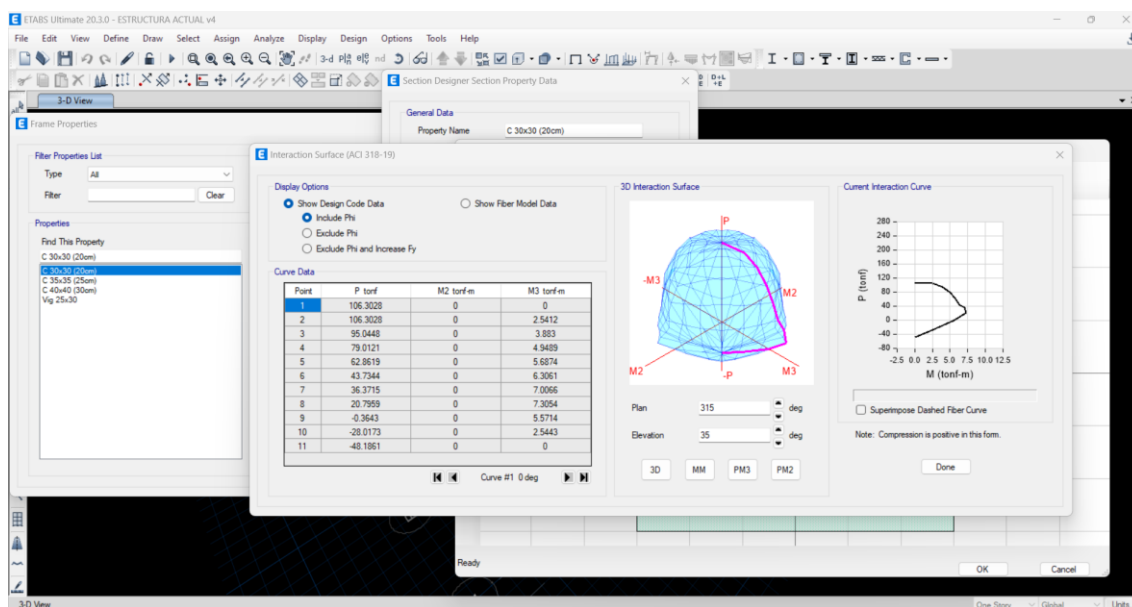
Factores de modificación



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Figura 3.21

Diagrama de interacción de la sección

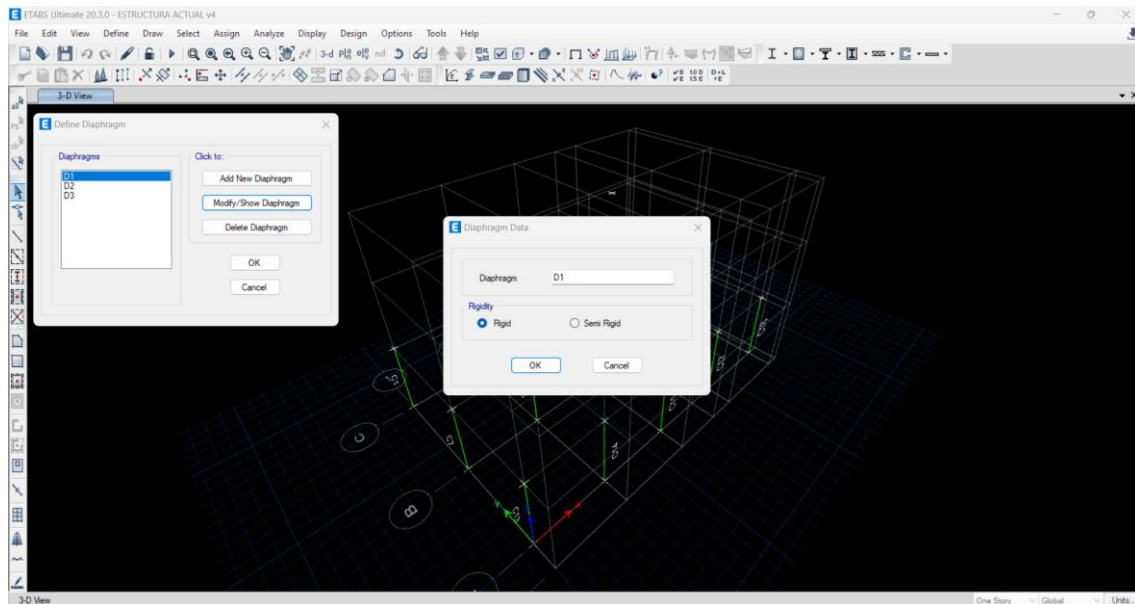


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En el menú “Define”, en la sección “Diaphragm Data” se definen los diafragmas, se crea uno para cada piso.

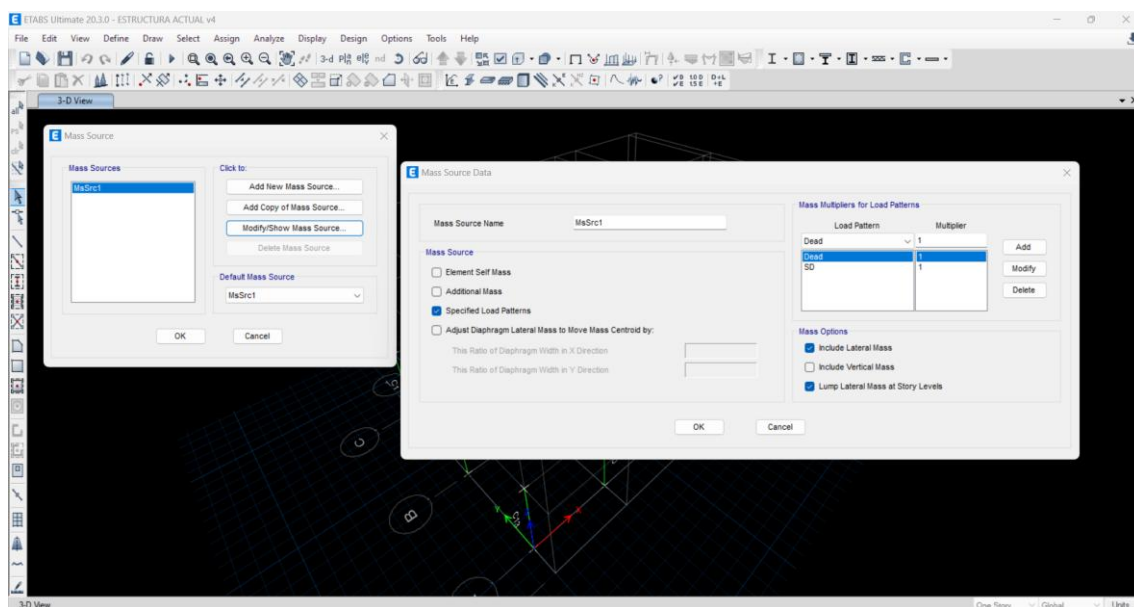
Figura 3.22

Diaphragmas



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para el análisis sísmico es necesario asignar al modelo los casos de carga que aportarán las cargas. En el menú “Define”, en la sección “Mass Source Data”, se ingresa el tipo de cargas que participarán en el análisis sísmico.

Figura 3.23*Casos de carga*

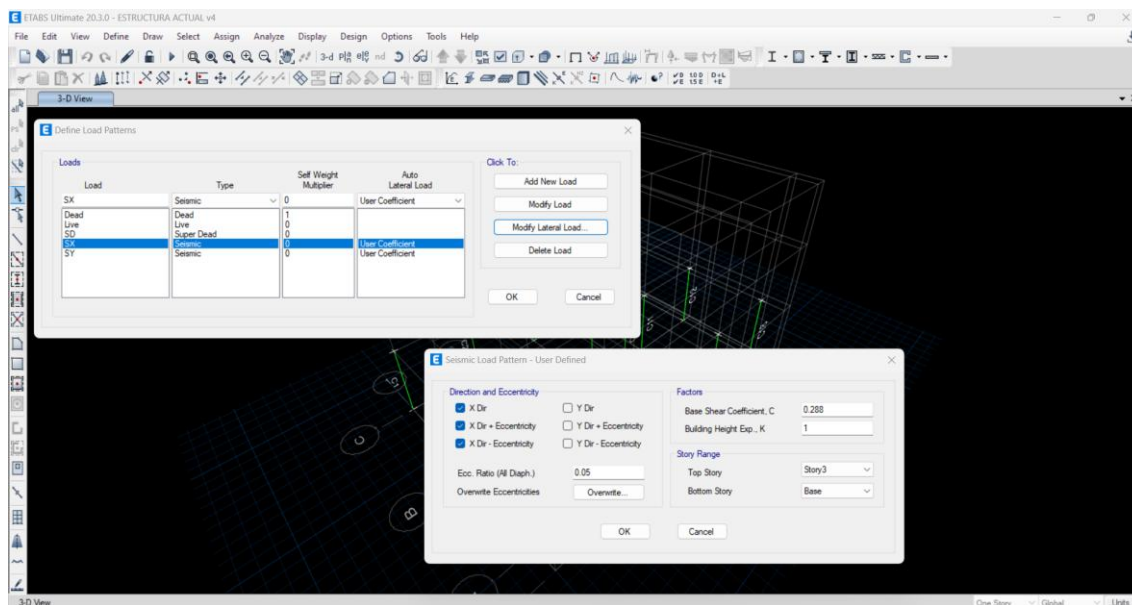
Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En la opción “Load Patterns”, del menú “Define” se definen los patrones de carga que participarán en el análisis estructural.

- ✓ Nombre de caso de carga
- ✓ Tipo de carga (estática o sísmica)
- ✓ Consideración de peso propio en el caso de carga (sólo se activa para la carga muerta)
- ✓ Para los casos de carga sísmica el tipo de análisis (se emplea coeficiente sísmico)

Figura 3.24

Patrones de carga



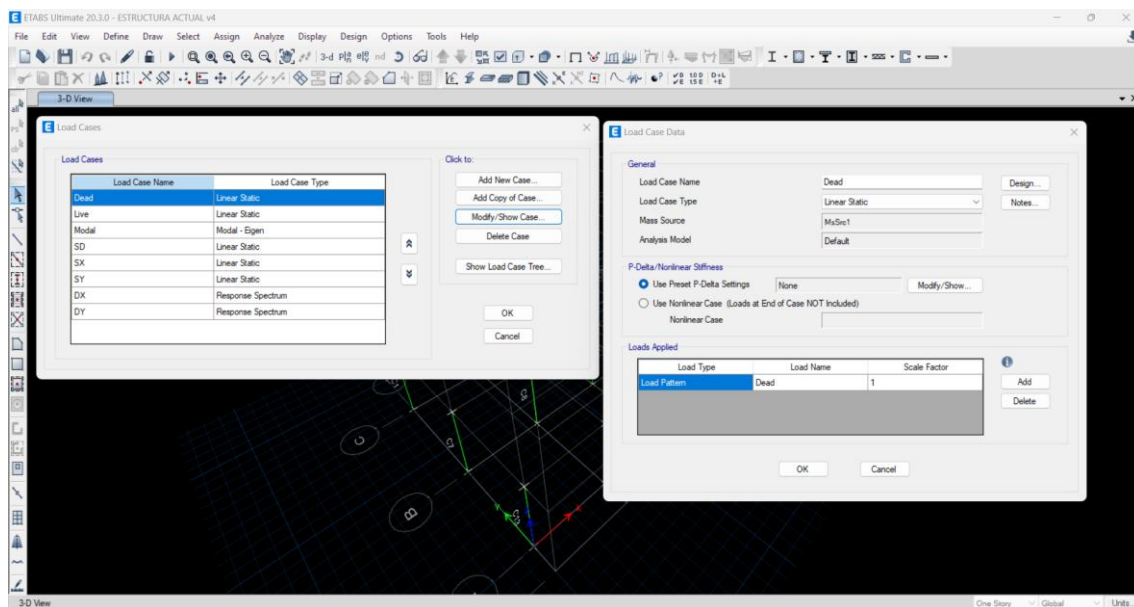
Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

En la lista desplegable de “Define”, en la opción “Load Cases”, se definen los casos de carga.

- ✓ Nombre del caso de carga
- ✓ Tipo de carga
- ✓ Factor de escala de la carga
- ✓ Para el análisis modal, se selecciona el número de modos de vibración
- ✓ Para el análisis sísmico dinámico, se debe seleccionar el espectro que se ingresa, así como también de la dirección del sismo en la cual se está analizando.

Figura 3.25

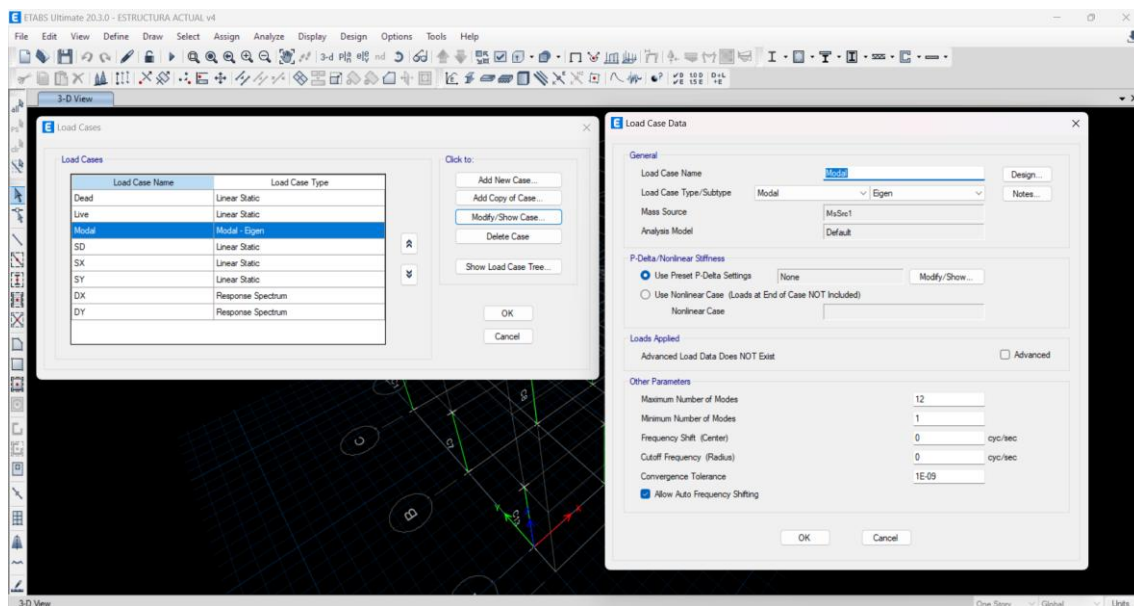
Tipo de carga



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Figura 3.26

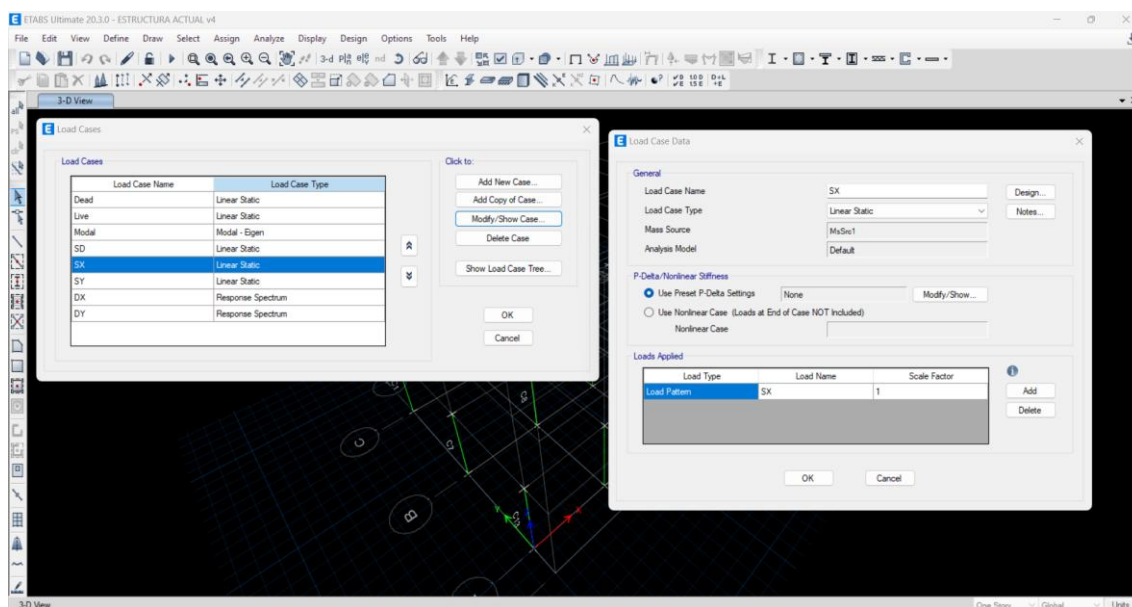
Número de modos de vibración



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Figura 3.27

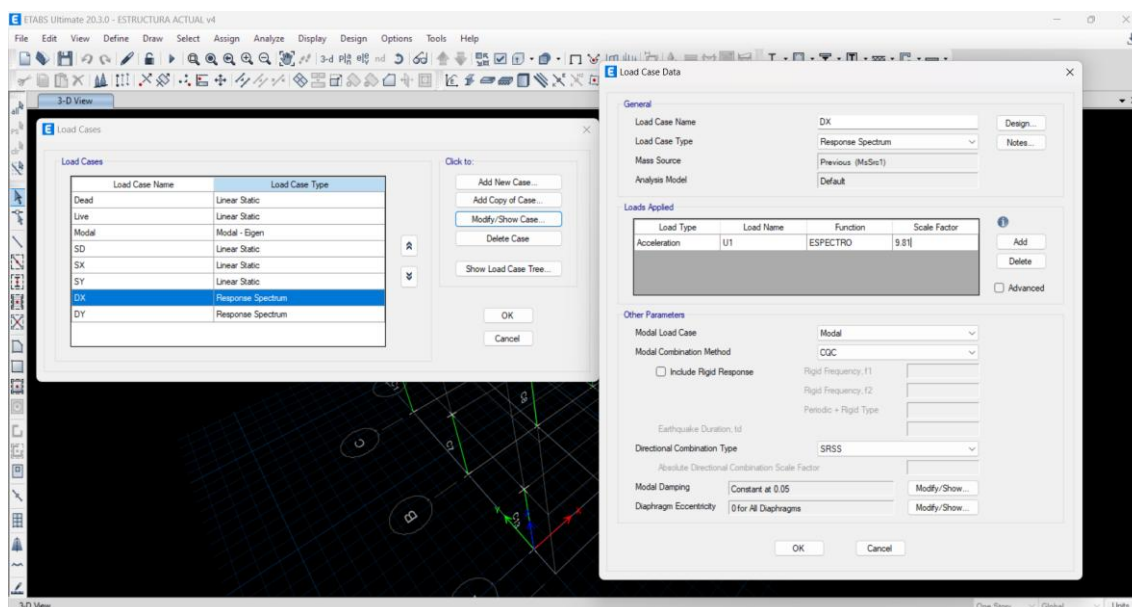
Selección del espectro



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Figura 3.28

Ingreso del espectro

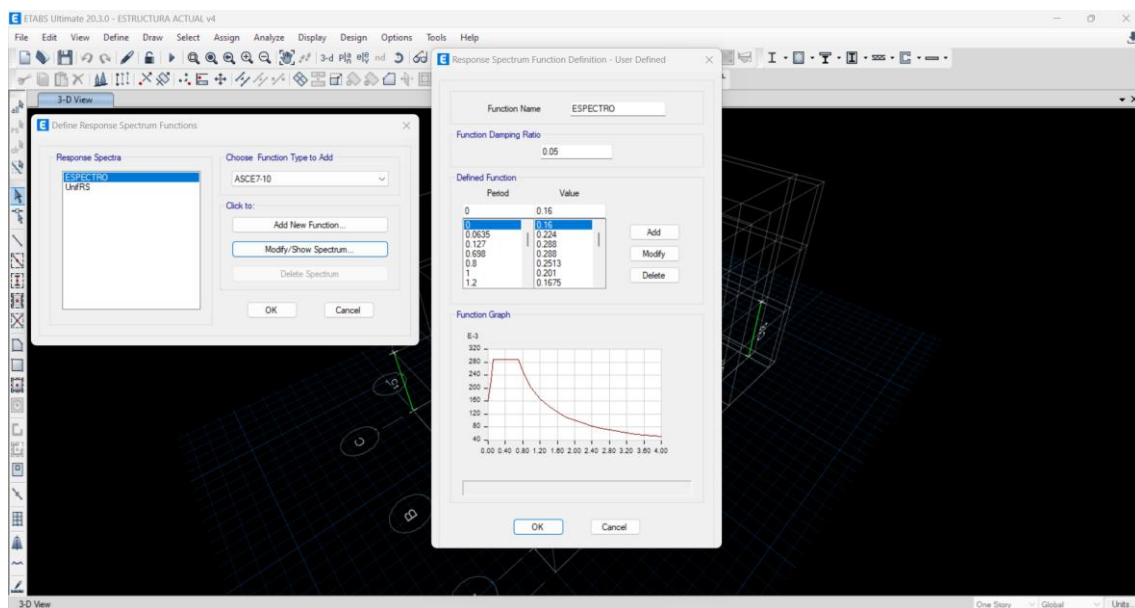


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para el análisis sísmico dinámico, se debe ingresar el espectro de respuesta del sitio en donde se encuentra ubicada la edificación.

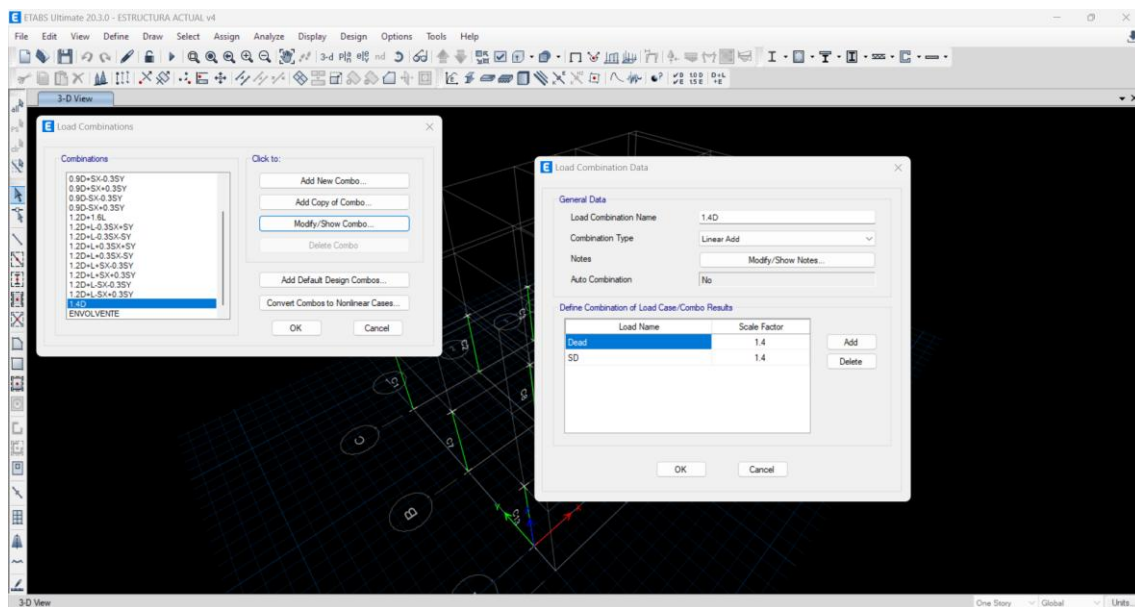
Figura 3.29

Espectro de respuesta del sitio



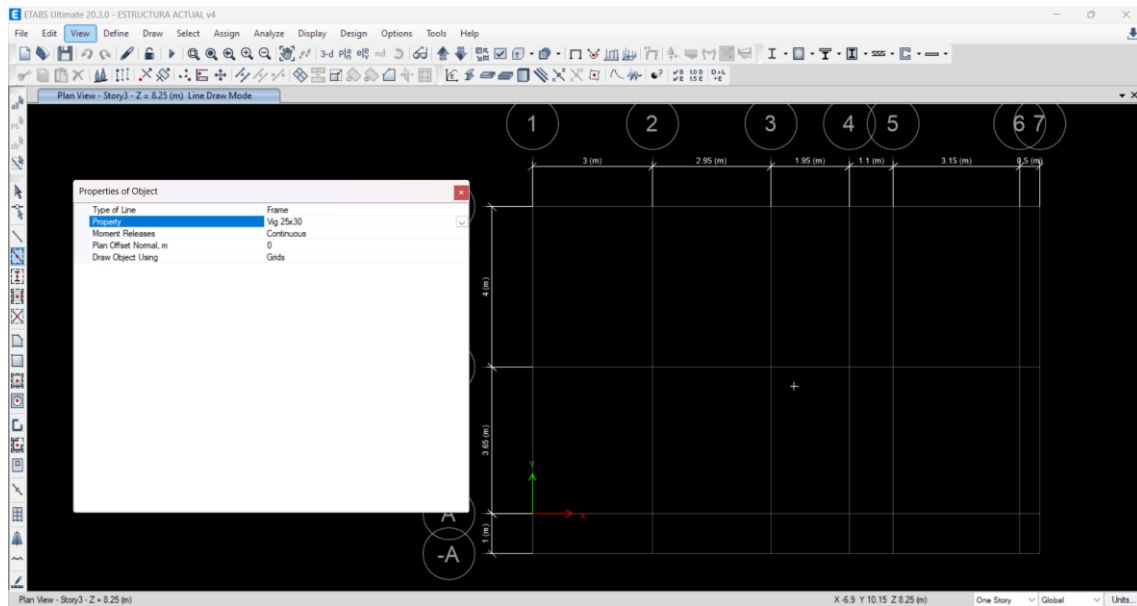
Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para ingresar las combinaciones de carga, se debe ingresar en el menú “Define”, en la opción “Load Combination”; donde se ingresa cada combinación de carga con su respectivo factor de escala.

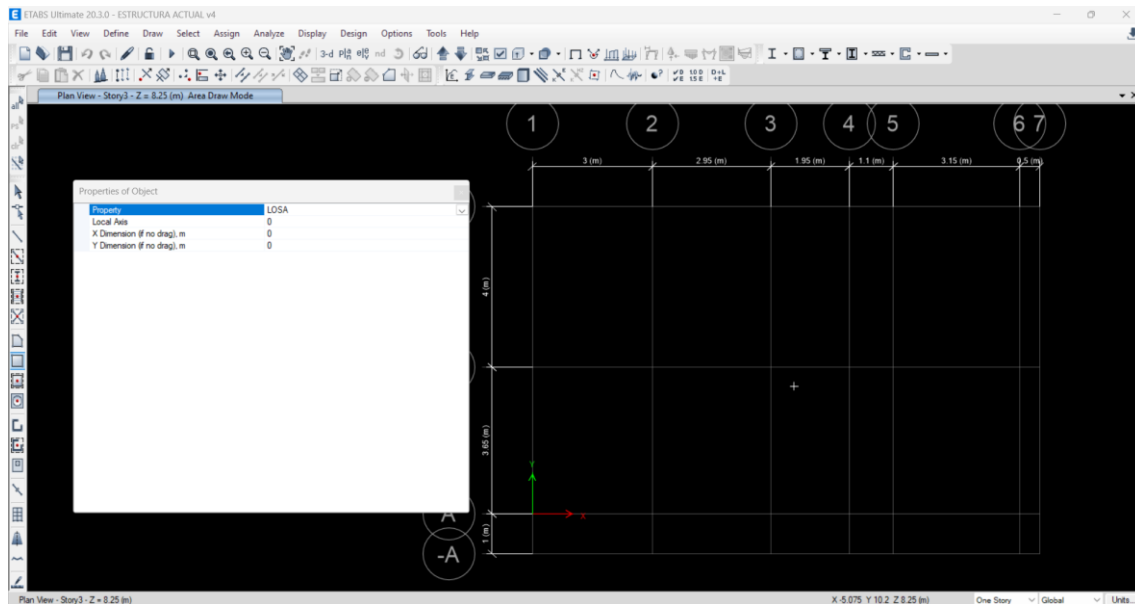
Figura 3.30*Combinaciones de carga*

Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para la asignación de las vigas y columnas, ingresamos en el menú “Properties Object”, en donde seleccionamos el elemento y luego iniciamos a modelar los elementos.

Figura 3.31*Asignación de vigas y columnas**Nota.* Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para el caso de la losa, de la misma manera que las vigas en el caso anterior, seleccionamos la propiedad de la losa y se la asigna en el paño que le corresponde.

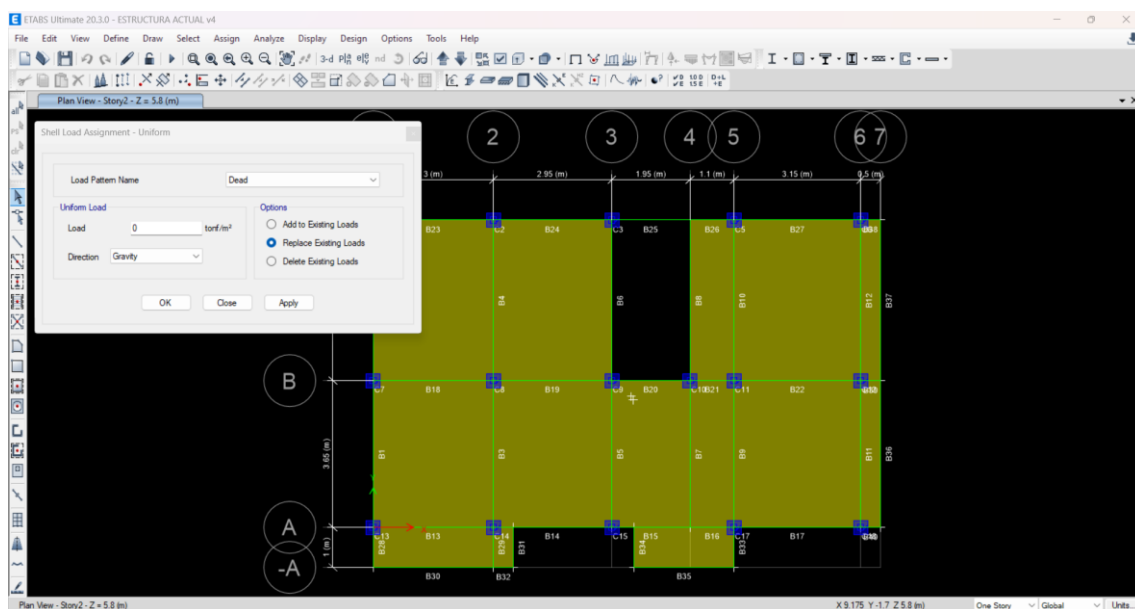
Figura 3.32*Asignación de losa*

Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Una vez modelados todos los elementos que conforman la estructura, se procede a asignar las cargas de diseño. En la pestaña “Assign”, en el menú “Shell Load Assignment”, se ingresan los valores para los casos de carga que se analizarán.

Figura 3.33

Asignación de cargas de diseño

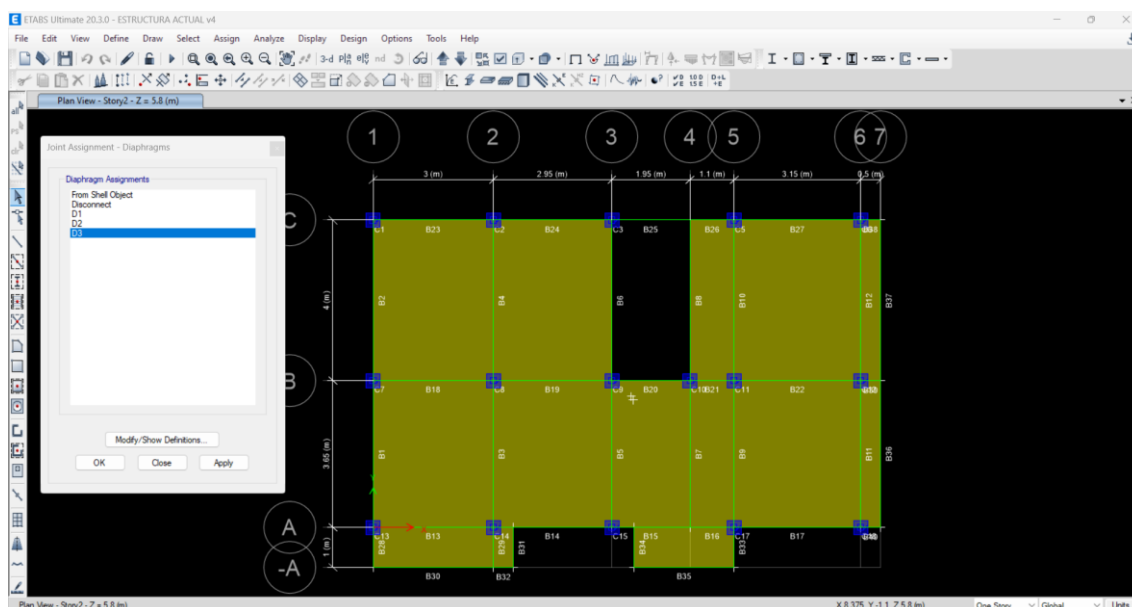


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

Para asignar los diafragmas, se ingresa en el menú “Assing”, en el listado desplegable de “Joint”, en la sección de “Joint Assigment”. Se seleccionan todos los nodos de la planta y se escoge el diafragma que corresponde. Cabe mencionar que es aconsejable crear un diafragma para cada planta.

Figura 3.34

Asignación de diafragmas



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

3.1.1.6 Modelado estructural de la situación actual. Se realizó un modelo estructural en el software ETABS donde se ingresaron las secciones de los elementos que conforman la estructura, así como también de sus respectivas propiedades mecánicas. El sistema de entrepiso adoptado para la edificación es un sistema de losas nervadas.

Adicionalmente, en el modelo se ingresaron las cargas gravitacionales debido al peso propio de los elementos y las de servicio, así como también se ingresaron los diferentes parámetros y el espectro de diseño para los análisis sísmicos.

A continuación, se muestra el modelo en el software ETABS, en el cual se visualiza la estructura bajo las condiciones actuales.

Figura 3.35

Vista en 3D del modelo estructural (condiciones actuales)

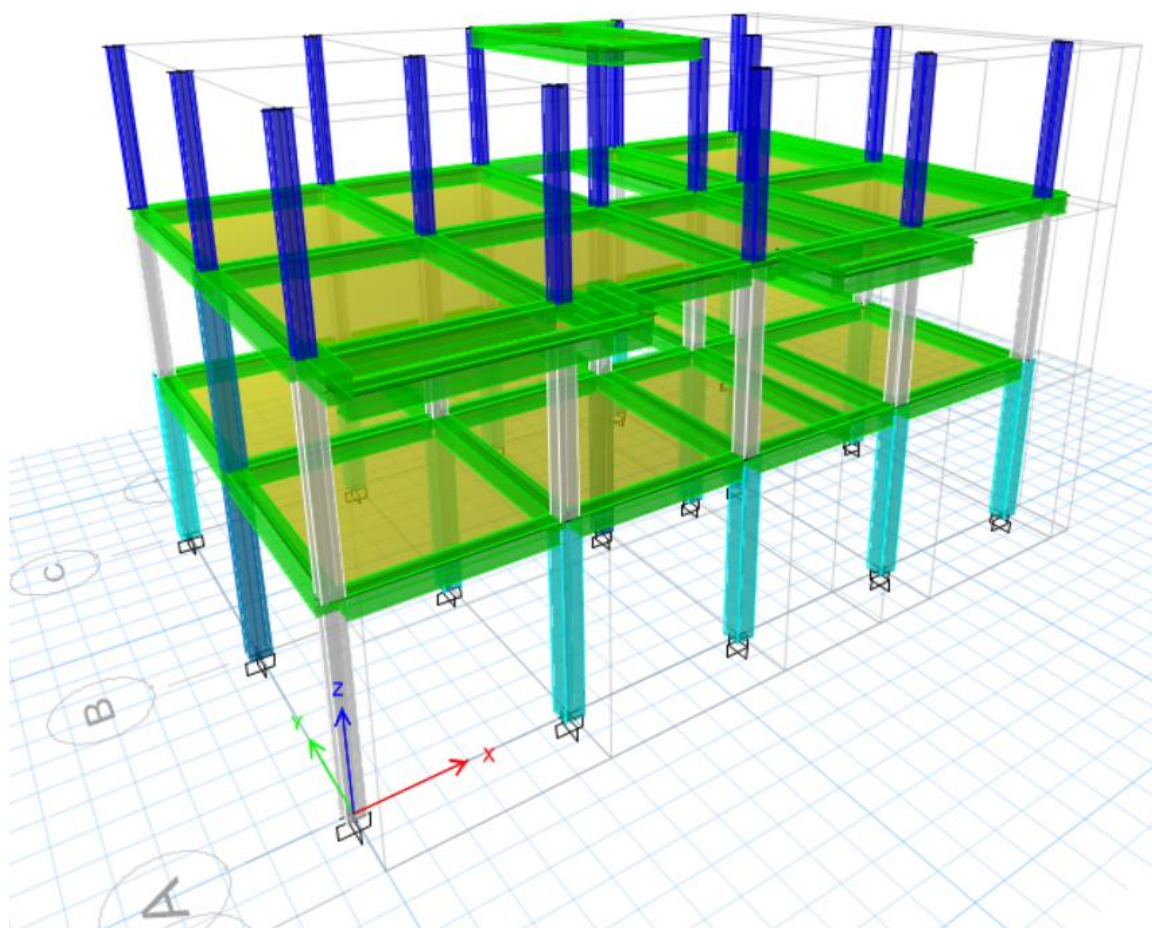
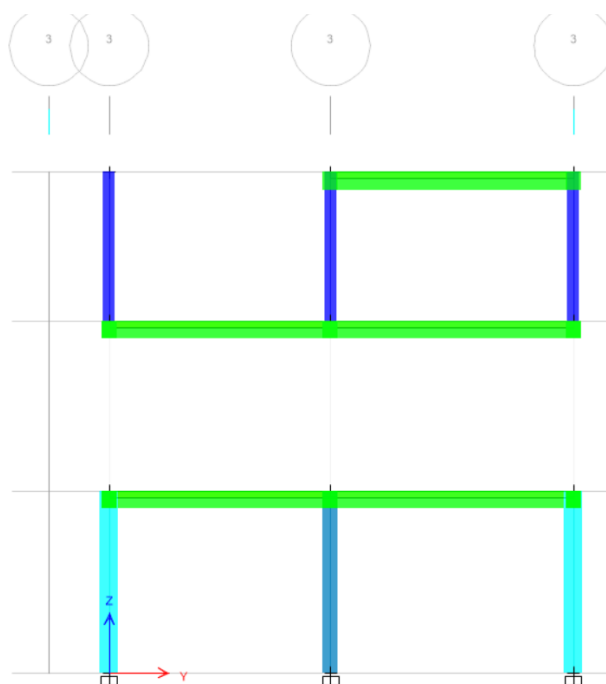
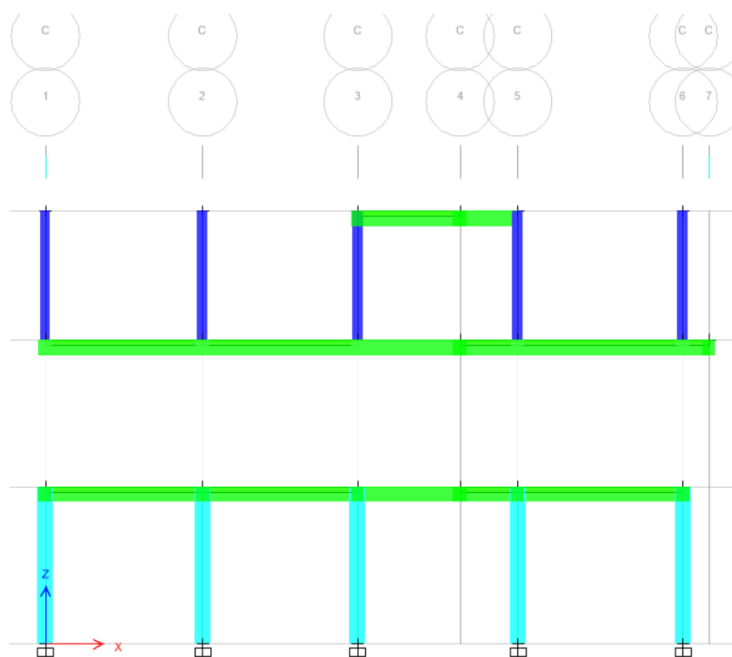


Figura 3.36

Vista en elevación del Eje 3 del modelo estructural (condiciones actuales)

**Figura 3.37**

Vista en elevación del Eje C del modelo estructural (condiciones actuales)



3.1.1.7 Comprobación de derivas. Se controlaron los modos de vibración de la estructura, de tal forma que los primeros dos modos de vibración sean traslacionales y el tercer modo sea rotacional. Se muestran la dirección de los tres modos antes mencionados para el análisis de la estructura actual, así como también del período de cada uno de ellos.

Tabla 3.2

Detalle de modos de vibración de la situación actual

Modo de Vibración	Dirección	Periodo (S)
1	Y	0.465
2	X	0.433
3	Rotación	0.404

Una vez obtenido el coeficiente sísmico, el peso de la estructura (masa sísmica), se calcula el cortante aplicado en la estructura. Con estos datos se realiza la corrección del cortante dinámico en cada una de las direcciones horizontales. De esta manera se obtiene un coeficiente de corrección.

Tabla 3.3

Cortante Estático aplicado en la estructura actual

CORTANTE ESTÁTICO		
Cs	0,288	
W _{Sísmico}	153.3	Ton
V _{Sísmico Est}	44.2	Ton

Tabla 3.4

Factor de Corrección del Cortante Dinámico en condiciones actuales

Dirección	Cortante dinámico	Factor de corrección
X	37.4	1,14
Y	37.7	1,13

Después de la corrección del cortante dinámico, se procede a verificar a que las derivas y las desviaciones angulares no excedan los límites permisibles según la NEC 2015. A continuación, se detallan los resultados del control de las derivas las cuales son menores que las permisibles.

Figura 3.38

Límites permitidos de las derivas

b. Inercia de las secciones agrietadas

Para el caso de estructuras de hormigón armado y de mampostería, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de similar forma a la descrita para el procedimiento de cálculo estático de fuerzas sísmicas.

Estructuras de hormigón armado

En este caso, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de la siguiente manera:

- $0.5 I_g$ para vigas (considerando la contribución de las losas, cuando fuera aplicable)
- $0.8 I_g$ para columnas
- $0.6 I_g$ para muros estructurales:
 - Para estructuras sin subsuelos, se aplicarán únicamente en los dos primeros pisos de la edificación

Nota. En la imagen se detalla los valores de las inercias agrietadas que se deben considerar para el análisis de las derivas. NEC 2015.

Tabla 3.5

Control de Derivas en la dirección X (Condición actual)

Piso	Sismo Dirección X	H (m)	ΔH (m)	Δ (m)	DERIVA
Piso3	0.028721	8.25	2.45	0.005144	0.47%
Piso2	0.023577	5.8	2.8	0.013116	1.05%
Piso1	0.010461	3	3	0.010461	0.78%

Tabla 3.6*Control de Derivas en la dirección Y (Condición actual)*

Piso	Sismo Dirección Y	H (m)	ΔH (m)	Δ (m)	DERIVA
Piso3	0.034831	8.25	2.45	0.007454	0.68%
Piso2	0.027377	5.8	2.8	0.015139	1.22%
Piso1	0.012238	3	3	0.012238	0.92%

Se puede verificar que las derivas son menores a las máximas permisibles siendo el límite permisible el 2% según lo establece la NEC 2015.

3.1.2 Diseño Estructural de la situación actual de la edificación

3.1.2.1 Combinaciones de Carga. Las combinaciones de carga que se emplearon para el diseño de los elementos:

$$U_1 = 1.4D$$

$$U_2 = 1.2D + 1.6L$$

$$U_3 = 1.2D + L + S_x$$

$$U_4 = 1.2D + L + S_y$$

$$U_5 = 0.9D + S_x$$

$$U_6 = 0.9D + S_y$$

En donde:

D: Carga muerta debido al peso propio de los elementos y la carga muerta sobre impuesta

L: Carga de servicio

$S_{x/y}$: Carga sísmica en la dirección de análisis

Una vez realizado el diseño en el programa, se observa que existen algunas columnas que no cumplen con la demanda de las cargas actuantes y también que existen otras columnas que se encuentran sobre esforzadas. En las figuras que se muestran a continuación se observa con detalle lo mencionado anteriormente.

Figura 3.41

Falla crítica de columna que no cumple el diseño (eje B)

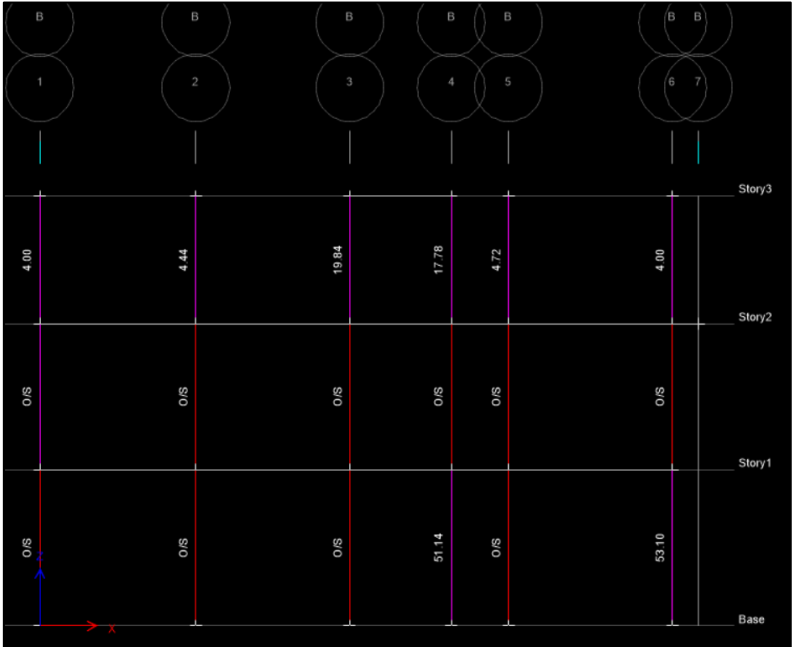
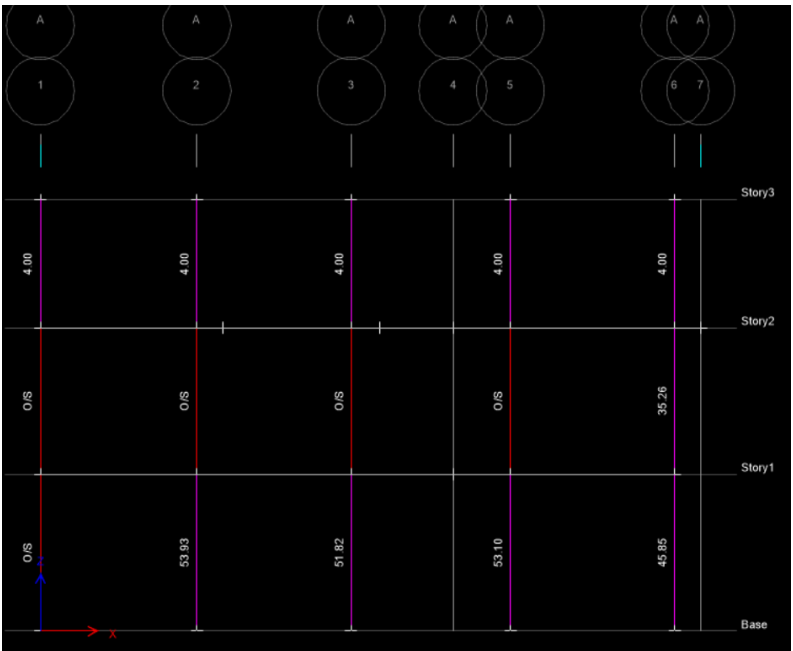


Figura 3.42

Deficiencia en cinco columnas del eje A respecto al diseño original



A su vez se realizó la comprobación del diseño a flexo-compresión actual, para ver su resistencia con respecto a las demandas actuales; a partir del cual se obtuvo que las columnas para los pisos uno y dos no poseen la resistencia adecuada para soportar las demandas solicitadas ya que los puntos caen fuera del diagrama de interacción determinando que el diseño no es el satisfactorio. A continuación, se muestra la comprobación en mención.

Figura 3.43

Demandas por columnas del primer piso (situación actual)

COLUMNAS C 30x30 (Estado Actual PRIMER PISO)			
Datos		DEMANDAS POR COLUMNAS	
bmin	40 cm	Columna	Combinación
bmax	40 cm		Carga Axial (Ton)
Luz	300 cm		Momento Flexor
fy	4200 Kg/cm ²	C1	ENVOLVENTE
f'c	120 Kg/cm ²	C1	ENVOLVENTE
Diagrama de Interacción		C2	ENVOLVENTE
P (Ton)	M (Ton m)	C2	ENVOLVENTE
52.0428	0.00	C3	ENVOLVENTE
52.0428	1.10	C3	ENVOLVENTE
48.3557	1.83	C5	ENVOLVENTE
40.4345	2.31	C5	ENVOLVENTE
31.9823	2.54	C6	ENVOLVENTE
22.6822	2.54	C6	ENVOLVENTE
20.3698	2.66	C7	ENVOLVENTE
16.679	2.64	C7	ENVOLVENTE
8.0882	1.87	C8	ENVOLVENTE
-1.1549	0.90	C8	ENVOLVENTE
-7.6387	0.00	C9	ENVOLVENTE
		C9	ENVOLVENTE
Long Empalme		C10	ENVOLVENTE
L _{col}	275 cm	C10	ENVOLVENTE
L _v /2	137.5 cm	C11	ENVOLVENTE
		C11	ENVOLVENTE
		C12	ENVOLVENTE
		C12	ENVOLVENTE
		C13	ENVOLVENTE
		C13	ENVOLVENTE
		C14	ENVOLVENTE
		C14	ENVOLVENTE
		C15	ENVOLVENTE
		C15	ENVOLVENTE
		C17	ENVOLVENTE
		C17	ENVOLVENTE
		C18	ENVOLVENTE
		C18	ENVOLVENTE

Figura 3.44

Diagrama de interacción de columnas de 25x25 cm (piso 1 actual)

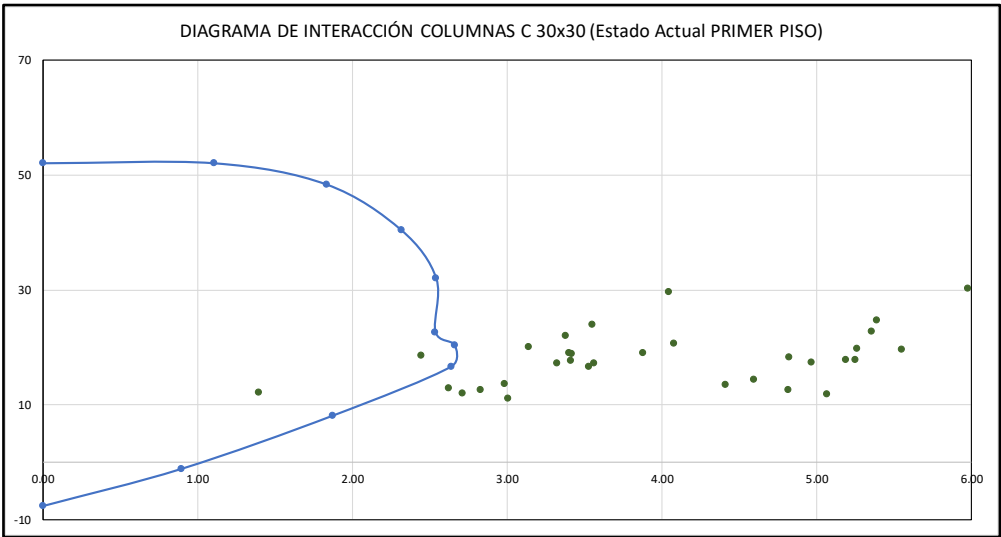


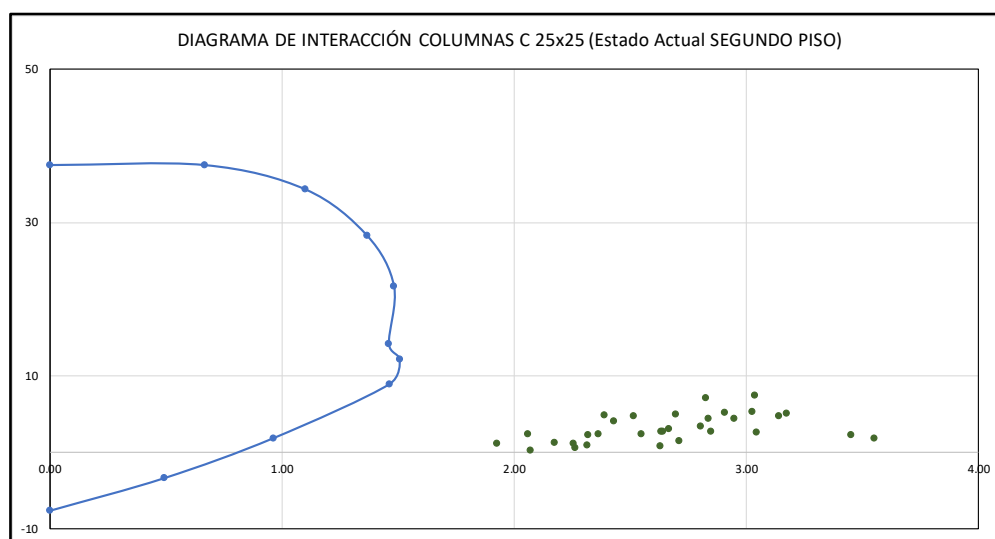
Figura 3.45

Demandas por columnas del segundo piso (situación actual)

COLUMNAS C 25x25 (Estado Actual SEGUNDO PISO)			
Datos		DEMANDAS POR COLUMNAS	
bmin	40 cm	Columna	Combinación
bmax	40 cm		Carga Axial (Ton)
Luz	280 cm		Momento Flexor
fy	4200 Kg/cm2	C1	ENVOLVENTE
f'c	120 Kg/cm2	C1	ENVOLVENTE
Diagrama de Interacción		C2	ENVOLVENTE
P (Ton)	M (Ton m)	C2	ENVOLVENTE
37.4568	0.00	C3	ENVOLVENTE
37.4568	0.67	C3	ENVOLVENTE
34.2794	1.10	C5	ENVOLVENTE
28.2486	1.37	C5	ENVOLVENTE
21.6426	1.48	C6	ENVOLVENTE
14.0928	1.46	C6	ENVOLVENTE
12.111	1.51	C7	ENVOLVENTE
8.8706	1.46	C7	ENVOLVENTE
1.8249	0.96	C8	ENVOLVENTE
-3.3901	0.49	C8	ENVOLVENTE
-7.6387	0.00	C9	ENVOLVENTE
Long Empalme		C9	ENVOLVENTE
L _{col}	255 cm	C10	ENVOLVENTE
L _v /2	127.5 cm	C10	ENVOLVENTE
		C11	ENVOLVENTE
		C11	ENVOLVENTE
		C12	ENVOLVENTE
		C12	ENVOLVENTE
		C13	ENVOLVENTE
		C13	ENVOLVENTE
		C14	ENVOLVENTE
		C14	ENVOLVENTE
		C15	ENVOLVENTE
		C15	ENVOLVENTE
		C17	ENVOLVENTE
		C17	ENVOLVENTE
		C18	ENVOLVENTE
		C18	ENVOLVENTE

Figura 3.46

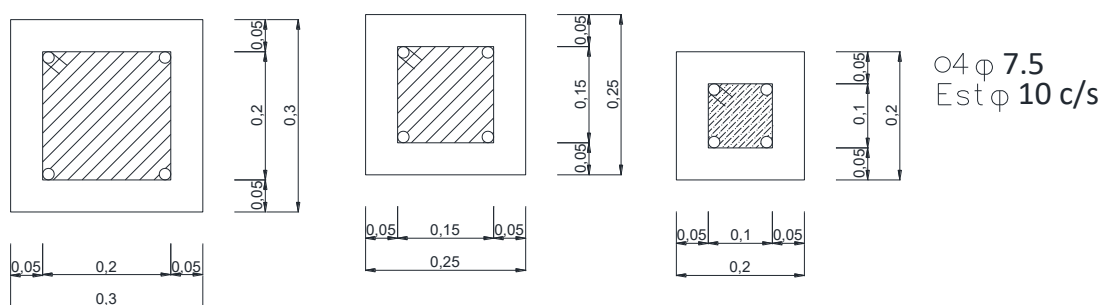
Comprobación del diseño a flexo-compresión mediante el diagrama de interacción (piso 2 actual)



En brevedad, se muestra las secciones transversales de las columnas con el diseño actual.

Figura 3.47

Detalle de las columnas actuales



3.2 Diseño definitivo

3.2.1 Reforzamiento de columnas

3.2.1.1 Análisis estructural del reforzamiento. Para el análisis y diseño estructural del reforzamiento de las columnas de la edificación, conociendo que su tipología estructural corresponde a un sistema de pórticos resistentes a momentos de hormigón armado, se adopta un valor de factor de resistencia sísmica (R) igual a 5. Se escoge este valor con la finalidad de brindar un grado de ductilidad a la estructura, para ello se aplican algunos criterios sísmo resistentes de diseño, como las dimensiones mínimas de las vigas y columnas, el diseño por confinamiento del estribo para las columnas. El valor del factor de importancia se mantendrá en 1.

Figura 3.48

Clasificación del valor de R para sistemas estructurales dúctiles.

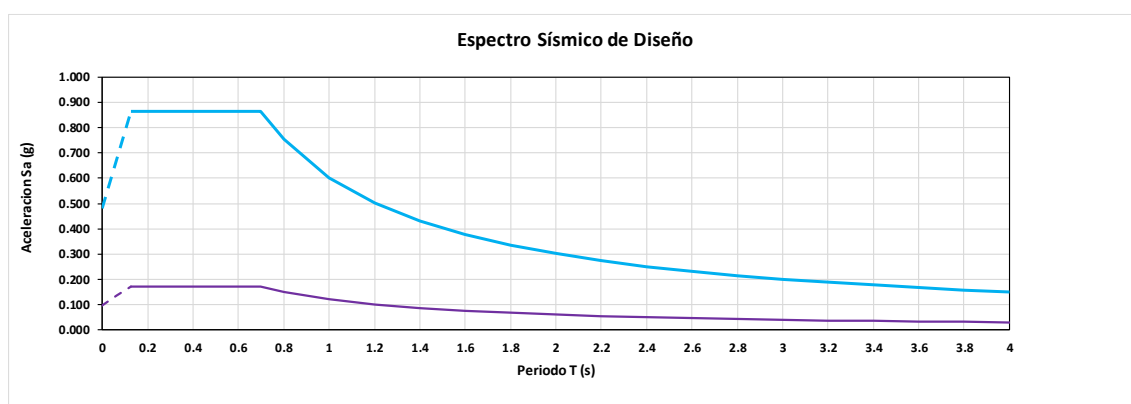
Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sísmo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Sistemas Estructurales Dúctiles	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sísmo 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
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sísmo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Nota. Información tomada de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) 2015

De esta manera se construyen los espectros para el análisis estructural del reforzamiento, los cuales se detallan en la Figura 3.48, siendo el espectro elástico (línea color celeste) y el espectro inelástico (línea color morado).

Figura 3.49

Espectro sísmico de diseño del reforzamiento

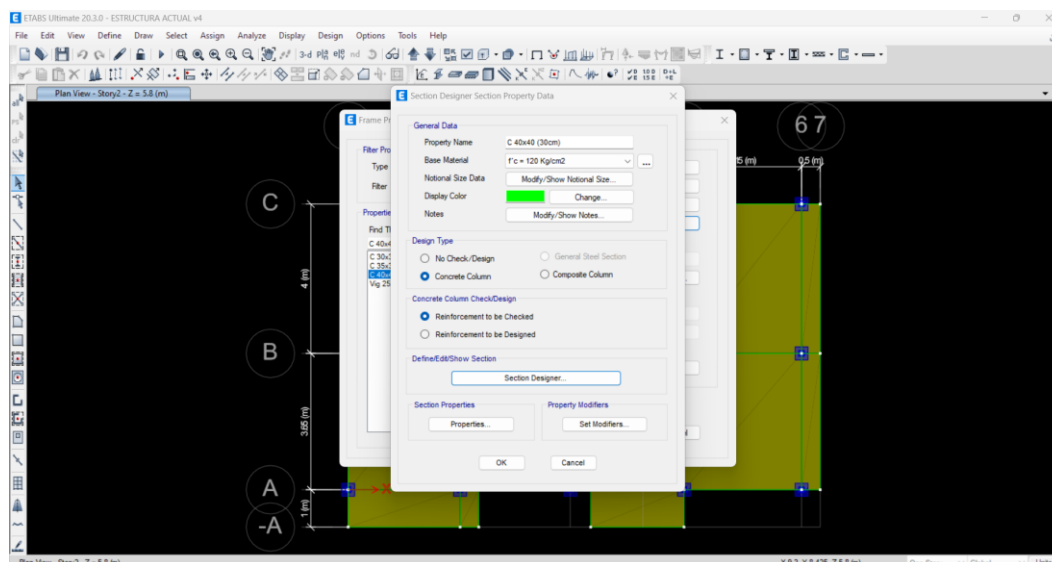


3.2.1.2 Procedimiento para seguir del modelado estructural del reforzamiento en ETABS. Para el reforzamiento de las columnas se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Se define el material base, en este caso el hormigón de 120 Kg/cm².

Figura 3.50

Definición del material base

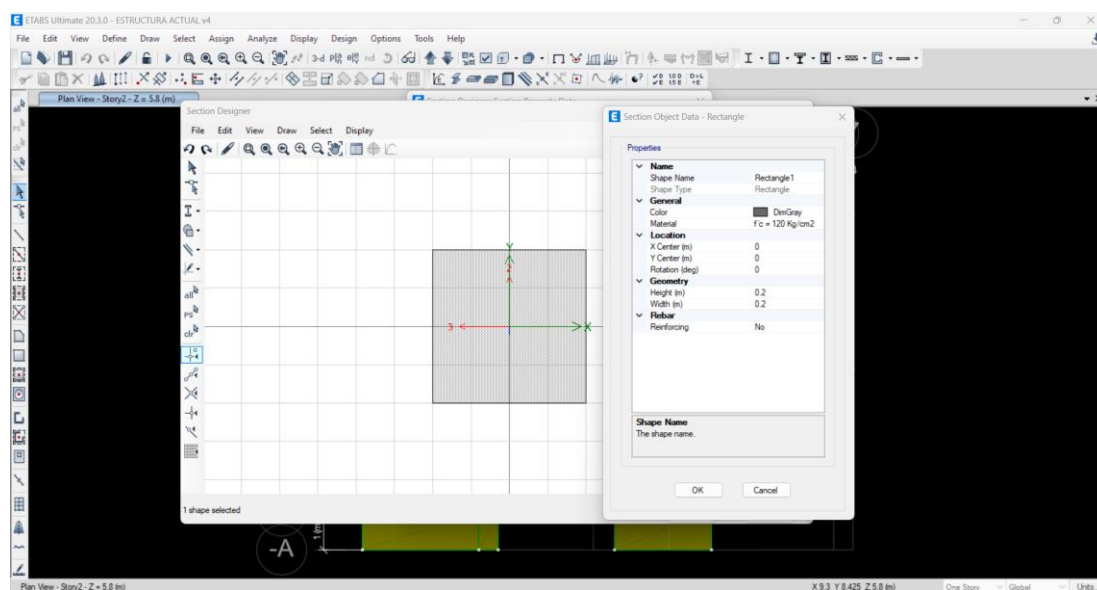


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

✓ Se ingresa la sección inicial

Figura 3.51

Sección inicial

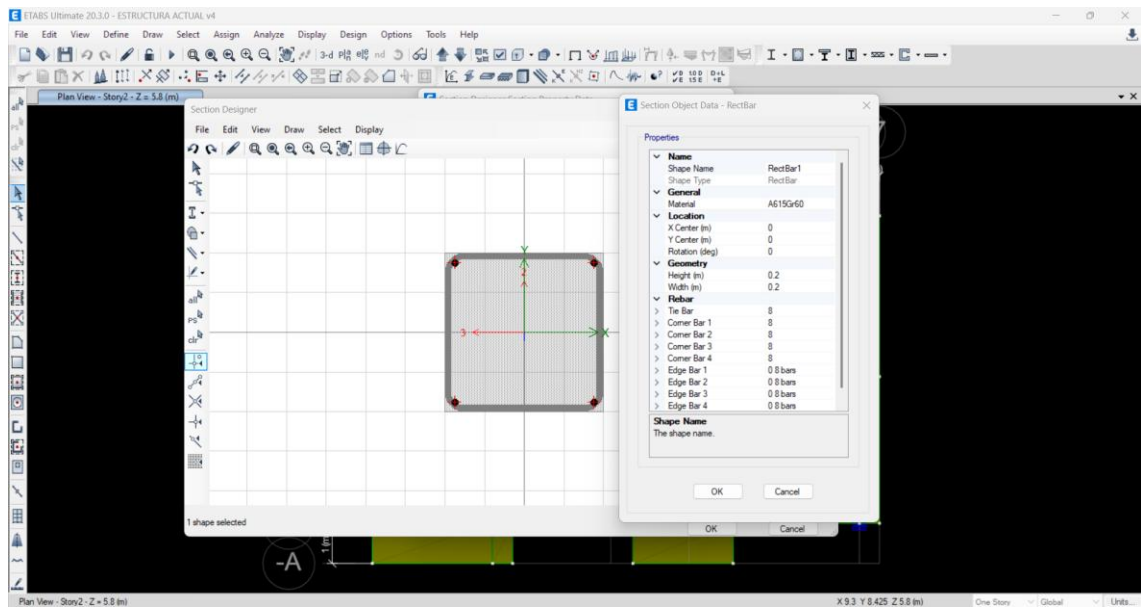


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

- ✓ Se dibuja el acero de refuerzo de la sección actual

Figura 3.52

Acero de refuerzo de la sección existente

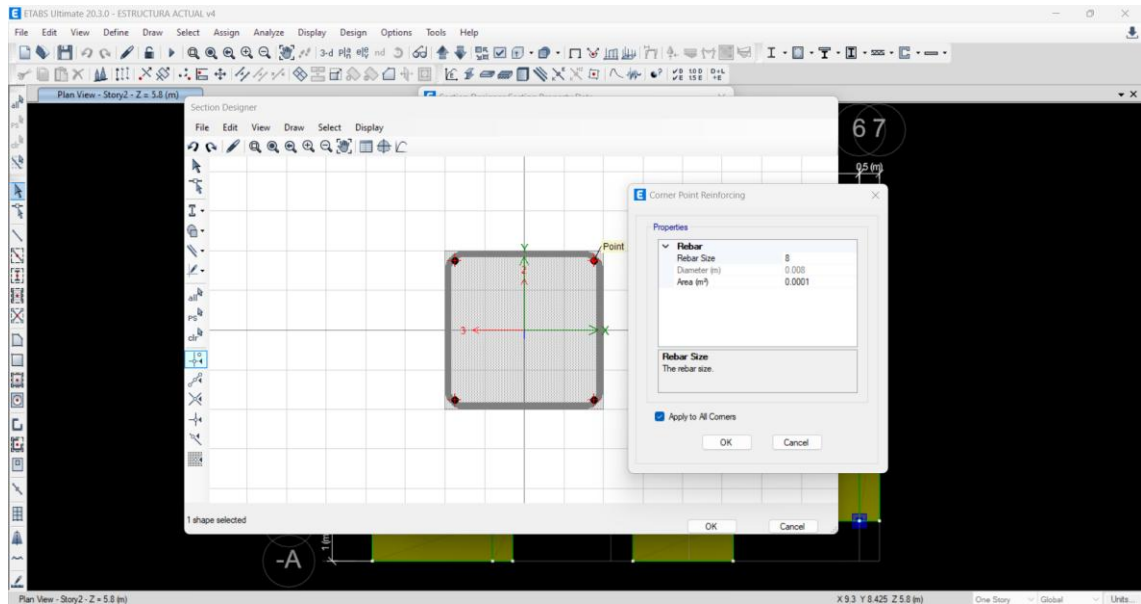


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

- ✓ Se ubican las varillas que posee la sección, en este caso fueron varillas en las esquinas.

Figura 3.53

Ubicación y cantidad de varillas existentes

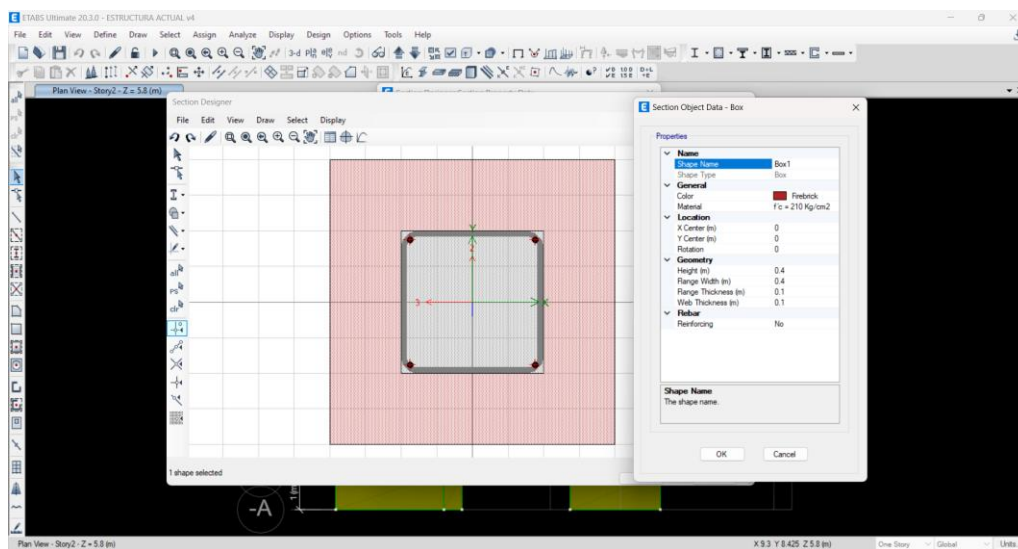


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

- ✓ Se ingresa la nueva sección que corresponde al reforzamiento considerando la nueva resistencia del hormigón, en este caso $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 3.54

Ingreso de nueva sección de hormigón

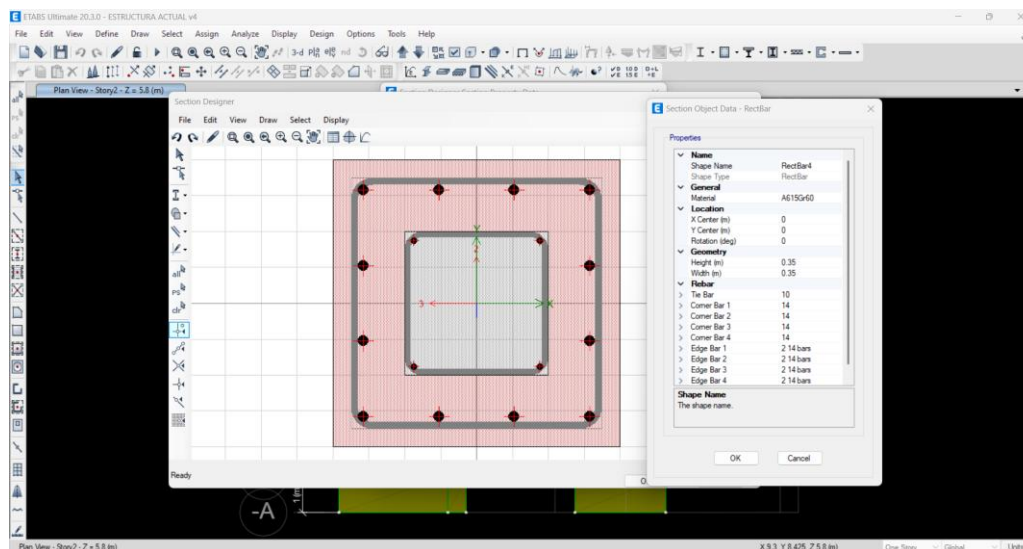


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

- ✓ Se asignan las varillas del acero de refuerzo.

Figura 3.55

Asignación de las varillas de refuerzo

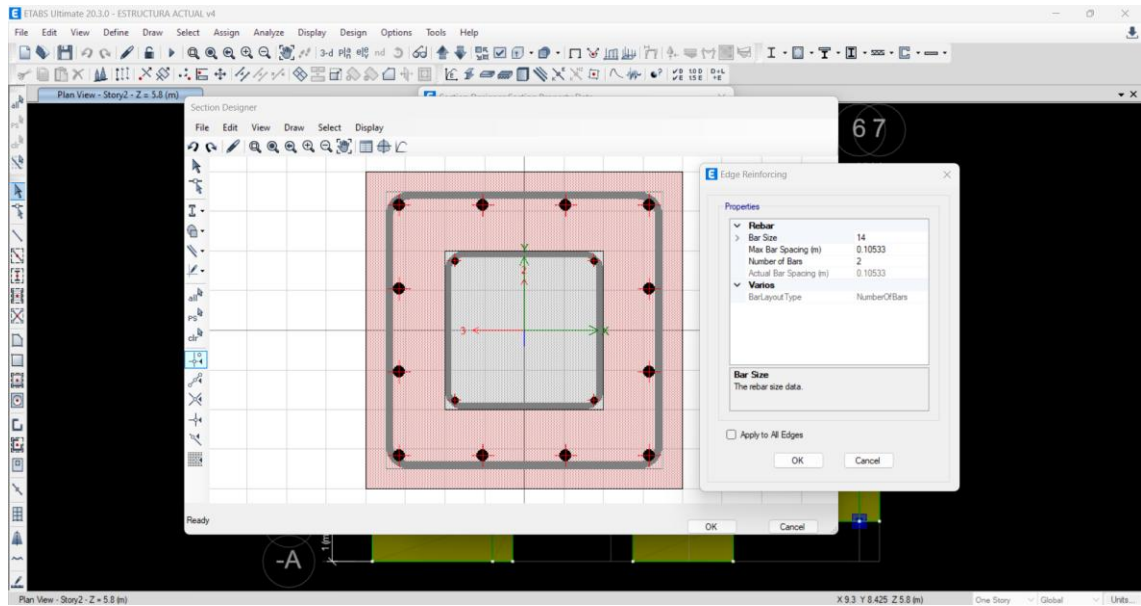


Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

- ✓ Finalmente, se ubican las varillas necesarias en las esquinas y en los lados de la columna para el reforzamiento.

Figura 3.56

Ubicación de las varillas de refuerzo



Nota. Captura de pantalla del proceso realizado en ETABS

3.2.1.3 Modelado estructural del reforzamiento en ETABS. Se realizó un modelo estructural en el software ETABS donde se ingresaron las secciones de los elementos que conforman el reforzamiento, así como también sus respectivas propiedades mecánicas.

El sistema de cubierta considerado para las columnas del tercer piso es de losas nervadas de la misma manera que se estimó para las losas de entrepiso de la edificación.

Adicionalmente, en el modelo se consideraron las cargas gravitacionales debido al peso propio de los elementos y las de servicio, así como también se ingresaron los diferentes parámetros y el espectro de diseño del reforzamiento para los análisis sísmicos.

Figura 3.57

Vista en 3D del modelo estructural en el software ETABS (reforzamiento)

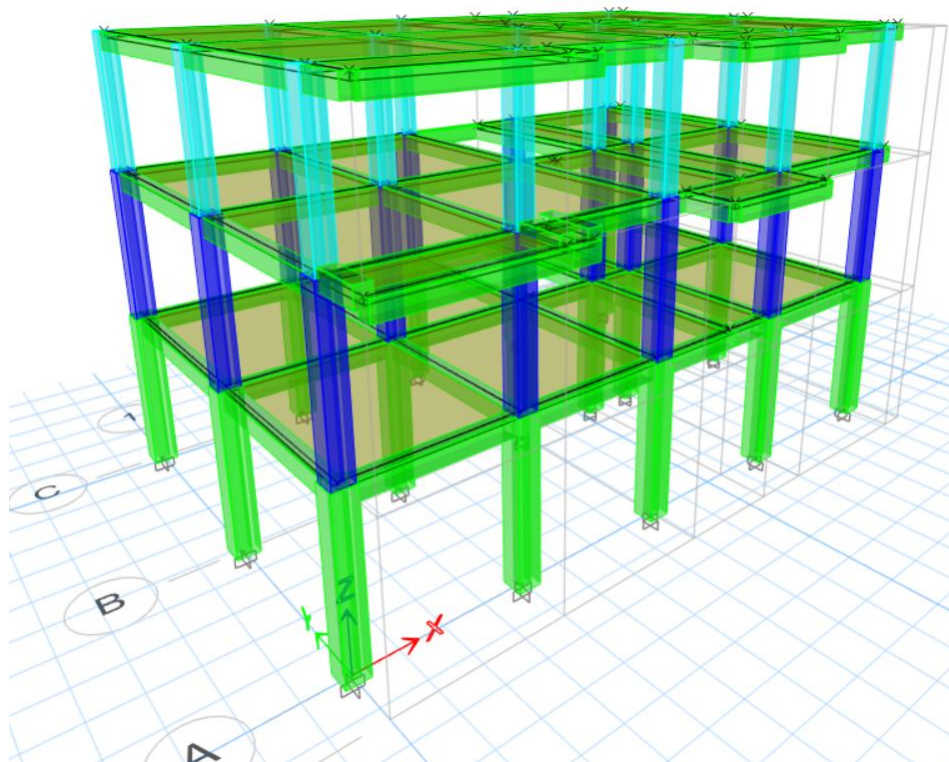
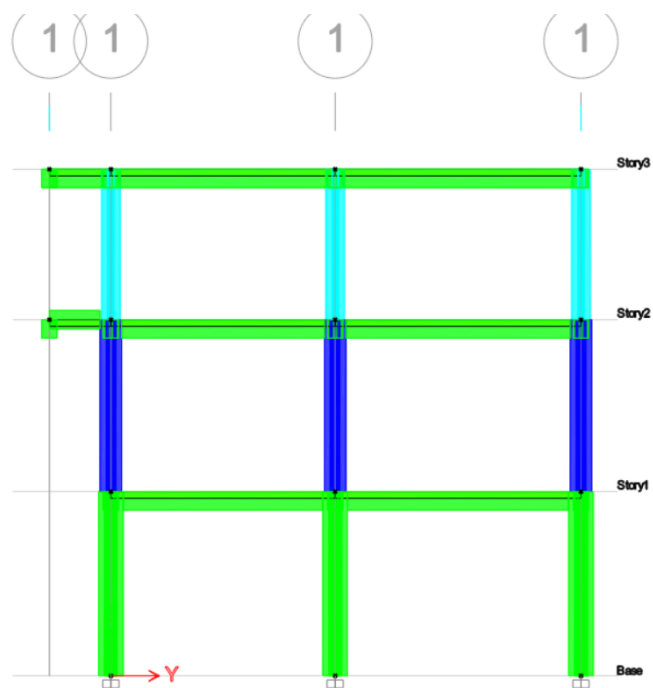
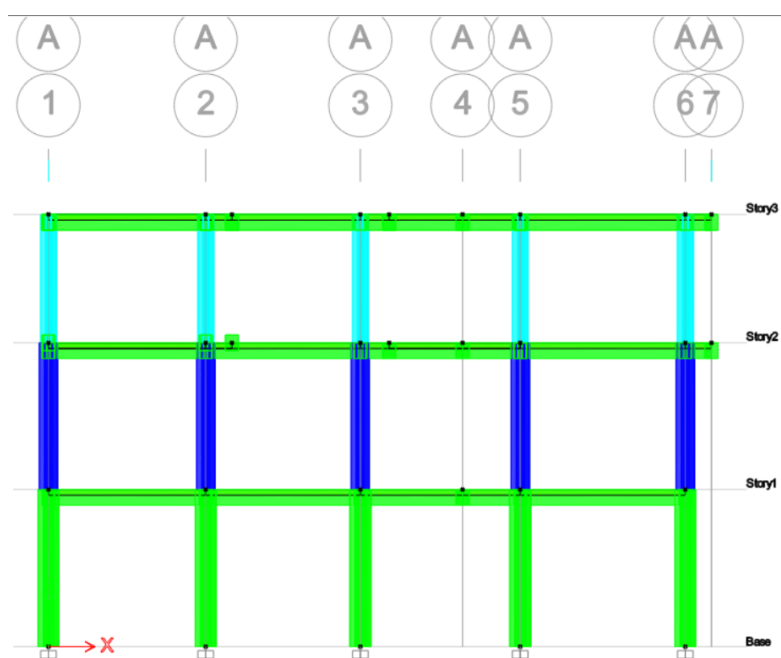


Figura 3.58

Vista en elevación del Eje I del modelo estructural (reforzamiento)

**Figura 3.59**

Vista en elevación del Eje A del modelo estructural (reforzamiento)



3.2.1.4 Comprobación de derivas en el reforzamiento. Se controlaron los modos de vibración de la estructura, de tal forma que los primeros dos modos de vibración sean traslacionales y el tercer modo sea rotacional. Se muestran la dirección de los tres modos antes mencionados para el análisis de la estructura reforzada, así como también del periodo de cada uno de ellos.

Tabla 3.7

Modos de vibración de la estructura con reforzamiento

Modo de Vibración	Dirección	Periodo (S)
1	Y	0.261
2	X	0.238
3	Rotación	0.211

Tabla 3.8

Cortante estático actuante en la estructura con el reforzamiento

Cortante Estático		
Cs	0,173	
W_{Sismico}	232.05	Ton
$V_{\text{Sismico Est}}$	40.14	Ton

Tabla 3.9

Factor de corrección del cortante dinámico considerando el reforzamiento

Dirección	Cortante dinámico	Factor de corrección
X	30.03	1.28
Y	30.19	1.28

Tabla 3.10*Control de derivas en la dirección X considerando el reforzamiento*

Piso	Sismo Dirección X	H (m)	ΔH (m)	Δ (m)	DERIVA
Piso3	0.028721	8.25	2.45	0.001976	0.18%
Piso2	0.023577	5.8	2.8	0.002261	0.18%
Piso1	0.010461	3	3	0.001059	0.08%

Tabla 3.11*Control de derivas en la dirección Y considerando el reforzamiento*

Piso	Sismo Dirección Y	H (m)	ΔH (m)	Δ (m)	DERIVA
Piso3	0.034831	8.25	2.45	0.002659	0.24%
Piso2	0.027377	5.8	2.8	0.002614	0.21%
Piso1	0.012238	3	3	0.001195	0.09%

Se puede apreciar que las derivas son menores a las máximas permisibles siendo el límite permisible el 2% según lo establece la NEC 2015 por lo que cumplen con este criterio.

3.2.2 Diseño Estructural del reforzamiento

Las combinaciones de carga que se emplearon para el diseño de los elementos que conforman la estructura se detallan a continuación:

$$U_1 = 1.4D$$

$$U_2 = 1.2D + 1.6L$$

$$U_3 = 1.2D + L + S_x$$

$$U_4 = 1.2D + L + S_y$$

$$U_5 = 0.9D + S_x$$

$$U_6 = 0.9D + S_y$$

En donde:

D: Carga muerta debido al peso propio de los elementos y la carga muerta sobre impuesta

L: Carga de servicio

$S_{x/y}$: Carga sísmica en la dirección de análisis

Se realiza la comprobación del diseño a flexo-compresión y corte, para ver su resistencia con respecto a las demandas actuantes del reforzamiento. Se puede demostrar que el diseño a flexo-compresión es satisfactorio ya que los puntos se muestran dentro del diagrama de interacción; mientras que, en el diseño por corte, la verificación mediante los respectivos cálculos se cumple. A continuación, se muestra la comprobación en mención.

Figura 3.60

Demandas por columnas del primer piso (reforzamiento)

COLUMNAS C 30x30 (20cm)

Datos	
bmin	30 cm
bmax	30 cm
Luz	300 cm
f _y	4200 Kg/cm2
f' c	120 Kg/cm2
f' c (Reforzamiento)	210 Kg/cm2

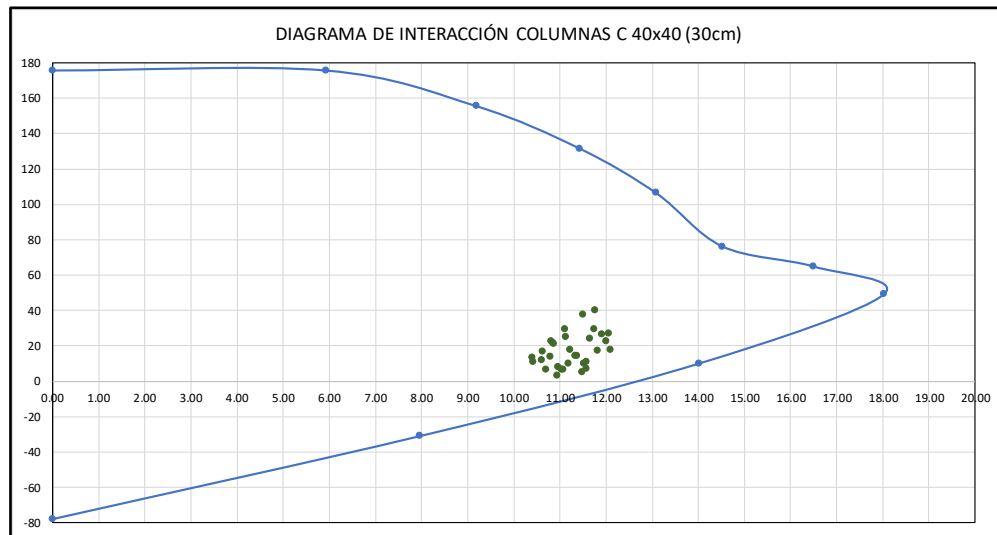
Diagrama de Interacción	
P (Ton)	M (Ton m)
112,3782	0,00
112,3782	2,70
99,6827	4,07
82,5928	5,17
65,2109	5,96
43,5484	6,66
34,0765	7,47
17,0261	7,78
-9,3477	5,81
-37,8334	2,68
-59,1658	0,00

Long Empalme	
L _{col}	275 cm
l _w /2	137,5 cm

DEMANDAS POR COLUMNAS			
Columna	Combinación	Carga Axial (Ton)	Momento Flexor
C1	ENVOLVENTE	0,9325	2,0603
C1	ENVOLVENTE	5,217	1,2293
C2	ENVOLVENTE	3,0909	3,0411
C2	ENVOLVENTE	7,8389	1,693
C3	ENVOLVENTE	2,5753	2,4471
C3	ENVOLVENTE	7,0881	1,5093
C5	ENVOLVENTE	2,8222	2,9294
C5	ENVOLVENTE	8,0748	1,8274
C6	ENVOLVENTE	1,7731	2,7621
C6	ENVOLVENTE	6,8257	0,7492
C7	ENVOLVENTE	2,6504	2,2617
C7	ENVOLVENTE	8,051	3,3432
C8	ENVOLVENTE	7,2026	2,4348
C8	ENVOLVENTE	13,7005	3,7467
C9	ENVOLVENTE	4,6706	3,2076
C9	ENVOLVENTE	11,1588	2,7648
C10	ENVOLVENTE	0,4173	3,8216
C10	ENVOLVENTE	9,6984	3,2922
C11	ENVOLVENTE	0,9153	2,4932
C11	ENVOLVENTE	14,3174	4,0861
C12	ENVOLVENTE	4,8745	2,8323
C12	ENVOLVENTE	11,2653	3,6446
C13	ENVOLVENTE	1,5759	1,1841
C13	ENVOLVENTE	7,1978	2,071
C14	ENVOLVENTE	4,4935	2,6184
C14	ENVOLVENTE	10,5268	2,4972
C15	ENVOLVENTE	3,2756	1,6268
C15	ENVOLVENTE	9,0301	2,9023
C17	ENVOLVENTE	3,7309	2,5841
C17	ENVOLVENTE	10,2021	2,6603
C18	ENVOLVENTE	1,6051	1,162
C18	ENVOLVENTE	6,6981	2,8877

Figura 3.61

Diagrama de interacción de columnas de 40x40 cm (piso 1 con reforzamiento)

**Figura 3.62**

Diseño por corte (piso 1 con reforzamiento)

DISEÑO POR CORTE					
REVISIÓN DE CORTE POR CONFINAMIENTO					
Datos		Estribos Rótula plástica		Estribo Conf	
Luz libre	300 m	#ramas	2	A_g	900 cm ²
$\Phi_{Diseño}$	1,4 cm	Φ	1 cm	A_{ch}	400 cm ²
d	23,3 cm	A_{se}	0,79 cm ²	A_g/A_{ch}	2,250
f_y	4200 Kg/cm ²	Sdiseño	10 cm	$A_{se,min}/S$	0,019 cm ² /cm
recub	5 cm	Long de rot plast	50 cm	$A_{se,min}/S$	0,0045 cm ² /cm
				$A_{se,Demanda}/S$	0,019 cm ² /cm
				$A_{se,Diseño}/S$	0,157 cm ² /cm
				OK	
REVISIÓN DE CORTE POR DEMANDAS					
Extremos		Centro del claro			
Hormigon		Hormigon		Acero	
b	30,00 cm	Φ_{ch}	1	Φ_{ch}	1
d	23,3 cm	A_{se}	0,79 cm ²	A_{se}	0,79 cm ²
V_c	5,48 Kg/cm ²	S	10 cm	S	15 cm
		V_c	21,99 Kg/cm ²	V_c	14,66 Kg/cm ²
Demanda		Comprobación		Demanda	
V_u	2,54 Ton	$\phi(V_c+V_d)$	20,60 Kg/cm ²	V_u	2,69 Ton
V_u	3,63 Kg		OK	V_u	3,85 Kg
				$\phi(V_c+V_d)$	15,10 Kg/cm ²
					OK

Figura 3.63

Demandas por columnas del segundo piso (reforzamiento)

COLUMNAS C 35x35 (25cm)			
Datos			
bmin	35 cm		
bmax	35 cm		
Luz	300 cm		
f _y	4200 Kg/cm ²		
f _c	120 Kg/cm ²		
f _c (Reforzamiento)	210 Kg/cm ²		
Diagrama de Interacción			
P (Ton)	M (Ton m)		
137,5722	0,00		
137,5722	3,93		
122,9756	6,02		
103,2248	7,58		
83,2162	8,67		
59,2544	9,55		
49,9792	10,81		
35,2779	11,54		
4,0687	8,76		
-27,5222	4,69		
-59,1658	0,00		
Long Empalme			
L _{sol}	275 cm		
L _u /2	137,5 cm		
DEMANDAS POR COLUMNAS			
Columna	Combinación	Carga Axial (Ton)	Momento Flexor
C1	ENVOLVENTE	3,0135	5,2896
C1	ENVOLVENTE	9,5506	4,7498
C2	ENVOLVENTE	6,8937	5,8875
C2	ENVOLVENTE	14,8421	4,2652
C3	ENVOLVENTE	5,2289	5,0405
C3	ENVOLVENTE	11,7189	4,3962
C5	ENVOLVENTE	6,3055	5,7126
C5	ENVOLVENTE	14,538	4,4127
O6	ENVOLVENTE	4,7346	5,4651
O6	ENVOLVENTE	12,5833	4,4331
C7	ENVOLVENTE	6,2206	4,8447
C7	ENVOLVENTE	14,9714	5,999
C8	ENVOLVENTE	14,0428	4,8759
C8	ENVOLVENTE	26,6233	6,0645
C9	ENVOLVENTE	9,3275	5,2875
C9	ENVOLVENTE	19,7668	5,1327
C10	ENVOLVENTE	1,8947	5,2597
C10	ENVOLVENTE	16,8654	4,9814
C11	ENVOLVENTE	4,1217	4,8931
C11	ENVOLVENTE	25,1783	5,7372
C12	ENVOLVENTE	10,3463	5,1113
C12	ENVOLVENTE	21,3879	5,7136
C13	ENVOLVENTE	4,4588	4,2337
C13	ENVOLVENTE	13,1487	5,8703
C14	ENVOLVENTE	9,6511	4,7632
C14	ENVOLVENTE	19,7186	6,1919
C15	ENVOLVENTE	7,5264	4,5301
C15	ENVOLVENTE	16,851	6,0543
C17	ENVOLVENTE	8,461	4,7369
C17	ENVOLVENTE	18,9052	6,0567
C18	ENVOLVENTE	4,3631	4,6044
C18	ENVOLVENTE	12,2025	5,7029

Figura 3.64

Diagrama de interacción de columnas de 35x35 cm (piso 2 con reforzamiento)

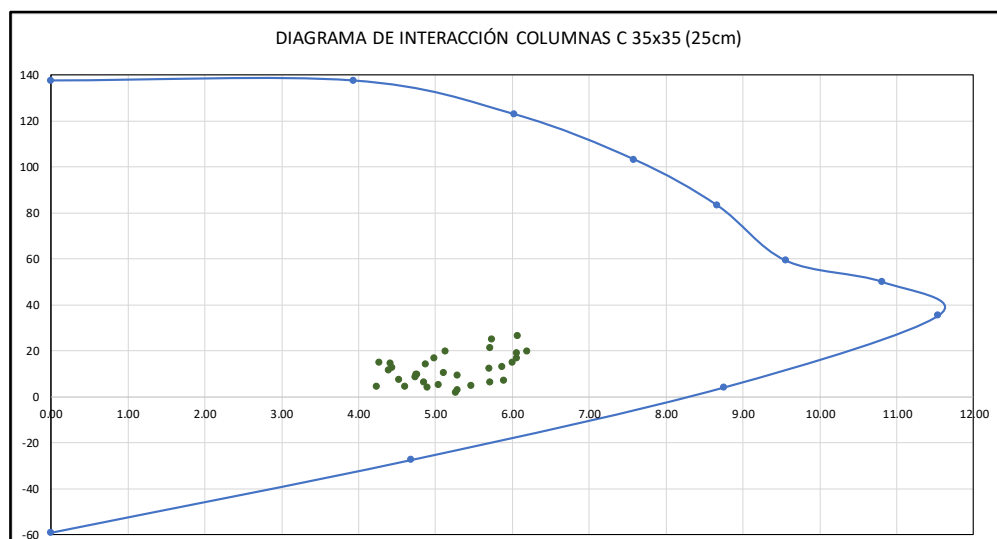


Figura 3.65

Diseño por corte (piso 2 con reforzamiento)

DISEÑO POR CORTE			
REVISIÓN DE CORTE POR CONFINAMIENTO			
Datos Luz libre: 300 m $\Phi_{\text{Diseño}}$: 1,4 cm d: 28,3 cm f_y : 4200 Kg/cm ² recub: 5 cm	Estribos Rótula plástica #ramas: 2 Φ : 1 cm A_{Φ} : 0,79 cm ² Sdiseño: 10 cm Long de rot plast: 50 cm	Estribo Conf A_g : 1225 cm ² A_{ch} : 625 cm ² A_g/A_{ch} : 1,960 $A_{s,mis}/S$: 0,014 cm ² /cm $A_{s,mis}/S$: 0,0045 cm ² /cm $A_{s,Demanda}/S$: 0,014 cm ² /cm $A_{s,Diseño}/S$: 0,157 cm ² /cm OK	
REVISIÓN DE CORTE POR DEMANDAS			
Extremos Hormigon b: 35,00 cm d: 28,3 cm V_c : 5,48 Kg/cm ² Demanda V_u : 3,17 Ton v_u : 3,20 Kg	Acero Φ_{ab} : 1 A_{st} : 0,79 cm ² S: 10 cm V_c : 18,85 Kg/cm ² Comprobación $\phi(V_c+V_u)$: 18,25 Kg/cm ² OK	Centro del claro Hormigon b: 35,00 cm d: 28,3 cm V_c : 5,48 Kg/cm ² Demanda V_u : 3,17 Ton v_u : 3,20 Kg	Acero Φ_{ab} : 1 A_{st} : 0,79 cm ² S: 15 cm V_c : 12,57 Kg/cm ² Comprobación $\phi(V_c+V_u)$: 13,53 Kg/cm ² OK

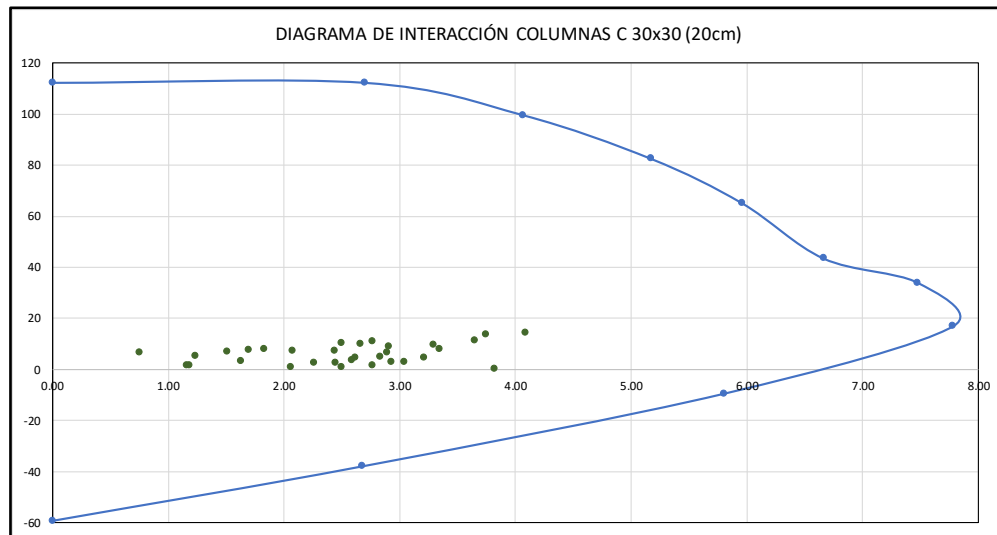
Figura 3.66

Demandas por columnas del tercer piso (reforzamiento)

COLUMNAS C 40x40 (30cm)																																																																																																																																							
Datos bmin 40 cm bmax 40 cm Luz 300 cm f_y 4200 Kg/cm2 f' c 120 Kg/cm2 f' c (Reforzamiento) 210 Kg/cm2		DEMANDAS POR COLUMNAS <table><tr><th>Columna</th><th>Combinación</th><th>Carga Axial (Ton)</th><th>Momento Flector</th></tr><tr><td>C1</td><td>ENVOLVENTE</td><td>5,0824</td><td>11,4837</td></tr><tr><td>C1</td><td>ENVOLVENTE</td><td>14,6026</td><td>11,339</td></tr><tr><td>C2</td><td>ENVOLVENTE</td><td>10,787</td><td>11,5668</td></tr><tr><td>C2</td><td>ENVOLVENTE</td><td>22,6284</td><td>10,8124</td></tr><tr><td>C3</td><td>ENVOLVENTE</td><td>7,8991</td><td>10,9617</td></tr><tr><td>C3</td><td>ENVOLVENTE</td><td>17,0182</td><td>10,6198</td></tr><tr><td>C5</td><td>ENVOLVENTE</td><td>9,8146</td><td>11,5174</td></tr><tr><td>C5</td><td>ENVOLVENTE</td><td>21,723</td><td>10,8496</td></tr><tr><td>C6</td><td>ENVOLVENTE</td><td>7,037</td><td>11,5777</td></tr><tr><td>C6</td><td>ENVOLVENTE</td><td>17,6811</td><td>11,2284</td></tr><tr><td>C7</td><td>ENVOLVENTE</td><td>9,7848</td><td>11,1774</td></tr><tr><td>C7</td><td>ENVOLVENTE</td><td>22,619</td><td>12,0052</td></tr><tr><td>C8</td><td>ENVOLVENTE</td><td>21,1795</td><td>10,8614</td></tr><tr><td>C8</td><td>ENVOLVENTE</td><td>40,034</td><td>11,7683</td></tr><tr><td>C9</td><td>ENVOLVENTE</td><td>13,9874</td><td>10,7919</td></tr><tr><td>C9</td><td>ENVOLVENTE</td><td>29,2077</td><td>11,1046</td></tr><tr><td>C10</td><td>ENVOLVENTE</td><td>2,9928</td><td>10,9367</td></tr><tr><td>C10</td><td>ENVOLVENTE</td><td>24,9879</td><td>11,1281</td></tr><tr><td>C11</td><td>ENVOLVENTE</td><td>6,7073</td><td>11,0315</td></tr><tr><td>C11</td><td>ENVOLVENTE</td><td>37,5503</td><td>11,5003</td></tr><tr><td>C12</td><td>ENVOLVENTE</td><td>14,1614</td><td>11,3714</td></tr><tr><td>C12</td><td>ENVOLVENTE</td><td>29,335</td><td>11,7409</td></tr><tr><td>C13</td><td>ENVOLVENTE</td><td>6,3849</td><td>10,6961</td></tr><tr><td>C13</td><td>ENVOLVENTE</td><td>18,0091</td><td>12,0893</td></tr><tr><td>C14</td><td>ENVOLVENTE</td><td>13,1932</td><td>10,4005</td></tr><tr><td>C14</td><td>ENVOLVENTE</td><td>26,9453</td><td>12,0623</td></tr><tr><td>C15</td><td>ENVOLVENTE</td><td>11,0144</td><td>10,4247</td></tr><tr><td>C15</td><td>ENVOLVENTE</td><td>24,0844</td><td>11,6406</td></tr><tr><td>C17</td><td>ENVOLVENTE</td><td>12,0407</td><td>10,608</td></tr><tr><td>C17</td><td>ENVOLVENTE</td><td>26,5332</td><td>11,9101</td></tr><tr><td>C18</td><td>ENVOLVENTE</td><td>6,4247</td><td>11,0619</td></tr><tr><td>C18</td><td>ENVOLVENTE</td><td>17,1135</td><td>11,8111</td></tr></table>		Columna	Combinación	Carga Axial (Ton)	Momento Flector	C1	ENVOLVENTE	5,0824	11,4837	C1	ENVOLVENTE	14,6026	11,339	C2	ENVOLVENTE	10,787	11,5668	C2	ENVOLVENTE	22,6284	10,8124	C3	ENVOLVENTE	7,8991	10,9617	C3	ENVOLVENTE	17,0182	10,6198	C5	ENVOLVENTE	9,8146	11,5174	C5	ENVOLVENTE	21,723	10,8496	C6	ENVOLVENTE	7,037	11,5777	C6	ENVOLVENTE	17,6811	11,2284	C7	ENVOLVENTE	9,7848	11,1774	C7	ENVOLVENTE	22,619	12,0052	C8	ENVOLVENTE	21,1795	10,8614	C8	ENVOLVENTE	40,034	11,7683	C9	ENVOLVENTE	13,9874	10,7919	C9	ENVOLVENTE	29,2077	11,1046	C10	ENVOLVENTE	2,9928	10,9367	C10	ENVOLVENTE	24,9879	11,1281	C11	ENVOLVENTE	6,7073	11,0315	C11	ENVOLVENTE	37,5503	11,5003	C12	ENVOLVENTE	14,1614	11,3714	C12	ENVOLVENTE	29,335	11,7409	C13	ENVOLVENTE	6,3849	10,6961	C13	ENVOLVENTE	18,0091	12,0893	C14	ENVOLVENTE	13,1932	10,4005	C14	ENVOLVENTE	26,9453	12,0623	C15	ENVOLVENTE	11,0144	10,4247	C15	ENVOLVENTE	24,0844	11,6406	C17	ENVOLVENTE	12,0407	10,608	C17	ENVOLVENTE	26,5332	11,9101	C18	ENVOLVENTE	6,4247	11,0619	C18	ENVOLVENTE	17,1135	11,8111
Columna	Combinación	Carga Axial (Ton)	Momento Flector																																																																																																																																				
C1	ENVOLVENTE	5,0824	11,4837																																																																																																																																				
C1	ENVOLVENTE	14,6026	11,339																																																																																																																																				
C2	ENVOLVENTE	10,787	11,5668																																																																																																																																				
C2	ENVOLVENTE	22,6284	10,8124																																																																																																																																				
C3	ENVOLVENTE	7,8991	10,9617																																																																																																																																				
C3	ENVOLVENTE	17,0182	10,6198																																																																																																																																				
C5	ENVOLVENTE	9,8146	11,5174																																																																																																																																				
C5	ENVOLVENTE	21,723	10,8496																																																																																																																																				
C6	ENVOLVENTE	7,037	11,5777																																																																																																																																				
C6	ENVOLVENTE	17,6811	11,2284																																																																																																																																				
C7	ENVOLVENTE	9,7848	11,1774																																																																																																																																				
C7	ENVOLVENTE	22,619	12,0052																																																																																																																																				
C8	ENVOLVENTE	21,1795	10,8614																																																																																																																																				
C8	ENVOLVENTE	40,034	11,7683																																																																																																																																				
C9	ENVOLVENTE	13,9874	10,7919																																																																																																																																				
C9	ENVOLVENTE	29,2077	11,1046																																																																																																																																				
C10	ENVOLVENTE	2,9928	10,9367																																																																																																																																				
C10	ENVOLVENTE	24,9879	11,1281																																																																																																																																				
C11	ENVOLVENTE	6,7073	11,0315																																																																																																																																				
C11	ENVOLVENTE	37,5503	11,5003																																																																																																																																				
C12	ENVOLVENTE	14,1614	11,3714																																																																																																																																				
C12	ENVOLVENTE	29,335	11,7409																																																																																																																																				
C13	ENVOLVENTE	6,3849	10,6961																																																																																																																																				
C13	ENVOLVENTE	18,0091	12,0893																																																																																																																																				
C14	ENVOLVENTE	13,1932	10,4005																																																																																																																																				
C14	ENVOLVENTE	26,9453	12,0623																																																																																																																																				
C15	ENVOLVENTE	11,0144	10,4247																																																																																																																																				
C15	ENVOLVENTE	24,0844	11,6406																																																																																																																																				
C17	ENVOLVENTE	12,0407	10,608																																																																																																																																				
C17	ENVOLVENTE	26,5332	11,9101																																																																																																																																				
C18	ENVOLVENTE	6,4247	11,0619																																																																																																																																				
C18	ENVOLVENTE	17,1135	11,8111																																																																																																																																				
Diagrama de Interacción <table><tr><th>P (Ton)</th><th>M (Ton m)</th></tr><tr><td>175,7035</td><td>0,00</td></tr><tr><td>175,7035</td><td>5,92</td></tr><tr><td>155,613</td><td>9,18</td></tr><tr><td>131,6469</td><td>11,42</td></tr><tr><td>106,4707</td><td>13,09</td></tr><tr><td>76,2994</td><td>14,52</td></tr><tr><td>64,9776</td><td>16,50</td></tr><tr><td>49,1208</td><td>18,02</td></tr><tr><td>10,0542</td><td>14,01</td></tr><tr><td>-30,9359</td><td>7,95</td></tr><tr><td>-77,7539</td><td>0,00</td></tr></table>		P (Ton)	M (Ton m)	175,7035	0,00	175,7035	5,92	155,613	9,18	131,6469	11,42	106,4707	13,09	76,2994	14,52	64,9776	16,50	49,1208	18,02	10,0542	14,01	-30,9359	7,95	-77,7539	0,00	Long Empalme <table><tr><td>L_{sol}</td><td>275 cm</td></tr><tr><td>l_u/2</td><td>137,5 cm</td></tr></table>		L _{sol}	275 cm	l _u /2	137,5 cm																																																																																																								
P (Ton)	M (Ton m)																																																																																																																																						
175,7035	0,00																																																																																																																																						
175,7035	5,92																																																																																																																																						
155,613	9,18																																																																																																																																						
131,6469	11,42																																																																																																																																						
106,4707	13,09																																																																																																																																						
76,2994	14,52																																																																																																																																						
64,9776	16,50																																																																																																																																						
49,1208	18,02																																																																																																																																						
10,0542	14,01																																																																																																																																						
-30,9359	7,95																																																																																																																																						
-77,7539	0,00																																																																																																																																						
L _{sol}	275 cm																																																																																																																																						
l _u /2	137,5 cm																																																																																																																																						

Figura 3.67

Diagrama de interacción de columnas de 30x30 cm (piso 3 con reforzamiento)

**Figura 3.68**

Diseño por corte (piso 3 con reforzamiento)

DISEÑO POR CORTE					
REVISIÓN DE CORTE POR CONFINAMIENTO					
Datos Luz libre: 300 m $\Phi_{\text{Diseño}}$: 1,4 cm d: 33,3 cm f_y : 4200 Kg/cm ² recub: 5 cm		Estribos Rótula plástica #ramas: 2 Φ : 1 cm A_{st} : 0,79 cm ² Sdiseño: 10 cm Long de rot plast: 50 cm		Estribo Conf A_g : 1600 cm ² A_{ch} : 900 cm ² A_g/A_{ch} : 1,778 $A_{s,min}/S$: 0,012 cm ² /cm $A_{s,min}/S$: 0,0045 cm ² /cm $A_{s,Demanda}/S$: 0,012 cm ² /cm $A_{s,Diseño}/S$: 0,157 cm ² /cm OK	
REVISIÓN DE CORTE POR DEMANDAS					
Extremos Hormigon: b: 40,00 cm d: 33,3 cm V_c : 5,48 Kg/cm ² Demanda: V_u : 2,9 Ton V_u : 2,18 Kg		Acero: Φ_{lt} : 1 A_{st} : 0,79 cm ² S: 10 cm V_c : 16,49 Kg/cm ² Comprobación: $\phi(V_c+V_u)$: 16,48 Kg/cm ² OK		Centro del claro Hormigon: b: 40,00 cm d: 33,3 cm V_c : 5,48 Kg/cm ² Demanda: V_u : 2,87 Ton V_u : 2,15 Kg	
				Acero: Φ_{lt} : 1 A_{st} : 0,79 cm ² S: 15 cm V_c : 11,00 Kg/cm ² Comprobación: $\phi(V_c+V_u)$: 12,35 Kg/cm ² OK	

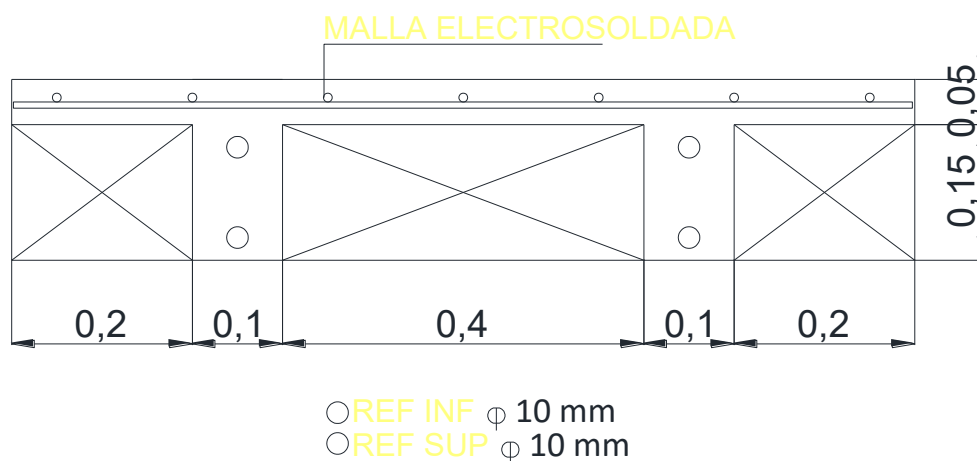
Para realizar el diseño estructural de todos los elementos que conforman la edificación se adoptaron los criterios establecidos en las normas mencionadas en la Sección 0.

A continuación, se detalla una breve descripción de cada uno de los elementos antes mencionados:

- ✓ **Losa de entrepiso:** Se consideró una losa nervada de espesor de 20 cm. La dirección de diseño corresponde a la del sentido longitudinal de la estructura, debido a que en esta dirección se encuentran las luces más cortas, por lo que son más económicas. Cabe mencionar que la losa de cubierta se diseñó bajo este mismo concepto y se recomienda hacerla parte de la rehabilitación del tercer piso para evitar que las columnas reforzadas queden expuestas y presenten futuros deterioros.

Figura 3.69

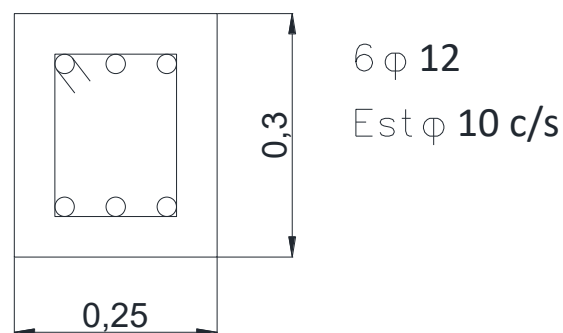
Detalle de losa de entrepiso y cubierta



- ✓ **Vigas:** En base al diseño de las columnas, la propuesta de las vigas tendrá una sección transversal de 25x30 cm.

Figura 3.70

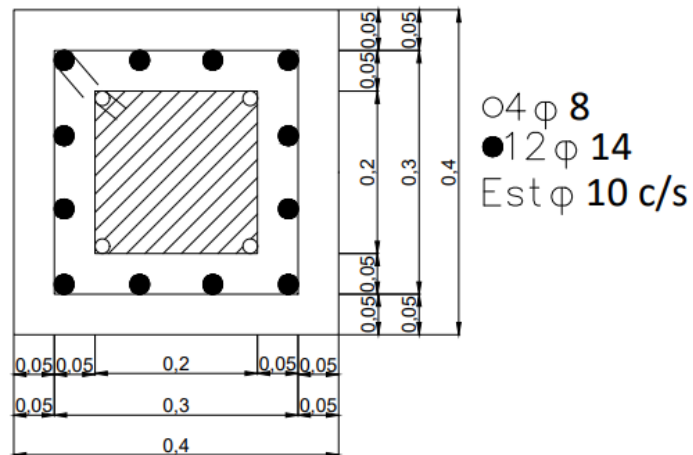
Sección transversal de viga



- ✓ **Columnas:** Considerando las dimensiones iniciales de 30x30, 25x25 y 20x20 cm, se estableció que se eliminarían 5 cm de recubrimiento para conservar el núcleo de cada columna, a partir del cual para el reforzamiento se añadirán 5 cm en donde se ubicarán los estribos y las varillas de refuerzo, como también 5 cm adicionales de recubrimiento. Por lo que, se tienen tres nuevas secciones de columnas 40x40, 35x35 y 30x30 cm. Para la rehabilitación del tercer piso se consideran las dimensiones de 30x30 cm.

Figura 3.71

Sección transversal de las columnas con reforzamiento del primer piso (40x40 cm)

**Figura 3.72**

Sección transversal de las columnas con reforzamiento del segundo piso (35 x35 cm)

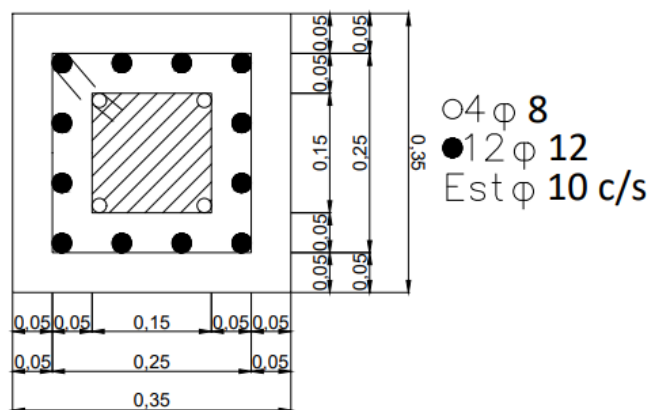
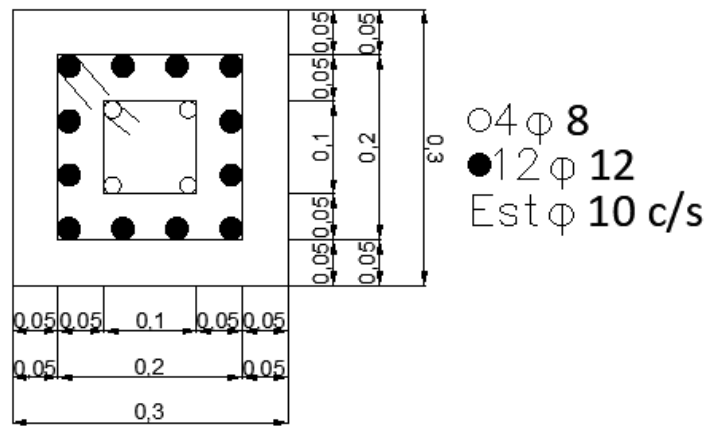


Figura 3.73

Sección transversal de las columnas con reforzamiento del tercer piso (30 x30 cm)



Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El diseño y rehabilitación de un tercer piso en la Coop. Luis Vargas Torres, ubicada en el sur de Guayaquil, constituye una intervención necesaria para garantizar la seguridad estructural y funcionalidad de una edificación afectada por múltiples deficiencias constructivas. Entre los principales problemas identificados se encuentran el uso de métodos empíricos de construcción, la ausencia de supervisión profesional durante las etapas iniciales de la obra y la utilización de materiales de baja calidad, lo cual ha generado fisuras en las columnas de hormigón armado, deficiencias en el refuerzo estructural y exposición del acero a condiciones de deterioro. Estas circunstancias comprometen la durabilidad, la habitabilidad y la resiliencia de la vivienda.

La propuesta de construcción no solo se orienta a la rehabilitación y culminación del tercer nivel, sino también a la integración de principios de sostenibilidad y seguridad estructural, en correspondencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, el proyecto busca fortalecer la infraestructura resiliente y promover la innovación en los procesos constructivos (ODS 9), contribuir al desarrollo de ciudades más seguras y sostenibles (ODS 11), y fomentar un uso responsable y eficiente de los materiales. (ONU, s. f.)

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) resulta fundamental, ya que permite identificar, prevenir y mitigar los posibles efectos negativos que la obra pueda generar sobre el entorno físico, biológico y socioeconómico. De esta manera, se asegura que la construcción se ejecute bajo principios de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos y respeto al entorno, promoviendo una mejor calidad de vida para la población y garantizando la compatibilidad de la obra con los lineamientos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Para la identificación, valoración y caracterización de los impactos ambientales asociados al proyecto, se empleará la metodología propuesta por Leopold et al. (1971). Esta herramienta permite analizar de manera sistemática la interacción entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales, facilitando la identificación de impactos significativos en términos de magnitud e importancia. El enfoque se orientará hacia la selección de la alternativa con menor impacto ambiental, priorizando criterios de sostenibilidad y procurando reducir los efectos acumulativos y negativos tanto sobre el entorno natural como en la comunidad aledaña.

Con base en los resultados obtenidos de la evaluación ambiental, se elaborará un plan de rehabilitación integral que contemple las acciones necesarias para corregir las deficiencias detectadas. Dicho plan incluirá intervenciones estructurales específicas, como el reforzamiento de las columnas deterioradas, así como el reacondicionamiento de los espacios interiores y exteriores de la edificación.

Este enfoque no sólo busca reducir los impactos ambientales del proyecto, sino también mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante la entrega de una infraestructura segura, funcional y ambientalmente responsable.

4.2 Línea base ambiental

La elaboración de la línea base ambiental constituye un componente esencial para evaluar las condiciones actuales del área de intervención y establecer los parámetros que permitan valorar los impactos derivados de la realización de este proyecto. Este levantamiento de información busca caracterizar el medio físico, biológico y socioeconómico, con el fin de disponer de un diagnóstico integral que sustente la planificación de medidas de prevención, mitigación y control ambiental. (Sánchez, 2016)

Contar con una línea base ambiental precisa, permitirá orientar la rehabilitación de la vivienda hacia un modelo sostenible, garantizando seguridad estructural, reducción de impactos negativos y coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

4.2.1 Medio físico – ambiental

4.2.1.1 Clima. El área de estudio corresponde al tipo tropical sabana según la clasificación de Köppen, este clima se caracteriza por temperaturas media anual de 25°C - 27°C, la humedad relativa promedio es del 80 % y 87 %. Las estaciones que se presentan son; estación lluviosa que va desde enero a mayo y la estación poco lluviosa que va de junio a diciembre donde se presenta una alta sensación térmica por la combinación de humedad y temperatura (Ron et al., 2018). También se consideran los microclimas provenientes del Estero Salado que se encuentra cerca del área de influencia indirecta.

4.2.1.2 Relieve. El relieve del área de estudio se considera plano y levemente inclinado ya que se encuentra dentro de la llanura costera e inundable del Río Guayas. Esta área posee una altitud de 2 a 5 metros sobre el nivel del mar, existen pendientes menores al 3% con escasa capacidad de escorrentía superficial. Esta área es frecuentemente inundable en época de lluvias estacionales, este proceso se agrava debido a que el área ha sido relleno de suelos con mala compactación (Celleri et al., 2019).

4.2.1.3 Suelo. El suelo en la zona sur de Guayaquil, particularmente en el sector de la Coop. Luis Vargas Torres, presenta características físicas y químicas particulares que deben ser consideradas tanto para el diseño estructural como para la evaluación ambiental del proyecto.

Los suelos predominantes son de tipo arcilloso a limo arcilloso, lo que implica una moderada retención de agua y una baja permeabilidad. Esta textura está asociada a un comportamiento cohesivo, que puede afectar la respuesta del suelo ante cargas estructurales si no se estabiliza adecuadamente (INAMHI, 2023).

En cuanto a su composición, los primeros horizontes del perfil edáfico presentan un alto contenido de materia orgánica, especialmente en las zonas que no han sido urbanizadas ni intervenidas. Esta condición, si bien favorece la fertilidad en términos agrícolas, puede representar un problema para el uso estructural del suelo, ya que estos materiales orgánicos tienden a degradarse y producir asentamientos diferenciales.

La capacidad portante natural del suelo es limitada, por lo que requiere de cimentaciones especiales o procesos de mejoramiento del terreno, como compactación o estabilización química, para garantizar la seguridad estructural en edificaciones de más de un nivel (MIDUVI, 2024).

4.2.1.4 Agua. El sector de estudio se encuentra directamente influenciado por el Estero Salado, uno de los cuerpos hídricos más importantes y ambientalmente sensibles del cantón Guayaquil. Este estuario costero ha sido objeto de múltiples intervenciones urbanas, lo que ha comprometido su calidad ecológica y funcionalidad hidrológica.

a) Aguas superficiales

El cuerpo receptor superficial más cercano corresponde a los ramales del Estero Salado, ubicados aproximadamente a 300 metros del área de intervención. Estas aguas presentan un régimen salobre con influencia de mareas, lo que conlleva una baja renovación natural, especialmente en sectores no canalizados ni dragados (INAMHI, 2023).

La calidad del agua superficial está comúnmente afectada por descargas de aguas residuales domésticas, residuos sólidos y vertidos no controlados, lo que incrementa los niveles de coliformes fecales, nutrientes y compuestos orgánicos (MAATE, 2023). Esta situación representa un riesgo para la fauna acuática y genera procesos de eutrofización en épocas de baja pluviosidad.

Desde el punto de vista hidrológico, se identifican riesgos ambientales relevantes, como inundaciones periódicas causadas por la saturación del drenaje pluvial y fenómenos de marea alta, lo que ocasiona el conocido “backwater effect” o retroceso de aguas desde el estero hacia las zonas bajas urbanizadas (GAD Municipal de Guayaquil, 2024).

b) Aguas subterráneas

La presencia de aguas subterráneas en el sector es significativa, dado que el nivel freático es somero, oscilando entre 1.5 y 2.5 metros de profundidad, con una tendencia al ascenso en temporada lluviosa. Esta condición hidrológica eleva la vulnerabilidad del suelo frente a procesos de saturación y colapso (Villacís et al., 2018).

4.2.2 Medio Físico Biótico

4.2.2.1 Cobertura Vegetal y Uso del Suelo. El uso del suelo en la zona se caracteriza por ser predominantemente urbano consolidado, con transformaciones significativas de la cobertura vegetal original. La mayoría de los espacios naturales han sido reemplazados por edificaciones residenciales, vías, cerramientos y otras estructuras urbanas, dejando espacios vegetados muy limitados (MIDUVI, 2024).

La vegetación presente es de tipo ruderal, asociada a márgenes de calles, patios baldíos o bordes del estero. Entre las especies más comunes se encuentran:

- ✓ *Cynodon dactylon* (grama),
- ✓ *Ficus benjamina* (ficus ornamental),
- ✓ *Opuntia ficus-indica* (cactus),
- ✓ Vegetación flotante en el estero como *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), especialmente visible en sectores donde el cuerpo de agua no ha sido dragado ni limpiado regularmente.

La presencia de árboles urbanos es escasa, dispersa y generalmente compuesta por especies no nativas.

4.2.2.2 Fauna. En el entorno urbano del área de estudio, la fauna predominante está adaptada a ambientes antropizados, con un alto grado de sinantropía; es decir, animales que coexisten en cercanía con los seres humanos. Entre las especies observadas destacan:

- ✓ Aves: *Columba livia* (paloma doméstica), *Zenaida auriculata* (tórtola), *Corvus corax* (cuervo ocasional) y *Tyrannus melancholicus* (sirirí común).
- ✓ Reptiles: *Hemidactylus frenatus* (gecko casero).
- ✓ Mamíferos: roedores, gatos y perros urbanos en condición feral o semidoméstica.

En el Estero Salado cercano se han registrado especies de interés ecológico como cangrejos (*Ucides occidentalis*), moluscos y aves acuáticas (garzas, gallaretas), principalmente en tramos no intervenidos y con menor contaminación, aunque su presencia es ocasional y dependiente de la calidad del hábitat (Fundación Natura, 2022).

4.2.2.3 Áreas Sensibles o Protegidas. Dentro del área de influencia directa del proyecto no existen áreas naturales protegidas oficialmente registradas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Sin embargo, el Estero Salado es considerado un ecosistema vulnerable, con remanentes de manglar en zonas aguas abajo del sector de estudio, los cuales mantienen una función ecológica importante para la biodiversidad costera.

En el tramo urbano del estero próximo al proyecto no se han identificado especies endémicas ni en peligro de extinción, según los registros más recientes del Inventario de Biodiversidad del Ecuador.

4.2.3 Medio Físico Humano

4.2.3.1 Demografía. La demografía constituye un componente esencial del medio físico-humano en los estudios de impacto ambiental, ya que permite comprender la estructura poblacional, sus dinámicas y la relación que mantiene con el entorno construido (INEC, 2023). En zonas urbanas populares como la Coop. Luis Vargas Torres, la población suele presentar características como alta densidad, núcleos familiares extensos y un crecimiento no planificado, factores que inciden directamente en la presión sobre los servicios básicos, el uso del suelo y la infraestructura.

El análisis demográfico en proyectos de edificación es crucial para dimensionar correctamente los posibles efectos de la obra en la salud pública, la calidad de vida y la sostenibilidad del entorno urbano (MIDUVI, 2024).

4.2.3.2 Ruido. El ruido ambiental se considera un agente físico de impacto relevante durante la fase constructiva de los proyectos urbanos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), la exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede provocar afectaciones en la salud física y mental de la población, incluyendo estrés, trastornos del sueño y pérdida auditiva.

En el contexto urbano guayaquileño, el nivel basal de ruido suele ser elevado por la confluencia de tránsito vehicular, actividades comerciales y densidad poblacional. Por lo tanto, las actividades de vibrado de concreto y operación de equipos para el reforzamiento de las columnas de hormigón armado podrían generar un incremento significativo en los decibeles, superando los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2391 (INEN, 2018).

4.2.3.3 Material Particulado. El material Particulado (MP), especialmente aquel con un diámetro inferior a 10 micras (PM10), representa un contaminante del aire de gran preocupación en entornos urbanos, debido a su capacidad de penetrar en el sistema respiratorio humano (MAATE, 2023). Las actividades de construcción como remoción de concreto, mezcla de cemento y transporte de escombros generan emisiones difusas de polvo que pueden afectar tanto a los trabajadores como a los habitantes cercanos.

4.2.4 Factor Socioeconómico

4.2.4.1 Características de la Población. La Coop. Luis Vargas Torres, ubicada en el sur de Guayaquil, forma parte del conjunto de barrios populares consolidados, caracterizados por una alta densidad poblacional y un proceso histórico de autoconstrucción de viviendas, muchas de ellas con materiales mixtos y estructuras que han evolucionado informalmente con

el tiempo (Carrión, 2016).

La composición demográfica refleja la presencia de familias numerosas y núcleos generacionales que cohabitan en viviendas de tipo unifamiliar. La zona se encuentra predominantemente en un nivel socioeconómico medio-bajo, con ingresos derivados en su mayoría del trabajo informal, como el comercio ambulante, servicios generales y transporte urbano (Guerrero, 2019).

En términos de nivel educativo, la mayoría de los habitantes accede a la educación básica y bachillerato técnico, siendo menos frecuente la formación superior.

Respecto a las condiciones sanitarias, aunque existe cobertura de servicios básicos, en algunos sectores se reporta acceso limitado o irregular, especialmente en temporada lluviosa. Se evidencian problemas en la recolección de residuos sólidos, acumulación de desechos y presencia de aguas servidas en la vía pública, generando focos de insalubridad y riesgos para la salud.

4.2.4.2 Infraestructura y Servicios. El sistema vial de la Coop. Luis Vargas Torres presenta un desarrollo desigual. Las vías principales están parcialmente pavimentadas, pero muchas calles secundarias muestran deterioro estructural, falta de mantenimiento y anegamiento frecuente durante lluvias intensas (GAD Municipal de Guayaquil, 2024).

Alcantarillado y agua potable cuentan con una cobertura irregular. En sectores periféricos, algunas viviendas aún dependen de conexiones informales para el abastecimiento de agua, lo que compromete la calidad y continuidad del servicio.

Energía eléctrica y telecomunicaciones presentan conectividad estable, con integración a la red pública de electricidad y acceso generalizado a servicios móviles e internet (CNEL EP, 2023).

4.2.4.3 Percepción Social del Proyecto. La comunidad local tiende a valorar positivamente los proyectos que generen mejoras visibles en la infraestructura habitacional, como es el caso de refuerzos estructurales o ampliaciones que aumenten la habitabilidad de las viviendas.

Según experiencias previas en barrios similares, se presume una aceptación favorable del proyecto, siempre que se perciba una mejora tangible en la calidad de vida o en la seguridad estructural de las edificaciones (Carrillo et al., 2022). Sin embargo, existen preocupaciones puntuales, principalmente relacionadas con:

- ✓ La seguridad durante la construcción (riesgo de accidentes, ingreso de personal externo),
- ✓ El ruido y las molestias temporales generadas por la obra.
- ✓ La disposición adecuada de los residuos de construcción, que en obras anteriores han sido mal manejados en el entorno urbano.

4.3 Actividades Del Proyecto

Las actividades del proyecto se consideran desde la fase de construcción con el proceso de reforzamiento de columnas cumpliendo el diseño estructural establecido. La fase de operación donde se realiza la reposición de acabados y remodelación, integrando prácticas de eficiencia en el uso de recursos y en la etapa de cierre el manejo adecuado de residuos. Se asegurará que la obra cumpla con criterios de sostenibilidad, prevención de impactos negativos y aportes al bienestar comunitario.

Tabla 4.1*Actividades del proyecto*

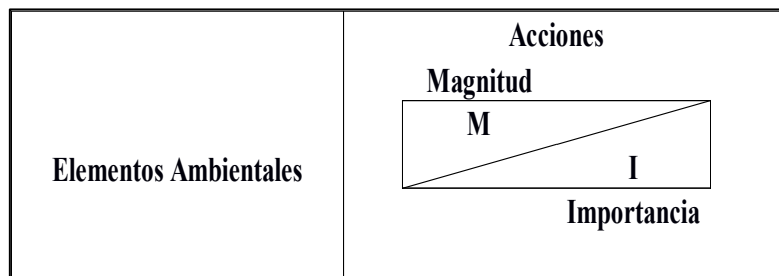
FASES	ACTIVIDAD ESPECÍFICA
FASE DE CONSTRUCCIÓN	
1. Remoción superficial	- Pique y remoción del concreto deteriorado alrededor de la columna
	- Exposición cuidadosa del acero existente
	- Retiro de partes sueltas o contaminadas
2. Tratamiento del acero	- Limpieza mecánica del acero mediante cepillado
	- Aplicación de inhibidor de corrosión
3. Preparación de superficie de adherencia	- Limpieza de la superficie del hormigón viejo con cepillo o agua a presión
	- Aplicación de epóxico de alta resistencia como puente de adherencia
4. Colocación del nuevo refuerzo	- Instalación de nuevas varillas
	- Colocación de estribos o mallas de refuerzo adicional
	- Conexión del refuerzo nuevo con el existente
5. Encofrado del refuerzo	- Colocación del encofrado para aumentar la sección
	- Sellado de juntas y aplicación de desmoldante
6. Colado del nuevo concreto	- Mezcla y vaciado del concreto
	- Vibrado para evitar vacíos o nidos de grava

	- Retiro de encofrados
7. Desencofrado y revisión	- Verificación de la geometría y acabados del refuerzo
8. Curado del concreto	- Mantenimiento del curado durante el tiempo necesario (mínimo 7 días)
FASE DE OPERACIÓN	
9. Reposición de acabados	- Revestimiento con mortero fino, pintura o enchape según el acabado original
10. Remodelación	- Reposición o mejora de elementos arquitectónicos (muros, pisos, cielos rasos, etc.)
	- Instalación de elementos afectados por la intervención (eléctrica, sanitaria, etc.)
FASE DE CIERRE	
11. Limpieza y cierre de obra	- Limpieza final del área intervenida
	- Retiro de escombros y equipos

4.4 Identificación de impactos ambientales

La matriz de Leopold es una herramienta metodológica para identificar y valorar los impactos ambientales generados por proyectos de infraestructura.

Consiste en una tabla de doble entrada que cruza las actividades de proyecto (eje horizontal) con los factores ambientales (eje vertical). (Gómez-Orea & Gómez-Villarrubia, 2020).

Figura 4.1*Matriz de Leopold*

Nota. Adaptado de Leopold, Clarke, Hanshaw y Balsley (1971), *A procedure for evaluating environmental impact*.

Este enfoque permite analizar las interacciones entre las acciones del proyecto y los componentes del medio ambiente, asignando una magnitud (escala de -10 a +10) y una importancia (escala de 1 a 10) a cada impacto. El valor resultante se obtiene multiplicando ambas escalas:

$$\text{Impacto} = \text{magnitud} * \text{importancia}$$

Se identifican impactos negativos (valores negativos) y positivos (valores positivos), los cuales pueden ser directos, indirectos, temporales o permanentes, reversibles o irreversibles.

En resumen, la estructura consta de:

- ✓ Filas → Factores ambientales (agua, suelo, aire, flora, fauna, clima, etc.).
- ✓ Columnas → Actividades del proyecto (construcción, remodelación, limpieza, etc.).
- ✓ Celdas diagonales → Lugar para registrar magnitud e importancia.

En el proceso de evaluación y valoración de impactos ambientales, el parámetro importancia constituye un factor clave para determinar la significancia de los efectos generados por una actividad o proyecto sobre el medio ambiente. Este parámetro no depende

exclusivamente de la magnitud del impacto, sino también de otros criterios que permiten contextualizar su severidad en términos ecológicos, sociales y temporales.

Según Gretzinger (1966), la importancia del impacto puede ser calificada con base en tres criterios fundamentales:

- ✓ **Extensión (E):** Corresponde al área geográfica sobre la cual se manifiesta el impacto generado por una acción específica del proyecto. Puede clasificarse como puntual, local, regional o global, dependiendo del alcance espacial de la alteración.
- ✓ **Duración (D):** Se refiere al período de tiempo durante el cual el componente ambiental afectado continuará mostrando alteraciones a causa de la acción evaluada. Esta duración puede ser temporal (corto, mediano o largo plazo) o permanente, dependiendo de la naturaleza del impacto.
- ✓ **Reversibilidad (R):** Hace referencia a la posibilidad de que el medio ambiente regrese a su estado original una vez cesada la acción del proyecto. Un impacto es reversible cuando el sistema puede recuperarse de forma natural o asistida; caso contrario, se clasifica como irreversible.

La combinación de estos criterios permite establecer un juicio técnico sobre el grado de importancia del impacto, lo cual es fundamental para jerarquizar acciones de mitigación, compensación o monitoreo dentro del Plan de Manejo Ambiental (Conama, 2016)

Se ha realizado una valoración cualitativa con la finalidad de darle un rango de medición a la calificación, se detalla a continuación:

Figura 4.2*Escala de valoración cualitativa*

CARACTERISTICA	PUNTAJE				
	1.00	2.50	5.00	7.50	10.00
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
Magnitud	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

Nota. Adaptado de Conesa (2015), *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (5.^a ed.).

Para calificar la importancia y los factores se ha considerado el siguiente peso:

Tabla 4.2*Pesos para la evaluación de la importancia*

CARACTERISTICAS	NOMENCLATURA	PESO
EXTENSIÓN	E	0.40
DURACION	D	0.35
REVERSIBILIDAD	R	0.25
TOTAL		1.00

La calificación total de la importancia va a ser determinada según la siguiente ecuación:

$$Imp = We * E + Wd * d + Wr * R$$

Donde:

We: Peso de extensión

E: Valor de extensión

Wd: Peso de duración

D: Valor de duración

Wr: Peso de Reversibilidad

R: Valor de Reversibilidad

Imp: Representa el valor estimado de importancia del impacto ambiental

(Conesa, 2010)

Figura 4.3

Matriz de identificación de impactos ambientales del proyecto

MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES																	
1. ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																	
			FASE DE CONSTRUCCION										FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE	Impactos		
			1. Remoción superficial	2. Tratamiento del acero	3. Preparación de superficie de adherencia	4. Colocación del nuevo refuerzo	5. Encofrado del refuerzo	6. Colado del nuevo concreto	7. Desencofrado y revisión	8. Curado del concreto	9. Reposición de acabados	10. Remodelación	11. Limpieza y cierre de obra				
COMPONENTE AMBIENTAL	AIRE	RUIDO Y VIBRACIONES	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	0	11	11
		MATERIAL PARTICULADO	-6	-3	-1	-3	-3	-1	-3	-1	-3	-4	-3	0	11	11	
	AGUA	AGUAS RESIDUALES	-1	-1	-1	-1	-1	-4	-1	-1	-1	-1	-4	0	11	11	
		SUELOS	DESECHOS COMUNES	-7	-2	-2	-2	-4	-2	-1	-1	-1	-4	-7	0	11	11
	DESECHOS PELIGROSOS			-1	-1			-1		-1	-1	-1	-1	0	6	6	
	FLORA	VEGETACION NATURAL	-1										-1	0	2	2	
			1										1	0	3	3	
	FAUNA	MOVILIDAD DE ESPECIES	-1									-1	-1	0	3	3	
1											1	1	11	0	11		
SOCIAL	EMPLEO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	11	0	11		
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
Impactos			Positivos (+)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	55	66	
			Negativos (-)	6	5	5	4	4	5	4	4	5	6	7	55		
			Total	7	6	6	5	5	6	5	5	6	7	8	66	Totales	

Los resultados que se observan en la matriz permiten tener una idea clara del comportamiento de los indicadores positivos y negativos del proyecto. El factor social mantiene una valoración positiva ya que genera fuentes de trabajo. Mientras que el ruido, vibración y material particulado tienen valoración negativa. Sin embargo, estas actividades son puntuales y permanecerán mientras se esté ejecutando el proyecto.

4.5 Valoración De Impactos Ambientales

La valoración de impactos ambientales es un proceso técnico y sistemático que busca identificar, cuantificar y calificar los efectos positivos o negativos que un proyecto, actividad o acción puede generar sobre el medio ambiente. La valoración de impactos ambientales también puede realizarse mediante una ecuación matemática, que permite asignar un valor numérico a cada impacto, facilitando su comparación, priorización y manejo.

$$IA = \pm \sqrt{\text{Importancia} * |\text{Magnitud}|}$$

Los resultados obtenidos permiten elaborar una matriz de calor de riesgos, cuyo propósito es identificar de manera clara los elementos con mayor influencia positiva o negativa en función de la acción evaluada. Esta herramienta constituye un recurso gráfico para la representación de datos bidimensionales, en la que los valores se expresan mediante colores que varían según su intensidad. (Conesa, 2010). En el marco de este proyecto, se adoptó una escala cromática en la que el verde señala impactos positivos, el rojo refleja impactos negativos y el amarillo corresponde a valores neutros (0). La tonalidad de cada color se ajusta de acuerdo con la magnitud del valor obtenido, lo que facilita la interpretación cualitativa de los resultados y su posterior representación en la tabla de valoración.

Figura 4.4

Matriz de calor de riesgos del proyecto

			FASE DE CONSTRUCCION											Impactos		
			FASE DE CONSTRUCCION								FASE DE OPERACIÓN		FASE DE CIERRE			
			1. Remoción superficial	2. Tratamiento del acero	3. Preparación de superficie de adherencia	4. Colocación del nuevo refuerzo	5. Encofrado del refuerzo	6. Colado del nuevo concreto	7. Desencofrado y revisión	8. Curado del concreto	9. Reposición de acabados	10. Remodelación	11. Limpieza y cierre de obra			
														+	-	Total
COMPONENTE AMBIENTAL	AIRE	RUIDO Y VIBRACIONES	-2,24	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	-2,83	0	-30,52	-30,52
		MATERIAL PARTICULADO	-3,46	-2,45	-1,41	-2,45	-2,45	-1,41	-2,45	-1,41	-2,45	-2,83	-2,45	0	-25,23	-25,23
	AGUA	AGUAS RESIDUALES	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-2,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-2,00	0	-13,00	-13
	SUELOS	DESECHOS COMUNES	-2,65	-1,41	-1,41	-1,41	-2,00	-1,41	-1,00	-1,00	-1,00	-2,00	-2,65	0	-17,95	-17,95
		DESECHOS PELIGROSOS	0,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0	-6,00	-6
	FLORA	VEGETACION NATURAL	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0	-2,00	-2
	FAUNA	MOVILIDAD DE ESPECIES	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00	0	-3,00	-3
	SOCIAL	EMPLEO	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	34,79	0,00	34,785
Impactos	+		3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	34,79	-97,7	-62,92
	-		-11,35	-8,69	-7,66	-7,69	-8,28	-8,66	-7,28	-6,24	-8,28	-10,66	-12,92	-97,70		
	TOTAL		-8,18	-5,53	-4,49	-4,53	-5,12	-5,49	-4,12	-3,08	-5,12	-7,49	-9,76	-63		Totales

El impacto ambiental será definido con la división del valor total de la matriz de calor de riesgos con el número total de impactos identificados

$$\textit{Impacto ambiental general} = \frac{-62.92}{35} = -1.8$$

Este proyecto tiene un impacto ambiental de -1.8 considerado como leve o poco significativo por lo que podría ser tolerable, ya que el proyecto no perdura en el tiempo y su área de afectación es mínima.

4.6 Medidas de prevención / mitigación

Las medidas de mitigación ambiental son el conjunto de acciones planificadas y ejecutadas con el fin de prevenir, corregir, reducir o compensar los efectos negativos que puedan derivarse de las actividades de un proyecto sobre el medio ambiente.

Estas medidas deben implementarse en todas las fases del proyecto: construcción, operación y cierre.

4.6.1.1 Medidas en la fase de construcción

Durante esta fase, las actividades como la remoción superficial, tratamiento del acero, colocación de refuerzos, colado de concreto y otras, pueden generar impactos como ruido, emisión de polvo, generación de escombros y alteración temporal del suelo.

Para ello, se proponen las siguientes medidas:

- ✓ Control de emisiones de polvo y material particulado: Humedecer las superficies antes y durante la remoción de concreto para evitar la dispersión de polvo.

- ✓ Gestión adecuada de escombros y residuos: Establecer zonas de acopio temporal y realizar la disposición final en rellenos sanitarios autorizados.
- ✓ Control de ruido: Limitar los trabajos ruidosos a horarios establecidos y emplear maquinaria con mantenimiento preventivo para reducir niveles de presión sonora.
- ✓ Prevención de derrames y contaminación del suelo: Almacenar adecuadamente los materiales de construcción y utilizar cubiertas impermeables.
- ✓ Protección de la vegetación urbana: En caso de existencia de árboles o áreas verdes cercanas, delimitar zonas de protección con señalización visible.

4.6.1.2 Medidas en la fase de operación

En la etapa operativa, las principales actividades corresponden a la remodelación arquitectónica y el uso de las instalaciones rehabilitadas, lo que puede afectar la infraestructura urbana, servicios básicos y generar residuos de construcción.

- ✓ Uso de materiales sostenibles: Preferir materiales de bajo impacto ambiental como aditivos o resinas no tóxicas, productos certificados o reciclables.
- ✓ Gestión de residuos sólidos no peligrosos: Separación de residuos reutilizables y recolección diferenciada durante la remodelación.
- ✓ Educación ambiental a trabajadores y residentes: Capacitación sobre prácticas sostenibles y prevención de daños a instalaciones sanitarias y eléctricas.

4.6.1.3 Medidas en la fase de cierre

El cierre del proyecto contempla la limpieza final del área intervenida y el retiro de equipos y materiales residuales. Las medidas recomendadas incluyen:

- ✓ Limpieza controlada del área de trabajo: Uso de productos biodegradables para limpieza, evitando la contaminación de cuerpos de agua cercanos.
- ✓ Disposición final de residuos y materiales sobrantes: Retiro inmediato del sitio y entrega a gestores ambientales autorizados.
- ✓ Rehabilitación del espacio intervenido: En caso de alteraciones al entorno (veredas, jardines, etc.), proceder a su reposición o restauración.

4.6.1.4 *Medidas sociales y de seguridad*

- ✓ Señalización y delimitación del área de trabajo: Para evitar accidentes a transeúntes y trabajadores.
- ✓ Uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP): Incluye cascos, guantes, mascarillas, protección auditiva, etc.
- ✓ Comunicación comunitaria: Informar a los residentes sobre el cronograma de actividades para minimizar molestias.

Capítulo 5

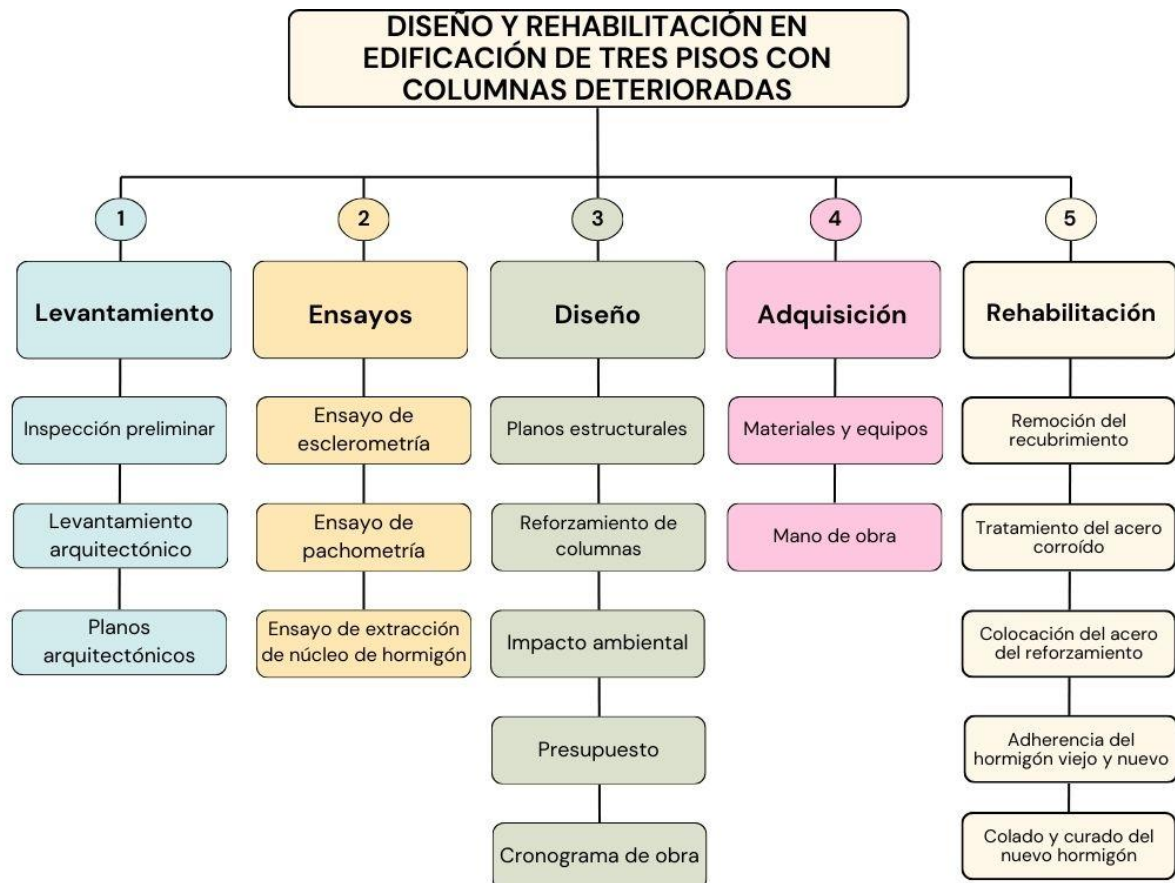
5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

La Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) es una herramienta fundamental en la gestión de proyectos que consiste en descomponer de manera jerárquica y ordenada el alcance total del proyecto en productos, entregables y actividades específicas (Project Management Institute, 2021). El propósito es transformar los objetivos generales en tareas más simples y controlables, lo que facilita su ejecución y supervisión.

En el presente proyecto, la implementación de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) permite organizar el proceso de rehabilitación estructural del tercer nivel de la edificación desde la inspección visual y caracterización del daño en las columnas de hormigón armado, hasta el diseño y ejecución del reforzamiento, garantizando una gestión eficiente.

Su aplicación facilita la planificación de recursos y la estimación de costos y tiempos al determinar de manera detallada los materiales, equipos y la mano de obra requeridos. Por otro lado, optimiza la coordinación entre ingenieros estructurales, técnicos de obra y personal operativo asegurando el cumplimiento del diseño estructural, incrementando la eficiencia del proceso constructivo y la durabilidad de la edificación rehabilitada.

Figura 5.1*Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto*

5.2 Especificaciones técnicas

Código: 1.01

Rubro: Movilización de equipos

Unidad: u

Descripción

Comprende el traslado de equipos técnicos necesarios para la ejecución de los ensayos en las columnas de hormigón. El transporte se realizará en un vehículo liviano adecuado para garantizar la protección y seguridad de los equipos durante la movilización hacia y desde el sitio de la obra.

Mano de obra

- ✓ Chofer

Transporte

- ✓ Vehículo liviano

Procedimiento de trabajo

Se empleará un vehículo liviano en óptimas condiciones mecánicas y con seguro vigente. Los equipos se cargarán cuidadosamente en el transporte y se realizará la movilización desde su lugar de almacenamiento hasta la edificación y viceversa, aplicando prácticas seguras de manipulación y descarga para evitar daños en los equipos.

Medición y forma de pago

La medición se realizará por unidad (u) de viaje de movilización de equipos para ensayos. El costo total corresponde a \$65,00 incluyendo costos de alquiler, combustible, seguro, mano de obra, así como todos los gastos que garanticen el transporte seguro y oportuno de los equipos.

Código: 1.02

Rubro: Ensayo de esclerometría

Unidad: u

Descripción

Consiste en la ejecución del ensayo con martillo de rebote aplicado sobre las columnas de hormigón deterioradas de la edificación. Su propósito es evaluar de manera no destructiva la resistencia a la compresión del hormigón a partir del rebote obtenido tras el impacto del esclerómetro en la superficie de la columna. Este ensayo se realizará conforme a la normativa internacional ASTM C805 y la normativa nacional INEN 1573, empleando el esclerómetro debidamente calibrado bajo la operación de personal técnico especializado.

Equipo

- ✓ Esclerómetro

Mano de obra

- ✓ Técnico en obras civiles
- ✓ Ayudante

Procedimiento de trabajo

Se seleccionan los puntos de ensayo en las columnas evitando zonas con irregularidades superficiales. Se realizarán impactos controlados con el esclerómetro en la misma área registrando los valores de rebote. Los resultados obtenidos son promediados y correlacionados con tablas normativas para estimar la resistencia a la compresión del concreto. Se debe elaborar un informe técnico con la interpretación de resultados.

Medición y forma de pago

La medición se realizará por unidad (u) correspondiente a cada columna ensayada, la cantidad total por considerar en esta actividad será 15 u. El costo total corresponde a \$428,91 incluyendo equipo, mano de obra y elaboración del informe técnico del resultado.

Código: 1.03

Rubro: Ensayo de pachometría

Unidad: u

Descripción

Consiste en la realización del ensayo utilizando un detector de armaduras llamado pachómetro, para identificar la posición, diámetro y recubrimiento del acero de refuerzo en columnas de hormigón armado. Este ensayo es no destructivo y permite obtener información precisa sobre la distribución de las varillas de acero dentro del hormigón, ayudando a la evaluación estructural de la columna. La ejecución se realizará conforme a las normativas internacionales como ASTM A615, ASTM A944 y la normativa nacional NTE INEN 2571,

empleando el pachómetro debidamente calibrado bajo la operación de personal técnico especializado.

Equipo

- ✓ Pachómetro

Mano de obra

- ✓ Técnico en obras civiles
- ✓ Ayudante

Procedimiento de trabajo

Se seleccionan los puntos de ensayo en cada columna, evitando zonas con irregularidades superficiales. El técnico calibrará el pachómetro según las especificaciones del fabricante y la normativa aplicable. Se realizará la medición sobre la superficie de hormigón, registrando la profundidad del recubrimiento, diámetro y ubicación de las varillas de acero de refuerzo. Los datos obtenidos se verifican y procesan para generar un informe técnico que permita la interpretación específica de la armadura de cada columna.

Medición y forma de pago

La medición se realizará por unidad (u) de columna ensayada, considerando todos los puntos de medición requerido, la cantidad total por considerar en esta actividad será 15 u. El costo total corresponde a \$331,41 incluyendo equipo, mano de obra y elaboración del informe técnico del resultado.

Código: 1.04

Rubro: Ensayo de extracción de núcleo de hormigón (incluye ensayo a la compresión)

Unidad: u

Descripción

Consiste en la obtención de núcleos cilíndricos de hormigón de las columnas deterioradas de la edificación mediante perforación con taladro de corona diamantada, con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión del hormigón. Los núcleos extraídos se someterán posteriormente a ensayos de compresión en laboratorio, conforme a las normativas internacionales ASTM C42, ASTM C39 y la normativa nacional INEN 1573, garantizando resultados confiables para la evaluación estructural. El procedimiento es parcialmente destructivo y se ejecuta de manera que los daños a la estructura sean mínimos y controlados.

Equipo

- ✓ Taladro con corona diamantada de 2 pulgadas de diámetro

Mano de obra

- ✓ Técnico en obras civiles
- ✓ Ayudante

Procedimiento de trabajo

Se realizará la extracción del núcleo de hormigón con un taladro de perforación de corona diamantada, empleando agua de refrigeración para evitar el sobrecalentamiento del equipo y la alteración de la muestra. Una vez obtenido el núcleo, se procederá a su etiquetado, embalaje y codificación para su traslado al laboratorio donde se someterá al ensayo de

compresión mediante prensa hidráulica cumpliendo con las normativas correspondientes. El orificio realizado producto de la extracción del núcleo, se rellena con mortero epóxico o material de reparación estructural para restituir la continuidad y durabilidad del hormigón. Se emitirá el informe técnico correspondiente con los resultados de resistencia obtenidos.

Medición y forma de pago

La medición se realizará por unidad (u) de núcleo extraído y ensayado, la cantidad total por considerar en este rubro es 6 u. El costo total corresponde a \$389,96 incluye mano de obra, perforación, extracción, taponamiento del área intervenida, embalaje y transporte de muestras, ensayo a compresión e informe técnico.

Código: 2.01

Rubro: Remoción superficial del recubrimiento de las columnas (incluye limpieza)

Unidad: m2

Descripción

Esta actividad se realizará con la finalidad de eliminar el hormigón deteriorado y el óxido presente en el acero de refuerzo en las columnas, dejando el concreto y las armaduras en las condiciones óptimas para aplicar tratamientos posteriores de rehabilitación estructural.

Equipo

- ✓ Martillo neumático
- ✓ Herramienta Menor

Mano de obra

- ✓ Operador especializado C2
- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Boquilla repuesto

Procedimiento de trabajo

La remoción se ejecutará manualmente con martillo neumático de 5 a 10 kg de baja potencia, retirando el recubrimiento sin dañar el acero de refuerzo ni el hormigón en buen estado, dejando el núcleo a reforzar. Una vez expuestas las armaduras, se procederá a la limpieza de la superficie utilizando cepillo metálico para remover el óxido y residuos adheridos complementando con brocha de cerdas duras para retirar polvo fino y partículas sueltas con el propósito de garantizar que las superficies de hormigón y acero queden libres de contaminantes, aptas para la aplicación de inhibidores de corrosión.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie intervenida, la cantidad total por considerar en esta actividad será 29.40 m². El costo total corresponde a \$419,66 incluyendo equipos, mano de obra, materiales, así como también limpieza del área del trabajo.

Código: 2.02

Rubro: Colocación de inhibidor de corrosión del acero

Unidad: m2

Descripción

Consiste en la aplicación de inhibidor de corrosión sobre las superficies de acero de refuerzo expuesto en las columnas de hormigón armado previamente preparadas. Su objetivo es proteger a las armaduras contra la acción de agentes corrosivos, garantizando la durabilidad y resistencia estructural de la columna rehabilitada.

El inhibidor debe cumplir con normas internacionales de protección de acero en hormigón como ASTM G109, ASTM C1582/C1582M y ACI 222R-19, ser de fácil aplicación y no afectar la adherencia del hormigón de reparación posterior.

Equipo

- ✓ Herramienta Menor

Mano de obra

- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Inhibidor de corrosión Conmix

Procedimiento de trabajo

Se aplicará el inhibidor de corrosión únicamente sobre el acero expuesto de las columnas previamente limpiadas. Se debe cumplir el tiempo de secado y absorción indicado,

evitando contacto con el hormigón circundante y asegurando la cobertura total sobre las superficies de acero.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie de acero cubierta con el inhibidor, la cantidad total por considerar en esta actividad será 29.40 m². El costo total corresponde a \$296,21 incluyendo equipos de aplicación y seguridad, mano de obra, materiales, así como también limpieza del área del trabajo después de la aplicación.

Código: 2.03

Rubro: Adherente del hormigón viejo y nuevo (epóxico de alta resistencia)

Unidad: m²

Descripción

Consiste en la aplicación de un adhesivo epóxico de alta resistencia, diseñado para garantizar la adherencia entre el hormigón existente y el nuevo. Este producto se usa en procesos de rehabilitación estructural para asegurar la unión monolítica de elementos de hormigón, mejorando la transferencia de esfuerzos y evitando desprendimientos o fisuras en la zona de contacto.

Para controlar la calidad y comportamiento mecánico-físico del adherente, debe cumplir con las normas internacionales como ASTM C881, ASTM D638 y ASTM D695 tanto como la normativa nacional NTE INEN 488, garantizando una resistencia mínima de adherencia de 10 MPa (100 kg/cm²) a los 7 días.

Equipo

- ✓ Brocha

Mano de obra

- ✓ Maestro de Obra C2
- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Adherente Epóxico Sika (Componente A+B) (18kg)

Procedimiento de trabajo

Se debe mezclar el adhesivo epóxico bicomponente de alta resistencia, siguiendo las proporciones y tiempos indicados por el fabricante. Con la superficie del hormigón existente previamente preparada mediante la remoción superficial y limpieza, el epóxico será aplicado con brocha, garantizando una capa uniforme y continua que cubra todas las áreas de contacto.

La colocación del hormigón nuevo deberá ejecutarse inmediatamente después de la aplicación del adherente, considerando el tiempo de trabajabilidad del producto, de manera que se logre la unión monolítica entre el hormigón nuevo y el existente.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) en función de la superficie tratada, la cantidad total por considerar en esta actividad será 29.40 m². El costo total corresponde a \$1.193,23 incluyendo equipo, mano de obra y materiales necesarios para la ejecución.

Código: 2.04

Rubro: Colocación del nuevo refuerzo (incluye separadores HDPE)

Unidad: kg

Descripción

Comprende la colocación de las varillas de acero del nuevo refuerzo en columnas de hormigón armado, asegurando su correcta posición, alineación y espaciamiento según los planos estructurales. El acero de refuerzo debe cumplir con la norma nacional RTE INEN 016 como la norma internacional ASTM A706, garantizando ductilidad, resistencia y compatibilidad con el hormigón.

Se incluyen separadores HDPE que son elementos de polietileno de alta densidad, resistentes a la compresión y a la acción del hormigón fresco, se usan para mantener el recubrimiento mínimo de hormigón y garantizar la protección frente a la corrosión. Este proceso asegura que el refuerzo trabaje en conjunto con el hormigón y cumpla con los requerimientos estructurales y de durabilidad.

Equipo

- ✓ Herramienta menor

Mano de obra

- ✓ Maestro de Obra C2
- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Separadores de Plástico de alta densidad (HDPE)
- ✓ Alambre Galvanizado de 1.25 mm (#18)

Procedimiento de trabajo

Se cortarán y doblarán las varillas de acero de refuerzo según las especificaciones del diseño estructural. Las varillas se colocarán en la posición establecida utilizando separadores de HDPE para asegurar el recubrimiento mínimo de hormigón y mantener la distancia adecuada respecto a las superficies de contacto. Se fijarán mediante amarres metálicos, asegurando su alineación y estabilidad, evitando que se desplacen durante el vaciado del hormigón.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en kilogramos (kg) de acero colocado, la cantidad total por considerar en esta actividad será 893,27 kg. El costo total corresponde a \$2.996,04 incluyendo equipo, mano de obra, materiales, fijación, alineación y verificación de recubrimiento, así como la correcta ejecución del refuerzo.

Código: 2.05

Rubro: Encofrado del hormigón de refuerzo en columna (incluye apuntalamiento)

Unidad: u

Descripción

Comprende la instalación del encofrado para las columnas de hormigón de refuerzo, asegurando la forma, dimensiones y alineación según los planos estructurales. Se incluyen los elementos de apuntalamiento y soporte temporal que garantizan la estabilidad del encofrado y la correspondiente contención del hormigón fresco hasta que alcance la resistencia adecuada. Este rubro asegura que el hormigón mantenga su geometría cumpliendo con los requisitos de calidad, seguridad y durabilidad de la estructura.

Equipo

- ✓ Herramienta Menor

Mano de obra:

- ✓ Carpintero D2
- ✓ Oficial E2

Materiales:

- ✓ Tablas de encofrado 1" x 10" x 4 m
- ✓ Cuartón de encofrado 2" x 3" x 4 m
- ✓ Tiras de encofrado
- ✓ Clavos 2 - 1/2"
- ✓ Desmoldante

- ✓ Caña guadua (3m)

Procedimiento de trabajo

Se verificará la ubicación y dimensiones de la columna según los planos estructurales. Se instalarán los paneles de encofrado de madera, asegurando rigidez, alineación y verticalidad mediante puntales y soportes adecuados. Se fijarán con clavos aplicando lubricante desmoldante sobre los paneles para facilitar el desencofrado posterior. Se revisará que el encofrado cumpla con el recubrimiento mínimo del acero y las dimensiones finales. Una vez verificada la correcta instalación y estabilidad del encofrado, se procederá al vaciado del hormigón.

Medición y forma de pago:

La medición se realizará por unidad (u) de madera de encofrado utilizada en la ejecución del sistema completo para cada columna incluyendo apuntalamiento. La cantidad total por considerar en este rubro será 15 u. El costo total corresponde a \$1.503,06 incluyendo equipo, mano de obra, materiales de encofrado, puntales y soportes, aplicación de desmoldante, así como el control de alineación y estabilidad del encofrado.

Código: 2.06

Rubro: Colado del nuevo concreto $f'c=210 \text{ kg/m}^2$ (mezclado y vaciado)

Unidad: m³

Descripción

Comprende el suministro, transporte, colocación y compactación del hormigón premezclado con resistencia especificada $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, destinado al reforzamiento de columnas de hormigón armado. El concreto será elaborado en planta certificada, con dosificación controlada, empleo de aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad y fluidez, garantizando la homogeneidad y calidad del material, cumpliendo con las especificaciones de la normativa internacional ASTM C94 y la normativa nacional NTE INEN 1579.

El control del asentamiento del concreto se verificará mediante el ensayo de revenimiento conforme a las normativas ASTM C143 y NTE INEN 1764, y se procederá a la toma de probetas cilíndricas para verificar la resistencia a la compresión de acuerdo con las normas ASTM C39 y NTE INEN 1573. La compactación se realizará con vibradores de aguja siguiendo las recomendaciones de la normativa ASTM C31 para moldeado de especímenes y control de obra. El curado del hormigón se efectuará de acuerdo con las normativas ASTM C31 y la NTE INEN 1573, garantizando que mantenga la humedad necesaria para alcanzar la resistencia especificada.

Equipo

- ✓ Vibrador de concreto
- ✓ Concretera de Hormigón (1 saco)

Mano de obra

- ✓ Maestro de Obra C2
- ✓ Oficial E2
- ✓ Albañil D2

Materiales

- ✓ Cemento Portland Tipo I 50 Kg
- ✓ Arena
- ✓ Agua
- ✓ Piedra 3/4
- ✓ Plastocrete DM

Procedimiento de trabajo

Comienza con la coordinación del suministro del concreto premezclado, asegurando que tenga la fluidez y consistencia requerida. El vaciado se realizará directamente desde el mixer hacia las columnas utilizando canaletas o bomba de concreto según la accesibilidad. Durante la colocación, se aplicará vibrador de aguja para compactar el concreto y eliminar vacíos, controlando el exceso de vibración para evitar segregación. El hormigón se colocará de forma continua, evitando interrupciones que puedan generar juntas frías, distribuyéndose uniformemente alrededor del refuerzo. Una vez completado el vaciado, se procederá al acabado superficial y se aplicará el curado húmedo.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cúbicos (m³) de hormigón colocado en las columnas de reforzamiento, considerando todo el volumen propuesto en el diseño estructural. La cantidad total por considerar en esta actividad será 2,89 m³. El costo total corresponde a \$723,04 incluyendo suministro del hormigón premezclado desde planta, transporte, mano de obra, uso de vibradores de aguja y herramientas menores, ensayos de control de calidad y curado inicial del concreto.

Código: 2.07

Rubro: Desencofrado del hormigón de refuerzo en columna

Unidad: u

Descripción

Consiste en la remoción cuidadosa de los encofrados utilizados para contener el hormigón fresco de refuerzo en columnas, garantizando que el proceso no genere daños al hormigón endurecido ni al acero de refuerzo. Incluye el retiro de maderas, puntales y soportes utilizados durante el encofrado, dejando las superficies listas para su inspección.

Equipo:

- ✓ Herramienta menor

Mano de obra

- ✓ Carpintero D2
- ✓ Oficial E2

Procedimiento de trabajo

Una vez que el hormigón ha alcanzado la resistencia mínima requerida para soportar su peso y las cargas de trabajo, se retira el apuntalamiento y soportes de forma gradual y controlada, empezando desde la parte superior de la columna hacia abajo. Los paneles de encofrado se deben desprender cuidadosamente evitando impactos sobre el hormigón armado. Se realiza limpieza superficial de restos de encofrado y verificación visual, asegurando que la columna quede lista.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en unidades de columna (u) desencofrada, la cantidad total por considerar en esta actividad es 15 u. El costo total corresponde a \$383,43 incluyendo equipo, mano de obra para el retiro de encofrado y apuntalamiento, como también supervisión de seguridad y control de calidad durante la ejecución.

Código: 2.08

Rubro: Curado del concreto

Unidad: m²

Descripción

Consiste en mantener la humedad del concreto premezclado colocado en las columnas de refuerzo mediante riego constante con agua, con la finalidad de garantizar la correcta hidratación del cemento, prevenir fisuración superficial y asegurar que el hormigón alcance la resistencia y durabilidad especificadas en el diseño estructural ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

Equipo

- ✓ Manguera

Mano de obra

- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Agua

Procedimiento de trabajo

El curado comienza inmediatamente después del fraguado inicial del hormigón. Se aplicará riego de agua frecuente sobre todas las superficies de las columnas, evitando que la humedad se pierda por evaporación o exposición directa al sol. El curado se realizará durante un período mínimo de 7 días, manteniendo la superficie húmeda constantemente y garantizando que todas las caras de las columnas reciban agua suficiente. Se debe inspeccionar periódicamente para reponer el agua y verificar que no haya zonas secas que puedan comprometer la hidratación y desarrollo de la resistencia del hormigón.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie de columnas curadas con agua, la cantidad total por considerar en esta actividad es 44,10 m². El costo total corresponde a \$57,33 incluyendo equipo, mano de obra, suministro de agua para riego y control del proceso durante todo el período de curado.

Código: 3.01

Rubro: Remoción de escombros y limpieza

Unidad: m3

Descripción

Comprende la recolección, transporte y disposición de los escombros generados durante la ejecución de la obra, así como la limpieza de las áreas de trabajo dejando los espacios libres de residuos, polvo y materiales sobrantes. Se utilizarán carretillas y bolsas de yute para la recolección interna y un camión de 5m3 para transporte hacia sitios autorizados de disposición final.

Equipo

- ✓ Carretilla

Mano de obra:

- ✓ Oficial E2

Materiales

- ✓ Bolsas de Yute o Bolsas de Escombros

Transporte

- ✓ Camión 5 m3

Procedimiento de trabajo

Se inicia con la recolección de escombros generados por el reforzamiento de columnas utilizando carretillas y bolsas de yute para trasladar los residuos hacia puntos de acopio

temporal. Los escombros recogidos se cargarán en el camión de 5m³ para su transporte a un sitio de disposición autorizada. Durante la limpieza, se barrerán y retirarán restos de polvo y materiales sueltos asegurando condiciones seguras y adecuadas.

Medición y forma de pago

La medición se realizará en metros cúbicos (m³) de escombros retirados, la cantidad total por considerar en esta actividad es 1,10 m³. El costo total corresponde a \$20,25 incluyendo equipo, mano de obra, materiales y transporte de los escombros hacia el sitio de disposición autorizado.

5.3 Rubros y análisis de precios unitarios

Se presenta el presupuesto general del proyecto luego del análisis realizado, considerando las actividades de rehabilitación del tercer piso de la edificación que incluyen todos los costos de equipos, mano de obra, materiales y transporte, así como también costos directos, indirectos y utilidades. Los rubros considerados se miden según unidades físicas de obra, garantizando eficiencia y cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad.

Figura 5.2*Presupuesto general del proyecto***PRESUPUESTO GENERAL**

UBICACIÓN: Coop. Luis Vargas Torres
 PROYECTO: "Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil"
 PROPONENTE: Patsy Alina Villacrés Orovio

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	ENSAYOS				\$ 1.215,29
1.01	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	1	U	\$ 65,00	\$ 65,00
1.02	ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	15	U	\$ 28,59	\$ 428,91
1.03	ENSAYO DE PACHOMETRÍA	15	U	\$ 22,09	\$ 331,41
1.04	ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEO DE HORMIGÓN (INCLUYE ENSAYO A LA COMPRESIÓN)	6	U	\$ 64,99	\$ 389,96
2	REHABILITACIÓN DE COLUMNAS				\$ 7.571,99
2.01	REMOCIÓN SUPERFICIAL DEL RECUBRIMIENTO DE LAS COLUMNAS (INCLUYE LIMPIEZA)	29,40	M2	\$ 14,27	\$ 419,66
2.02	COLOCACIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN DEL ACERO	29,40	M2	\$ 10,08	\$ 296,21
2.03	ADHERENTE DEL HORMIGÓN NUEVO Y VIEJO (EPÓXICO DE ALTA RESISTENCIA)	29,40	M2	\$ 40,59	\$ 1.193,23
2.04	COLOCACIÓN DEL NUEVO REFUERZO (INCLUYE SEPARADORES HDPE)	893,27	KG	\$ 3,35	\$ 2.996,04
2.05	ENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA (INCLUYE APUNTALAMIENTO)	15,00	U	\$ 100,20	\$ 1.503,06
2.06	COLADO DEL NUEVO CONCRETO FC= 210 KG/CM2 (MEZCLA Y VACIADO)	2,89	M3	\$ 250,18	\$ 723,04
2.07	DESENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA	15,00	U	\$ 25,56	\$ 383,43
2.08	CURADO DEL CONCRETO	44,10	M2	\$ 1,30	\$ 57,33
3	LIMPIEZA				\$ 20,25
3.01	REMOCIÓN DE ESCOMBROS Y LIMPIEZA	1,10	M3	\$ 18,37	\$ 20,25
TOTAL					\$ 8.807,53

A continuación, se presenta el Análisis de Precios Unitarios (APU) de los principales rubros de la obra, detallando los costos de materiales, mano de obra, equipos y transporte necesarios para la correcta ejecución de cada actividad. Este desglose permite evaluar de manera adecuada el valor real de cada unidad de obra, facilitar la planificación de recursos, controlar el presupuesto y garantizar que la ejecución cumpla con los criterios de calidad, seguridad y eficiencia económica establecidos en el proyecto.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 1.01

RUBRO: MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

U

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL M					0,00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Chofer	1	5,70	5,70	0,11	0,63
SUBTOTAL N					0,63

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Vehículo liviano	U	1	49,37	49,37
SUBTOTAL P				49.37

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	50,00
INDIRECTOS	20,00%
UTILIDADES	10,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	65,00
VALOR OFERTADO	65,00

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 1.02

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

U

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Esclerómetro	1	20,91	20,91	1,00	20,91
SUBTOTAL M					20,91

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Técnico en obras civiles	1	4,33	4,33	0,13	0,56
Ayudante	1	4,02	4,02	0,13	0,52
SUBTOTAL N					1,09

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0,00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		22,00
INDIRECTOS	20,00%	4,40
UTILIDADES	10,00%	2,20
COSTO TOTAL DEL RUBRO		28,59
VALOR OFERTADO		28,59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 1.03

RUBRO: ENSAYO DE PACHOMETRÍA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

U

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Pachómetro	1	15,91	15,91	1,00	15,91
SUBTOTAL M					15,91

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Técnico en obras civiles	1	4,33	4,33	0,13	0,56
Ayudante	1	4,02	4,02	0,13	0,52
SUBTOTAL N					1,09

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0,00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		17,00
INDIRECTOS	20,00%	3,40
UTILIDADES	10,00%	1,70
COSTO TOTAL DEL RUBRO		22,09
VALOR OFERTADO		22,09

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 1.04

RUBRO: ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEO DE HORMIGÓN**ESPECIFICACIÓN: INCLUYE ENSAYO A LA COMPRESIÓN****UNIDAD****U**

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Taladro con corona diamantada de 2 pulgadas de diámetro	1	48,91	48,91	1,00	48,91
SUBTOTAL M					48,91

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Técnico en obras civiles	1	4,33	4,33	0,13	0,56
Ayudante	1	4,02	4,02	0,13	0,52
SUBTOTAL N					1,09

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0,00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		50,00
INDIRECTOS	20,00%	10,00
UTILIDADES	10,00%	5,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		64,99
VALOR OFERTADO		64,99

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.01

RUBRO: REMOCIÓN SUPERFICIAL DEL RECUBRIMIENTO DE LAS COLUMNAS

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE LIMPIEZA

UNIDAD

M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Martillo neumático	1	12,00	12,00	0,25	3,00
Herramienta menor M.O. (5%)					0,44
SUBTOTAL M					6,44

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador especializado C2	1	4,52	4,52	0,50	2,26
Oficial E2	1	4,23	4,23	0,50	2,12
SUBTOTAL N					4,38

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Boquilla repuesto	U	0,02	8,00	0,16
SUBTOTAL O				0,16

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	10,98
INDIRECTOS	20,00%
UTILIDADES	10,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	14,27
VALOR OFERTADO	14,27

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.02

RUBRO: COLOCACIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN DEL ACERO

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					0,36
SUBTOTAL M					0,36

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Oficial E2	2	4,23	4,23	0,10	0,42
SUBTOTAL N					0,42

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Inhibidor de corrosión Conmix	LITRO	0,15	25,00	3,75
SUBTOTAL O				3,75

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7,75
INDIRECTOS	20,00%	1,55
UTILIDADES	10,00%	0,78
COSTO TOTAL DEL RUBRO		10,08
VALOR OFERTADO		10,08

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.03

RUBRO: ADHERENTE DEL HORMIGÓN NUEVO Y VIEJO

ESPECIFICACIÓN: EPÓXICO DE ALTA RESISTENCIA

UNIDAD

M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					0,44
SUBTOTAL M					0,44
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de Obra C2	1	4,52	4,52	0,50	2,26
Oficial Especializado E2	1	4,23	4,23	0,50	2,12
SUBTOTAL N					4,38
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Adherente Epóxico Sika (Componente A+B) (18kg)	KG	1,30	20,00	26,00	
SUBTOTAL O					26,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Transporte de Materiales	VIAJE	0,01	40	0,40	
SUBTOTAL P					0,40

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		31,22
INDIRECTOS	20,00%	6,24
UTILIDADES	10,00%	3,12
COSTO TOTAL DEL RUBRO		40,59
VALOR OFERTADO		40,59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.04

RUBRO: COLOCACIÓN DEL NUEVO REFUERZO

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE SEPARADORES HDPE

UNIDAD

KG

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					0,09
SUBTOTAL M					0,09

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de Obra C2	1	4,52	4,52	0,10	0,45
Oficial E2	1	4,23	4,23	0,10	0,42
SUBTOTAL N					0,87

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	KG	1,05	1,50	1,58
Separadores de Plástico de alta densidad (HDPE)	U	0,06	0,15	0,01
Alambre Galvanizado de 1.25 mm (#18)	KG	0,01	2,50	0,03
SUBTOTAL O				1.62

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		2,58
INDIRECTOS	20,00%	0,52
UTILIDADES	10,00%	0,26
COSTO TOTAL DEL RUBRO		3,35
VALOR OFERTADO		3,35

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.05

RUBRO: ENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE APUNTALAMIENTO

UNIDAD

U

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					0,83
SUBTOTAL M					0,83

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Carpintero D2	3	4,28	12,84	0,65	8,35
Oficial E2	3	4,23	12,84	0,65	8,25
SUBTOTAL N					16,60

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Tablas de encofrado 1" X 10" X 4M	U	5	3,50	17,50
Cuartón de encofrado 2" X 3" X 4M	U	4	3,00	12,00
Tiras de encofrado	U	3	2,50	7,50
Clavos 2 - 1 / 2"	KG	0,25	2,00	0,50
Desmoldante	GLN	0,1	1,50	0,15
Caña guadua (3M)	U	4	1,50	6
SUBTOTAL O				43,65

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de Materiales	VIAJE	0,40	40	16,00
SUBTOTAL P				16,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		77,08
INDIRECTOS	20,00%	15,42
UTILIDADES	10,00%	7,71
COSTO TOTAL DEL RUBRO		100,20
VALOR OFERTADO		100,20

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.06

RUBRO: COLADO DEL NUEVO CONCRETO F'C= 210 KG/CM2

ESPECIFICACIÓN: MEZCLA Y VACIADO

UNIDAD

M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					2,57
Vibrador de concreto	1	4,00	4,00	1,50	6,00
SUBTOTAL M					8,57

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de Obra C2	1	4,52	4,52	1,50	6,78
Oficial E2	5	4,23	21,15	1,50	31,73
Albañil D2	2	4,28	8,56	1,50	12,84
SUBTOTAL N					51,35

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Hormigón premezclado f'c= 210 kg/cm2 con aditivo plastificante incluye transporte	M3	1,00	117,50	117,50
Bomba estacionaria (45m tubería)	M3	1,00	15,00	15,00
Agua	M3	0,01	2,30	0,02
SUBTOTAL O				132.52

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		192,44
INDIRECTOS	20,00%	38,49
UTILIDADES	10,00%	19,24
COSTO TOTAL DEL RUBRO		250,18
VALOR OFERTADO		250,18

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.07

RUBRO: DESENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

U

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor M.O. (5%)					1,79
SUBTOTAL M					1,79

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Carpintero D2	3	4,28	12,84	0,70	8,99
Oficial E2	3	4,23	12,69	0,70	8,88
SUBTOTAL N					17,87

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		19,66
INDIRECTOS	20,00%	3,93
UTILIDADES	10,00%	1,97
COSTO TOTAL DEL RUBRO		25,56
VALOR OFERTADO		25,56

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 2.08

RUBRO: CURADO DEL CONCRETO

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Manguera	1	0,50	0,50	0,10	0,05
SUBTOTAL M					0,05

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Oficial E2	2	4,23	8,46	0,10	0,85
SUBTOTAL N					0,85

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Agua	M3	0,10	1,00	0,10
SUBTOTAL O				0.10

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		1,00
INDIRECTOS	20,00%	0,20
UTILIDADES	10,00%	0,10
COSTO TOTAL DEL RUBRO		1,30
VALOR OFERTADO		1,30

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO: 3.01

RUBRO: REMOCIÓN DE ESCOMBROS Y LIMPIEZA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD

M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Carretilla	1	1,00	1,00	0,50	0,50
SUBTOTAL M					0,50

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Oficial E2	2,00	4,23	8,46	0,50	4,23
SUBTOTAL N					4,23

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Bolsas de Yute	U	4,00	0,60	2,40
SUBTOTAL O				2,40

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Camión 5 m3	KM-M3	35	0,2	7,00
SUBTOTAL P				7,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		14,13
INDIRECTOS	20,00%	2,83
UTILIDADES	10,00%	1,41
COSTO TOTAL DEL RUBRO		18,37
VALOR OFERTADO		18,37

5.4 Cantidades de obra

Las cantidades de obra incluidas en el presupuesto corresponden a las medidas reales calculadas a partir de los planos y diseños estructurales del proyecto, considerando todas las dimensiones, espesores y características específicas de cada elemento en el tercer piso. En brevedad, se detallan las cantidades asignadas a cada actividad de la obra.

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.01

RUBRO: REMOCIÓN SUPERFICIAL DEL RECUBRIMIENTO DE LAS COLUMNAS

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE LIMPIEZA

UNIDAD M2

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA	ALTURA	VOLÚMEN
1A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
4B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
CANTIDAD TOTAL				M2	29,40

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.02

RUBRO: COLOCACIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN DEL ACERO

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD M2

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA	ALTURA	VOLÚMEN
1A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
4B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
CANTIDAD TOTAL				M2	29,40

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.03

RUBRO: ADHERENTE DEL HORMIGÓN NUEVO Y VIEJO

ESPECIFICACIÓN: EPÓXICO DE ALTA RESISTENCIA

UNIDAD M2

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA	ALTURA	VOLÚMEN
1A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
1C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
2C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
3C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
4B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
5C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6A	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6B	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96
6C	0,20	0,20	0,80	2,45	1,96

CANTIDAD TOTAL	M2	29,40
-----------------------	-----------	--------------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.04

RUBRO: COLOCACIÓN DEL NUEVO REFUERZO

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE SEPARADORES HDPE

UNIDAD KG

ACERO LONGITUDINAL					
3ER NIVEL	M/COLUMNA	KG/M	KG/COLUMNA	#COL	TOTAL KG
		Ø12MM			Ø12MM
4,5	54	0,888	47,952	15	719,28
SUBTOTAL				Ø12MM	719,28

ACERO TRANSVERSAL (ESTRIBOS)						
ESTRIBOS	ESTRIBO(M)	M/COLUMNA	#COL	ESTRIBOS (M)	KG/M	Ø10MM
COLUMNA 3ER NIVEL				COLUMNA 3N	Ø10MM	COLUMNA 3N
20	0,94	18,8	15	282	0,617	173,99
SUBTOTAL					Ø10MM	173,99

CANTIDAD TOTAL	U	893,27
-----------------------	----------	---------------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.05

RUBRO: ENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA

ESPECIFICACIÓN: INCLUYE APUNTALAMIENTO

UNIDAD U

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA	ALTURA	VOLÚMEN
1A	-	-	-	-	1,00
1B	-	-	-	-	1,00
1C	-	-	-	-	1,00
2A	-	-	-	-	1,00
2B	-	-	-	-	1,00
2C	-	-	-	-	1,00
3A	-	-	-	-	1,00
3B	-	-	-	-	1,00
3C	-	-	-	-	1,00
4B	-	-	-	-	1,00
5A	-	-	-	-	1,00
5C	-	-	-	-	1,00
6A	-	-	-	-	1,00
6B	-	-	-	-	1,00
6C	-	-	-	-	1,00

CANTIDAD TOTAL	U	15,00
----------------	---	-------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.06

RUBRO: COLADO DEL NUEVO CONCRETO F'C= 210 KG/CM2

ESPECIFICACIÓN: MEZCLA Y VACIADO

UNIDAD M3

COLUMNAS TERCER NIVEL							
DESCRIPCIÓN	NÚCLEO N		PROYECTADO P		P - N	ALTURA	VOLÚMEN
	ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	ÁREA DIFERENCIA		
1A	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
1B	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
1C	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
2A	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
2B	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
2C	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
3A	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
3B	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
3C	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
4B	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
5A	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
5C	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
6A	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
6B	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
6C	0,10	0,10	0,30	0,30	0,08	2,45	0,20
CANTIDAD SUBTOTAL HORMIGÓN							2,94

COLUMNAS TERCER NIVEL						
	ÁREA M2	# VARILLAS	ÁREA DE VARILLA	ALTURA	#	VOLÚMEN
	VARILLA	COLUMNA	COLUMNA	DE COLUMNA	COLUMNA	M3
Ø12mm	0,00011309	12	0,001357171	2,45	15	0,04987604
CANTIDAD SUBTOTAL VARILLA (-)						0,05

CANTIDAD TOTAL	2,89
----------------	-------------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.07

RUBRO: DESENCOFRADO DEL HORMIGÓN DE REFUERZO EN COLUMNA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD U

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA	ALTURA	VOLÚMEN
1A	-	-	-	-	1,00
1B	-	-	-	-	1,00
1C	-	-	-	-	1,00
2A	-	-	-	-	1,00
2B	-	-	-	-	1,00
2C	-	-	-	-	1,00
3A	-	-	-	-	1,00
3B	-	-	-	-	1,00
3C	-	-	-	-	1,00
4B	-	-	-	-	1,00
5A	-	-	-	-	1,00
5C	-	-	-	-	1,00
6A	-	-	-	-	1,00
6B	-	-	-	-	1,00
6C	-	-	-	-	1,00
SUBTOTAL					15,00

CANTIDAD TOTAL	U	15,00
-----------------------	----------	--------------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 2.08

RUBRO: CURADO DEL CONCRETO

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD M2

COLUMNAS TERCER NIVEL					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	PERIMETRO	ALTURA	ÁREA
1A	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
1B	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
1C	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
2A	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
2B	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
2C	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
3A	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
3B	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
3C	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
4B	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
5A	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
5C	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
6A	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
6B	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94
6C	0,30	0,30	1,20	2,45	2,94

CANTIDAD TOTAL	M2	44,10
-----------------------	-----------	--------------

CÁLCULO DE CANTIDADES

CÓDIGO: 3.01

RUBRO: REMOCIÓN DE ESCOMBROS Y LIMPIEZA

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD M3

COLUMNAS TERCER NIVEL							
DESCRIPCIÓN	ORIGINAL O		NÚCLEO N		O - N	ALTURA	VOLÚMEN
	ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	ÁREA DIFERENCIA		
1A	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
1B	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
1C	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
2A	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
2B	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
2C	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
3A	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
3B	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
3C	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
4B	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
5A	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
5C	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
6A	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
6B	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07
6C	0,20	0,20	0,10	0,10	0,03	2,45	0,07

CANTIDAD TOTAL	M3	1,10
----------------	----	------

5.5 Costo del proyecto

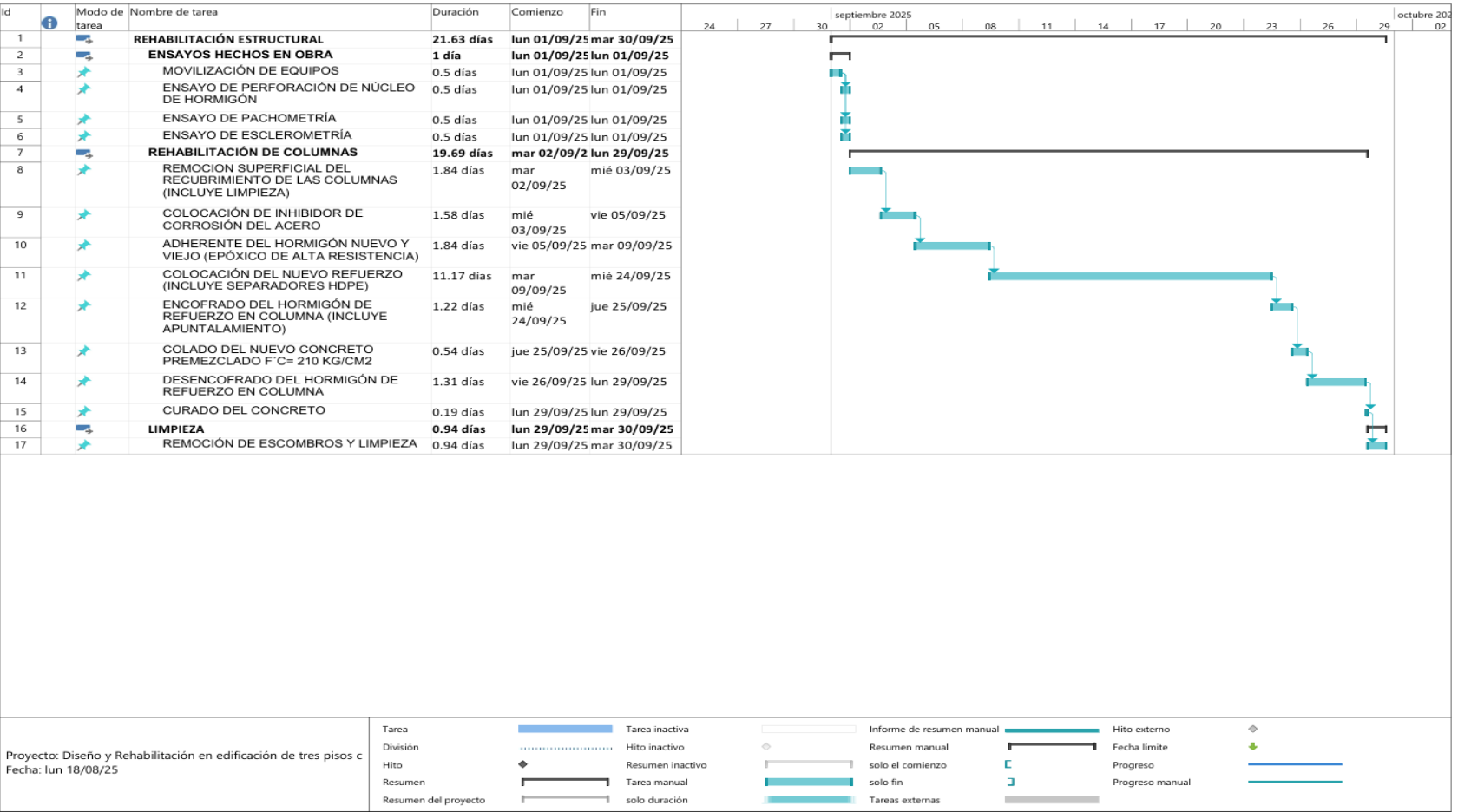
El costo total del proyecto es \$8.807,53 considerado para la rehabilitación del tercer piso de la edificación, en función de los ensayos, reforzamiento de columnas y limpieza de la obra. El costo unitario por cada columna reforzada es \$5871,17.

5.6 Cronograma de obra

Se considera el tiempo que tomará ejecutar este proyecto, siendo este de 22 días aproximadamente. Se muestra la secuencia y duración de cada actividad con la ayuda del Diagrama de Gantt que se presenta a continuación.

Figura 5.3

Cronograma de obra



Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- ✓ Fue necesario realizar ensayos in situ y en laboratorio para conocer el estado actual de los materiales de las columnas, lo que permitió un diagnóstico adecuado y la solución óptima de rehabilitación estructural.
- ✓ El modelado en el software de análisis estructural ETABS ayudó a identificar las principales fallas en las columnas, validando la necesidad de un proceso de reforzamiento.
- ✓ La rehabilitación estructural propuesta cumple con normativas vigentes para el diseño sísmico y con la capacidad de carga para tener una edificación segura.
- ✓ El reforzamiento mejora la estabilidad de las columnas, prolongando su vida útil y reduciendo la vulnerabilidad frente a cargas verticales y sísmicas.
- ✓ Los parámetros con mayor afectación ambiental del proyecto son: ruido, vibraciones, material particulado, aguas residuales y desechos comunes; debido a la naturaleza de las actividades en las etapas de construcción, operación y cierre. Mientras que el componente social posee el único beneficio ya que fomenta la empleabilidad.
- ✓ El nivel de impacto ambiental general es 1.8 considerado como despreciable, al tener una infraestructura menor a 1000 m² que en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) es categorizado como un nivel de impacto bajo.
- ✓ El costo total del proyecto es \$8.807,53 que constituye una solución más económica y sostenible en comparación con la demolición y reconstrucción, ya que optimiza los recursos disponibles y minimiza el impacto ambiental.

6.2 Recomendaciones

- ✓ **Diagnóstico previo:** Realizar un levantamiento estructural detallado antes de la intervención, con ensayos de laboratorio y campo, para conocer con precisión el grado de deterioro de las columnas.
- ✓ **Intervención técnica:** Para obtener una rehabilitación total del tercer piso de este proyecto, se recomienda construir la losa de cubierta y las vigas que la sostienen para así evitar la exposición ambiental de las columnas reforzadas y deterioro a futuro.
- ✓ **Supervisión y control de calidad:** Asegurar la participación de profesionales especializados durante todas las fases constructivas, con pruebas de verificación que garanticen la resistencia, adherencia y durabilidad de los materiales empleados para el cumplimiento del diseño estructural establecido.
- ✓ **Seguridad y sostenibilidad:** Implementar medidas de seguridad laboral y gestión ambiental, minimizando los impactos negativos y promoviendo prácticas sostenibles en el manejo de residuos.
- ✓ **Mantenimiento preventivo:** Establecer un plan de inspección y conservación periódica, con el fin de prolongar la vida útil de la edificación y evitar futuros deterioros estructurales.

Referencias

- Alarcón, R., & Morales, C. (2022). *Evaluación de la resistencia a compresión del concreto mediante métodos directos e indirectos*. Revista de Ingeniería Civil y Construcción, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.35769/ricc.v12n1.1134>
- American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary*. ACI.
- ASTM C39/C39M-23. (2023). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International. https://www.astm.org/c0039_c0039m-23.html
- Chiliquinga Mendoza, L. E. (2024). *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la casa patrimonial García Moreno, aplicando el capítulo de riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras, de la Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/34902>
- Cisneros, E. R., Gil, J. R., & Pérez, S. M. (2023). La salud estructural en edificaciones utilizando tecnología BIM: Revisión literaria. *Ingeniería y Competitividad*, 25(1), e-30111765. <https://doi.org/10.25100/iyv.v25i1.11765>
- Colque Romero, A. G. (2021). Concreto reforzado con textil para el refuerzo y rehabilitación de columnas de hormigón armado. *Revista Ingeniería*, 5(11), 59–77. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i11.74>

Conopuma Caunalla, J y Lara Aguilar, C. (2020). Mejora del desempeño sísmico de la Escuela de Psicología de la Universidad Nacional San Agustín empleando el encamisado de columnas. Universidad Ricardo Palma - URP. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3554>

EN 12390-12:2020. (2020). *Testing hardened concrete – Part 12: Determination of the potential carbonation resistance of concrete – Accelerated carbonation method*. European Committee for Standardization.

Fan, Y., Yang, L., Wang, Y., Fang, Y., Jin, S., Chen, Y., & Xia, Q. (2025). Experimental study on square RC short columns strengthened with corrugated steel jacket under axial compression. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2502.11529>

Farinango, L., Herrera, H., Correa, M., Hernández, L., & Parra, G. (2022). Evaluación sísmica y rehabilitación de una edificación universitaria construida hace más de 40 años. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 5(1), 7–37. <https://doi.org/10.22206/cyap.2022.v5i1.pp7-37>

García Sandoval, H. H. (2025). Metodología de análisis numérico usando ANSYS con fines de reforzamiento mediante encamisado de columnas de concreto armado en la ciudad de Piura, 2024.

Soldevilla Gutiérrez, A. A. (2021). Mitigación de la vulnerabilidad sísmica mediante el encamisado de columnas del colegio particular San Vicente de Ferrer-Chincha, 2021.

- García, H. A., & Romero, J. M. (2021). *Evaluación estructural del concreto mediante extracción de núcleos: Procedimientos, riesgos y recomendaciones*. Revista Ingeniería Civil, 28(2), 33–42. <https://doi.org/10.35680/ingciv.v28i2.1193>
- Gómez, J. C., & Quiñónez, J. R. (2022). *Evaluación de la resistencia del hormigón mediante ensayo de esclerometría y su comparación con testigos extraídos in situ*. Revista Ingeniería Civil, 20(1), 15–28. <https://doi.org/10.35680/ingciv.v20i1.389>
- Gualotuña Martínez, E. G. (2022). *Manual de procesos para reforzamiento de columnas de hormigón armado con aplicaciones de acero* [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29325>
- Latorre Aizaga, H. J. (2024). *Avances en el uso del hormigón armado en ingeniería civil: Una revisión sistemática*. Magazine de las Ciencias, 9(3), 47–58. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i3.3161>
- López, J. F., & Vargas, M. (2021). *Control de calidad del concreto mediante el ensayo de compresión axial: Análisis normativo y resultados en obra*. Revista Avances en Construcción, 19(2), 67–75. <https://doi.org/10.36295/ac.v19n2.2021>
- Martínez Sánchez, D. H. (2021). *Estudio entre el refuerzo de columnas de concreto armado de fibras reforzadas con polímeros y de perfiles metálicos* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65006>
- Martínez, P., Flores, C., & Mendoza, D. (2020). *Comparación entre métodos destructivos y no destructivos en la evaluación de concreto estructural*. Revista de Ingeniería y Tecnología, 18(1), 65–74. <https://doi.org/10.37766/rit.v18n1.1202>

- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2021). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2020). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. Registro Oficial No. 333. <https://derechoecuador.com/registro-oficial-no333-jueves-19-de-noviembre-de-2020/>
- Quintana, D. J., & Delgado, M. P. (2021). *Análisis no destructivo de elementos de concreto reforzado mediante técnica de pachometría*. *Revista Ingeniería e Investigación*, 41(3), 89–97. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v41n3.94876>
- RILEM TC 281-CCC. (2024). *A critical review of the standardised testing methods to determine carbonation resistance of concrete*. *Materials and Structures*, 57(1), 27–39. <https://doi.org/10.1617/s11527-023-02130-9>
- Rodríguez-García, F. (2019). Rehabilitación de estructuras de hormigón: técnicas y sistemas. *Revista de Edificación*, 28, 39–47. <https://www.researchgate.net/publication/367232250>
- Sánchez, A. L., & Ríos, E. M. (2022). *Evaluación de estructuras mediante ensayos no destructivos: Aplicación de pachometría y esclerometría en edificaciones existentes*. *Revista de Construcción*, 21(1), 45–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2022000100045>
- Torres, H. M. (2021). *Análisis comparativo entre ensayos destructivos y no destructivos para la evaluación del concreto estructural*. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 43(2), 55–64. <https://doi.org/10.22206/rcie.2021.v43i2.207>

- Tudela Laura, M. H. (2022). Análisis comparativo entre el encamisado de concreto armado y el uso de CFRP como métodos de reforzamiento estructural en columnas
- Wang, X., Yang, Q., Peng, X., & Qin, F. (2024). *A Review of Concrete Carbonation Depth Evaluation Models*. *Coatings*, 14(4), 386. <https://doi.org/10.3390/coatings14040386>
- Woyciechowski, P., Szweda, M., & Czapik, P. (2022). *Methodology for Measuring the Carbonation Depth of Concrete – Standard and Non-Standard Aspects*. *Structure and Environment*, 14(3), 89–95. <https://doi.org/10.30540/sae-2022-014-089>
- Zamora Díaz-Comas, O., & Wainshtok Rivas, H. (2021). Reforzamiento de columnas de hormigón armado mediante tejidos de polímeros reforzados con fibras (PRF). *Revista Ciencia y Construcción*, 1(3), 12–23. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/19>
- American Concrete Institute. (2024). *ACI 201.2R-24: Guide to Durable Concrete*. <https://www.concrete.org>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura*. ONU Desarrollo Sostenible. <https://ecuador.un.org/es/sdgs/9>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2023). *Informe edafológico del litoral ecuatoriano*. Quito, Ecuador.
- Sánchez, L. E. (2016). *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos* (2.^a ed.). Oficina de Textos.

- Celleri, R., Buytaert, W., & Molina, A. (2019). *Hydrological processes in tropical Andean ecosystems*. *Hydrological Sciences Journal*, 64(4), 389-406.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1577558>
- Ron, E., Celleri, R., Campozano, L., & Avilés, A. (2018). *Climate change projections in Ecuador: Implications for the hydrological cycle in the Paute River basin*. *Water*, 10(6), 702. <https://doi.org/10.3390/w10060702>
- MAATE. (2023). *Lineamientos técnicos para la gestión ambiental de proyectos urbanos en zonas costeras*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
<https://www.ambiente.gob.ec>.
- MIDUVI. (2024). *Normas técnicas de construcción y suelos para edificaciones urbanas en la Costa ecuatoriana*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador.
- Fundación Natura. (2022). *Estado ecológico de los estuarios urbanos del litoral ecuatoriano*. Quito, Ecuador.
- Carvajal, J., & Morán, E. (2019). *Impactos antrópicos sobre la calidad del agua en el Estero Salado de Guayaquil*. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6(1), 45-56.
<https://doi.org/10.26423/rctu.v6i1.312>
- GAD Municipal de Guayaquil. (2024). *Plan de Gestión Integral de Riesgos por Inundaciones Urbanas*. Dirección de Gestión Ambiental.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2023). *Estudio hidrológico y de niveles freáticos en zonas costeras urbanas del Ecuador*.

- Villacís, C., Carrión, D., & Medina, E. (2018). *Groundwater dynamics and vulnerability in urban coastal areas of Guayaquil, Ecuador*. *Revista Geoespacial*, 15(2), 67–82. <https://doi.org/10.17163/rgr.n15.2018.05>
- Carrillo, M., Rojas, E., & Loor, J. (2022). *Percepción comunitaria sobre proyectos habitacionales en zonas urbanas informales del Ecuador*. *Revista de Estudios Urbanos*, 14(2), 45–62. <https://doi.org/10.1234/reu.2022.14.2.45>
- CNEL EP. (2023). *Informe de cobertura de servicios eléctricos en zonas urbanas de Guayaquil*. Corporación Nacional de Electricidad.
- GAD Municipal de Guayaquil. (2024). *Diagnóstico urbano del sur de Guayaquil: Infraestructura vial y servicios básicos*. Dirección de Obras Públicas.
- INEC. (2023). *Estadísticas sociales y económicas por zonas de planificación del cantón Guayaquil*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- INEN. (2018). *NTE INEN 2391: Niveles máximos permisibles de ruido ambiental*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Directrices sobre ruido ambiental en la región de las Américas*. <https://www.who.int/es>
- Carrión, F. (2016). *La ciudad y los barrios populares en América Latina: Autoconstrucción y producción social del hábitat*. FLACSO.

- Guerrero, P. (2019). *Urbanización informal y dinámicas de consolidación barrial en Guayaquil*. Revista INVI, 34(96), 41–67. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582019000300041>
- Gómez-Orea, D., & Gómez-Villarrubia, A. (2020). *Evaluación de impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. U.S. Geological Survey Circular 645. U.S. Department of the Interior.
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (5.^a ed.). Mundi-Prensa.

Planos y anexos

PARÁMETROS ESPECTRO DE DISEÑO NEC-2015

PROYECTO:

Datos

Tipo de Suelo =	D	
R =	5	Factor de Modificación de Respuesta Sísmica
I =	1	Factor de Importancia de la Estructura
Zona =	Guayaquil	Sitio donde se construirá la Estructura
Z =	0,4	Factor de zona
η =	1,8	Relación de amplificación Espectral
Fa =	1,2	Coefficiente de
Fd =	1,19	Amplificación Dinámica de
Fs =	1,28	Perfiles de Suelo
r =	1	

Calculos

$$S_a = 0,864 \text{ m/s}^2$$

$$T_o = 0,127 \text{ s}$$

$$T_c = 0,698 \text{ s}$$

$$T_L = 2,856 \text{ s}$$

$$T = \text{S}$$

$$S_a(T) = 0,480$$

$$S_a = Z F_a \left(1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_o} \right)$$

$$S_a = \eta Z F_a$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

$$T_o = 0,1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0,55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

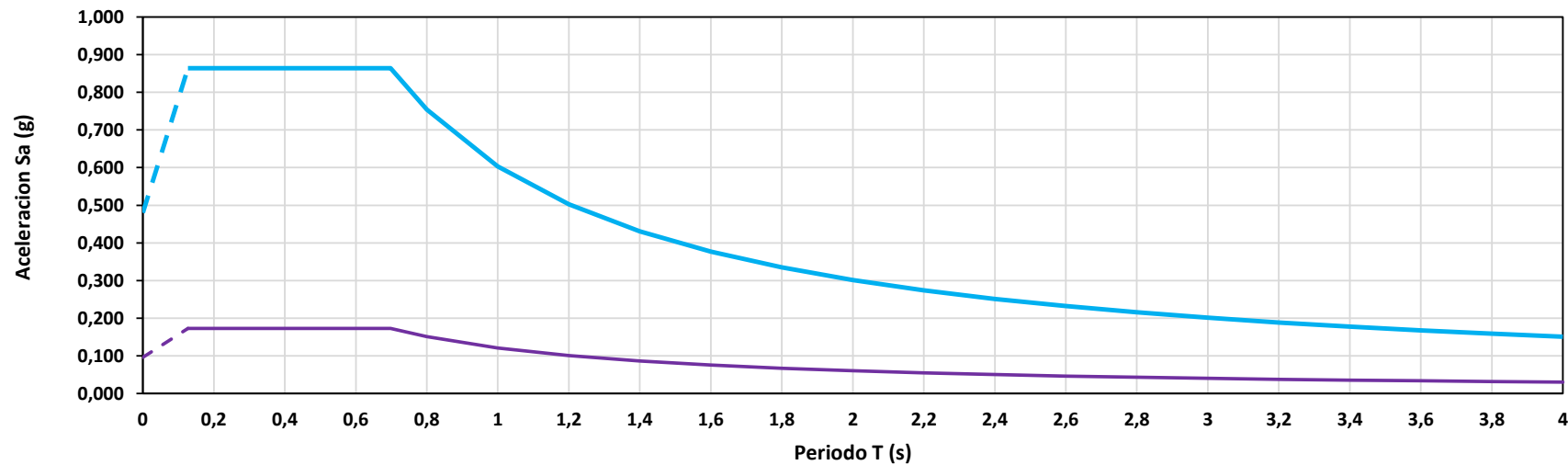
Limitado a 4S para Suelos Tipo D y E

$$T < T_o$$

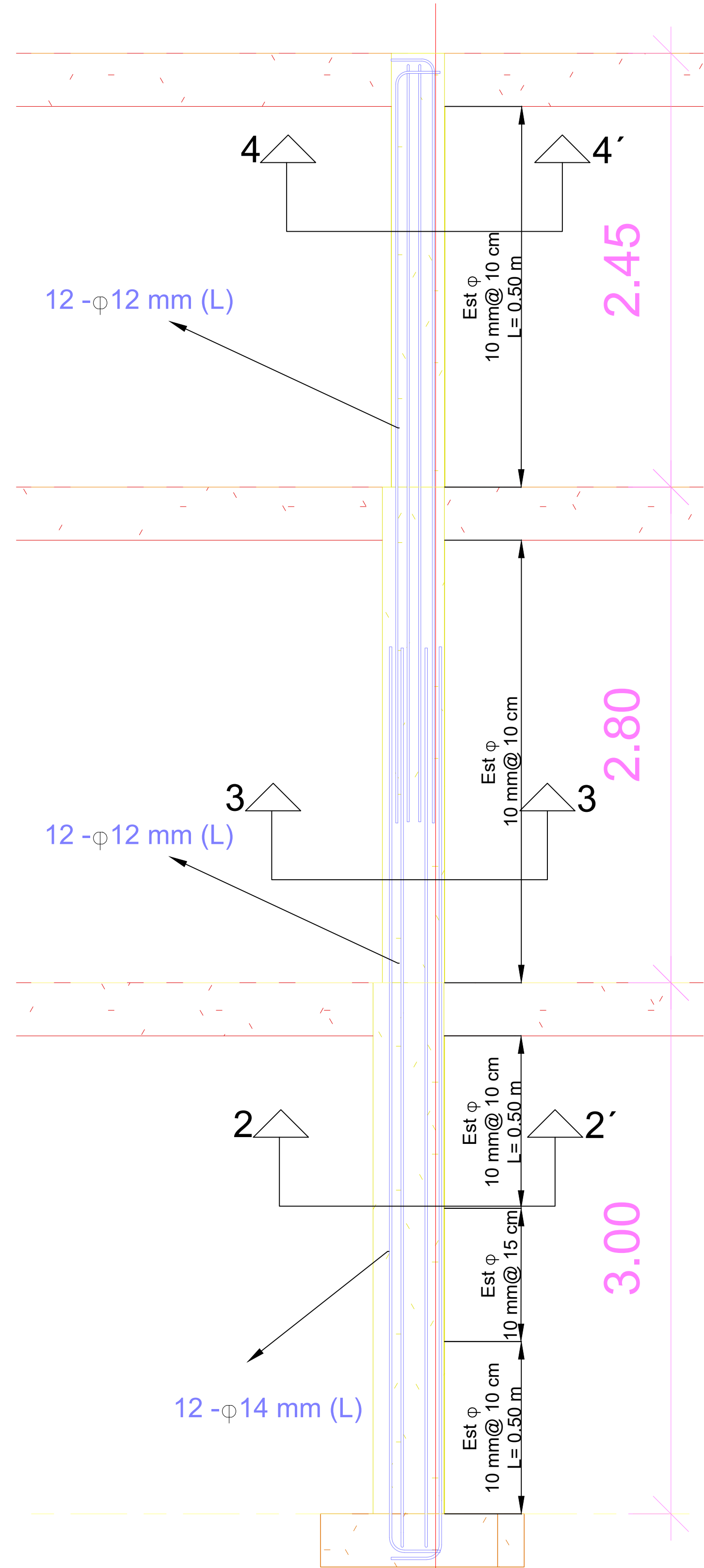
$$0 \leq T \leq T_c$$

$$T > T_c$$

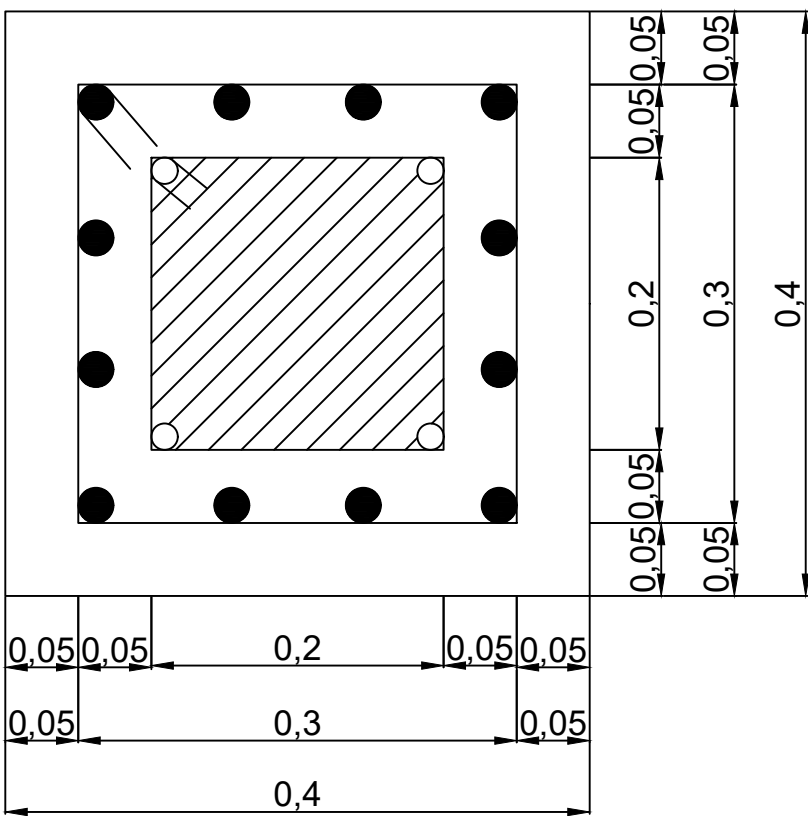
Espectro Sísmico de Diseño del Reforzamiento



ALZADO DE COLUMNAS
ESC: 1:20

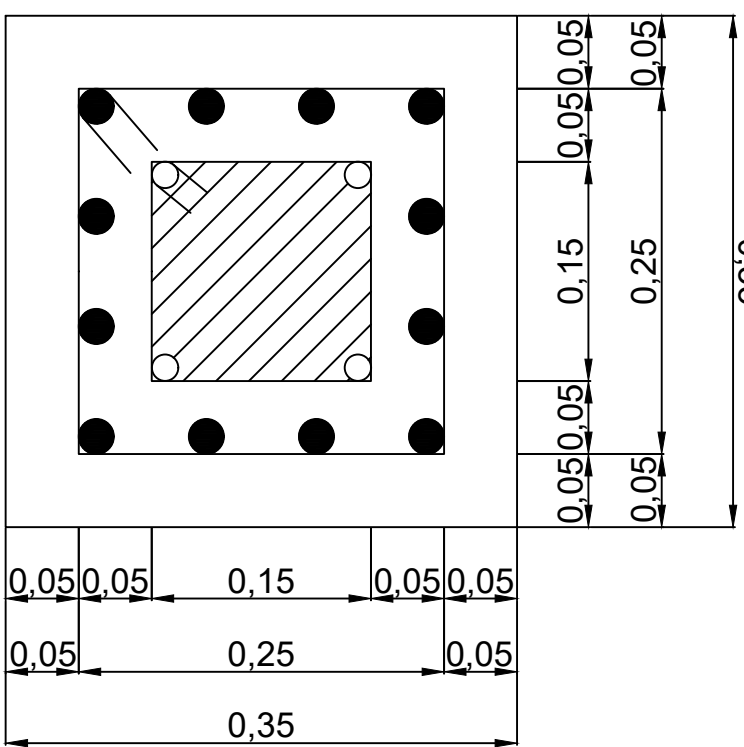


SECCIÓN 2-2'
ESC: 1:5



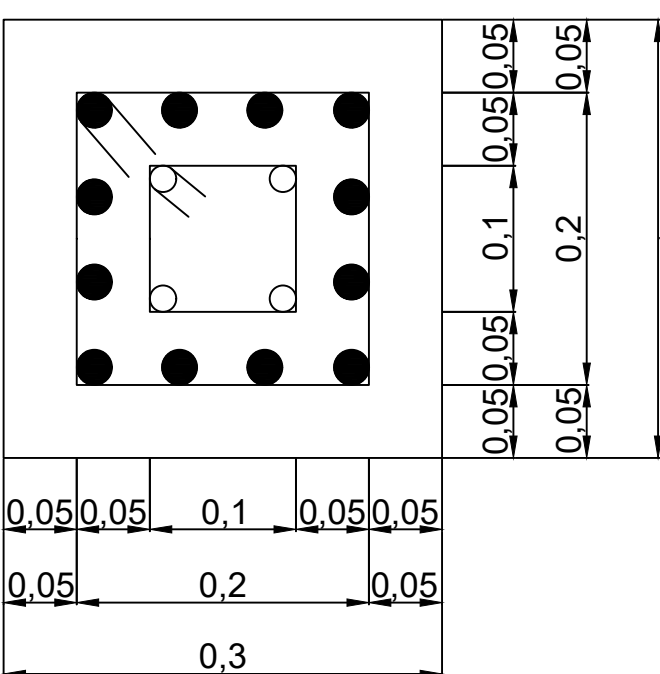
○ 4 φ 8
● 12 φ 14
Est φ 10 c/s

SECCIÓN 3-3'
ESC: 1:5



○ 4 φ 8
● 12 φ 12
Est φ 10 c/s

SECCIÓN 4-4'
ESC: 1:5



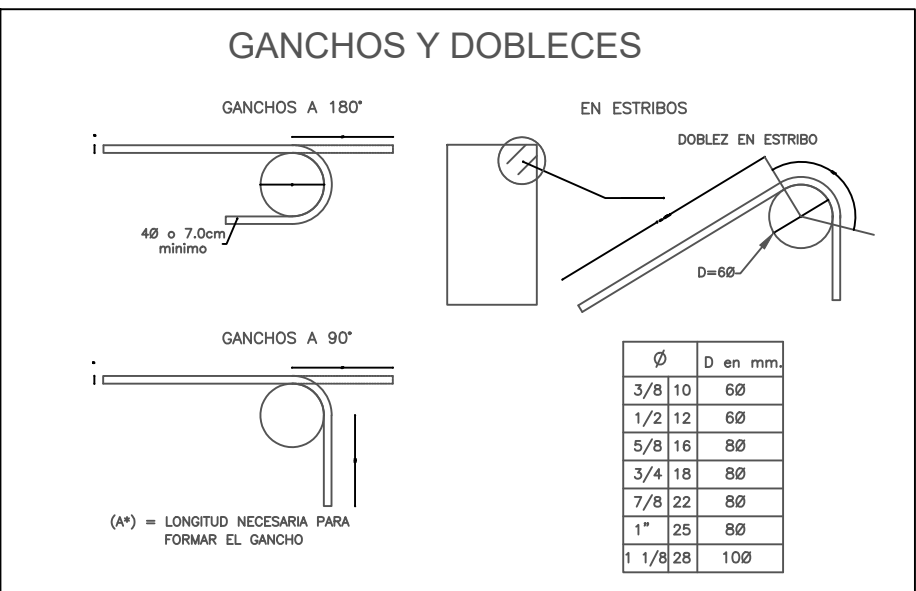
○ 4 φ 8
● 12 φ 12
Est φ 10 c/s

- NOTA 1:
- Colocar un inhibidor de corrosión en la parte expuesta del acero viejo.
 - Alrededor del núcleo (cuadro sombreado) del hormigón viejo, poner en las 4 caras y en toda su longitud, epóxico de alta resistencia, ligante del hormigón viejo con el hormigón nuevo a fundir.

- NOTA 2:
- Encofrado metálico o de madera del collarín del hormigón propuesto con su apuntalamiento en las 4 caras.
 - Altura del lanzado del hormigón al fundir el collarín máximo 0.80 m de la parte inferior.

ESPECIFICACIONES GENERALES:

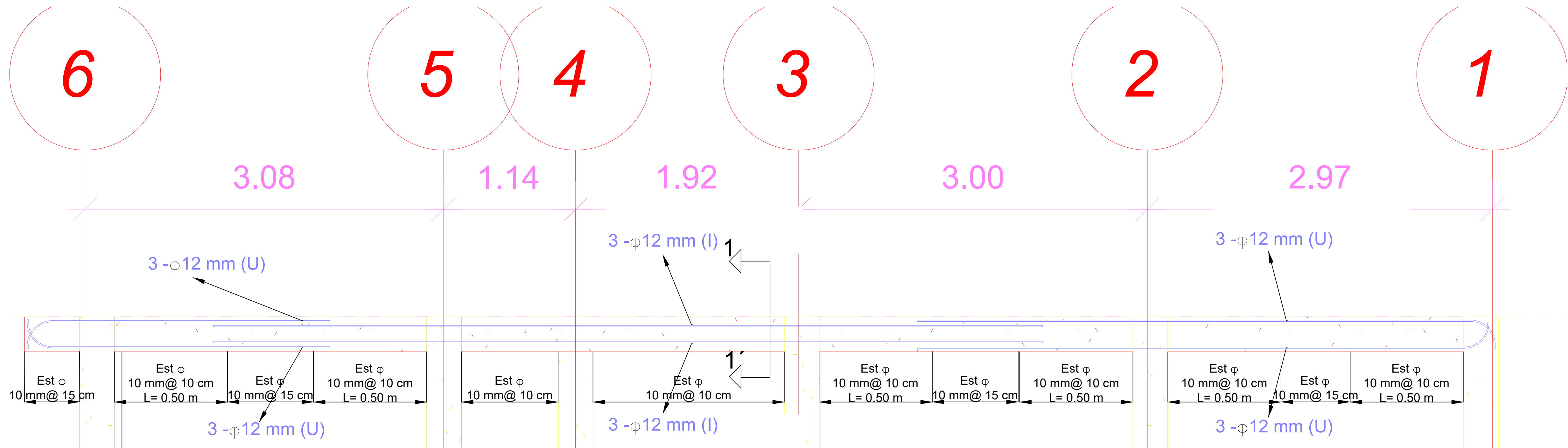
USAR MATERIALES DE RESISTENCIA:	
COLUMNAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
MALLA ELECTRO SOLDADA	$f_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$
TOMAR CLINDROS EN OBRA PARA CONTROL DE CALIDAD f_c DEL HORMIGÓN	
RECUBRIMIENTO LIBRE MÍNIMO:	$= 5 \text{ cm}$
VIGAS Y COLUMNAS	
LOS GANCHOS DE LOS ESTRIBOS IRÁN DOBLADAS, 100, EN LA FORMA INDICADA Y NO A ESCUADRA, DE LO CONTRARIO NO CUMPLIRÁN SU FUNCIÓN.	
COLOCAR ESTRIBOS DE LAS VIGAS A PARTIR DE 5cm DE LA CARA DE LAS COLUMNAS.	
TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN METROS, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.	
BAJO NINGÚN CONCEPTO LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES TALES COMO VIGAS Y COLUMNAS SERÁN ATRAVESADOS, LONGITUDINALMENTE, POR TUBOS O PAQUETES DE TUBOS DE CUALQUIER TIPO DE INSTALACIONES.	
LOS PLANOS ESTRUCTURALES SERÁN CONFRONTADOS CON LOS RESPECTIVOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil			
CONTENIDO: DETALLAMIENTO DE REFORZAMIENTO DE COLUMNAS			
Tutor de Materia Integradora: PhD. Eduardo Santos	Estudiante: Patsy Alina Villacrés Orovio	Fecha de Entrega: 10/8/2025	
Profesor de Materia Integradora: MSc. Ingrid Orta		Lámina: 1/1	Escala: 1:20

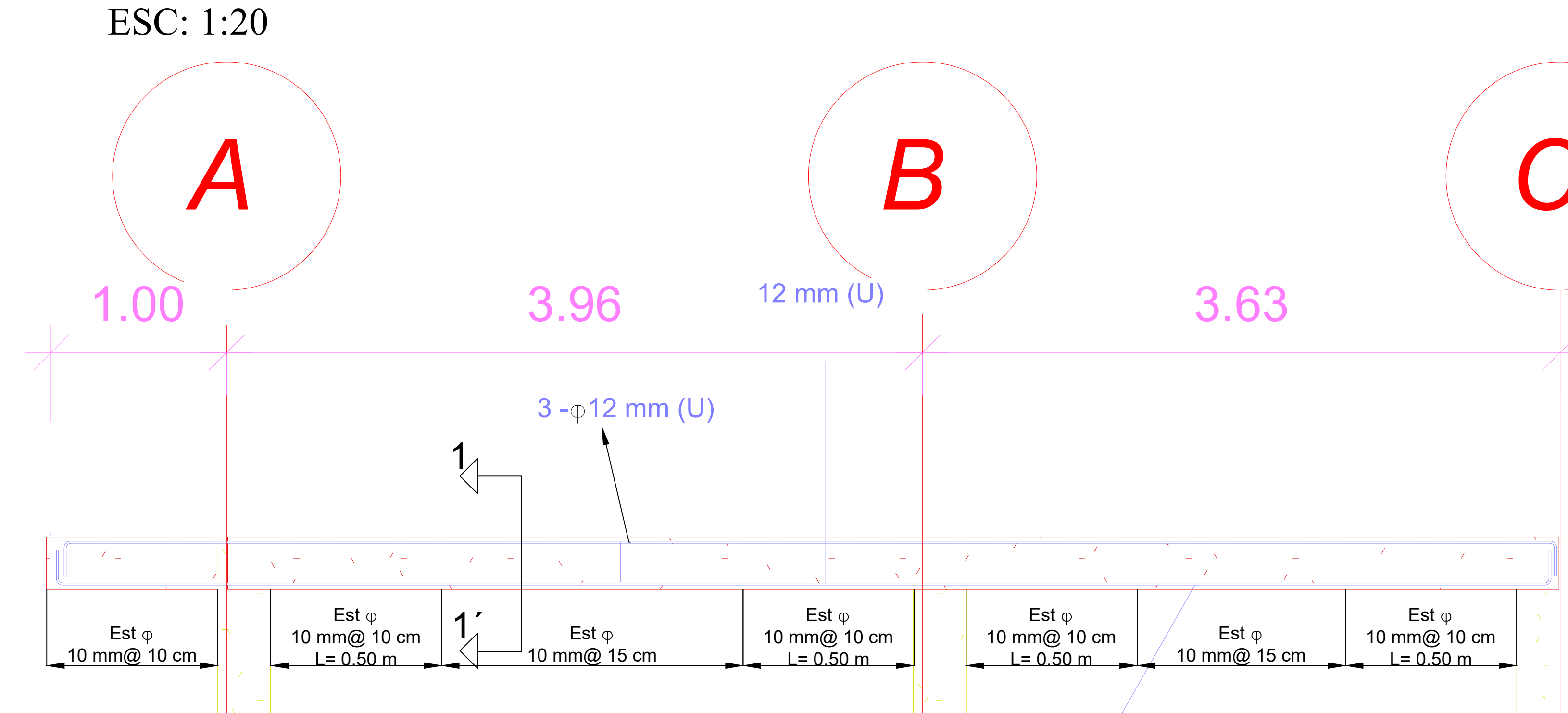
VIGAS EJES A - B - C

ESC: 1:20



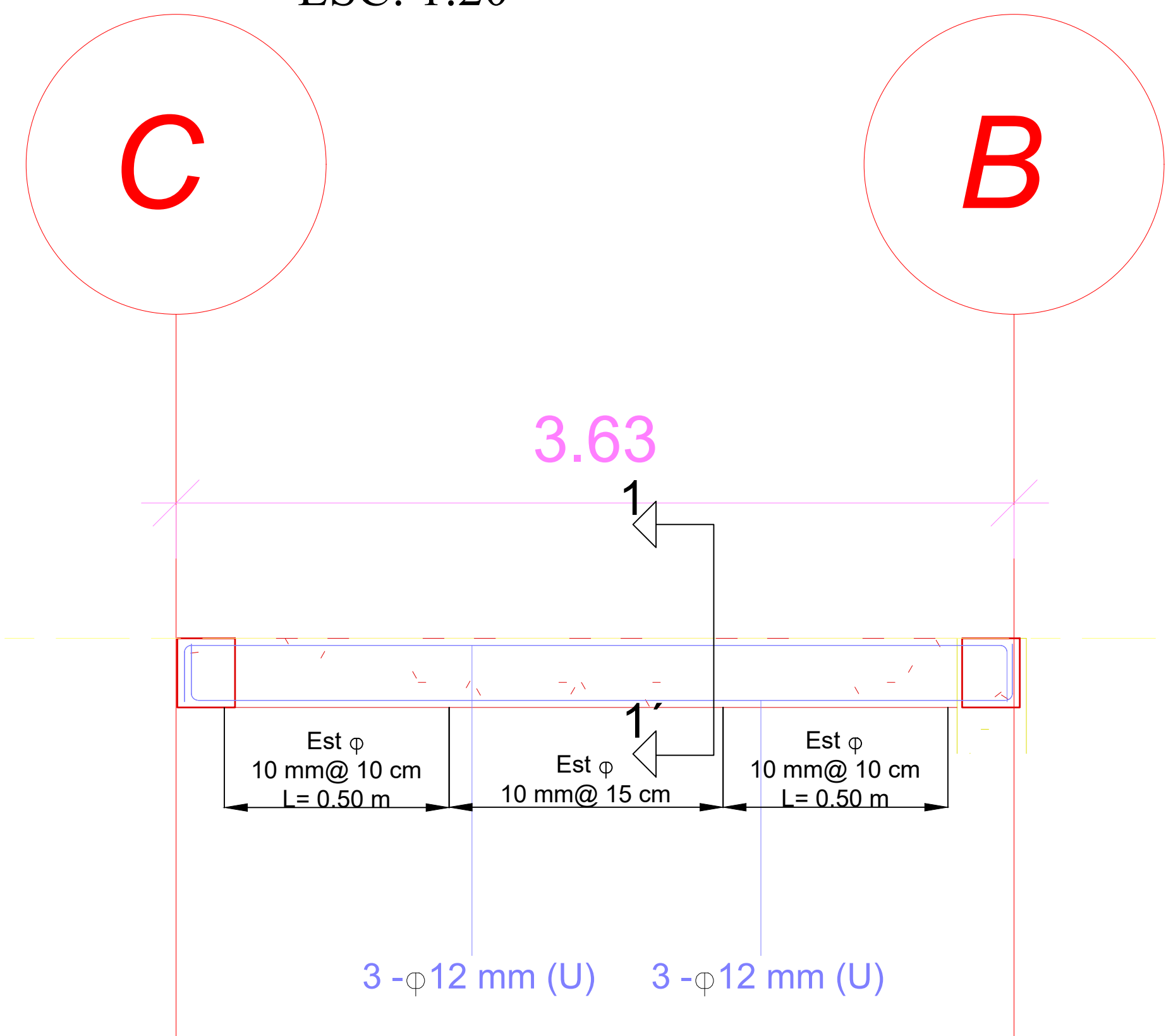
VIGAS EJES 1 - 2 - 5

ESC: 1:20



VIGA EJE 4

ESC: 1:20



ESPECIFICACIONES GENERALES:

USAR MATERIALES DE RESISTENCIA:

COLUMNAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
MALLA ELECTRO SOLDADA $f_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$

TOMAR CILINDROS EN OBRA PARA CONTROL DE CALIDAD f_c DEL HORMIGÓN

RECUBRIMIENTO LIBRE MÍNIMO:
VIGAS Y COLUMNAS = 5 cm

LOS GANCHOS DE LOS ESTRIBOS IRÁN DOBLADAS, 100, EN LA FORMA INDICADA Y NO A ESCUADRA, DE LO CONTRARIO NO CUMPLIRÁN SU FUNCIÓN.

COLOCAR ESTRIBOS DE LAS VIGAS A PARTIR DE 50 cm DE LA CARA DE LAS COLUMNAS.

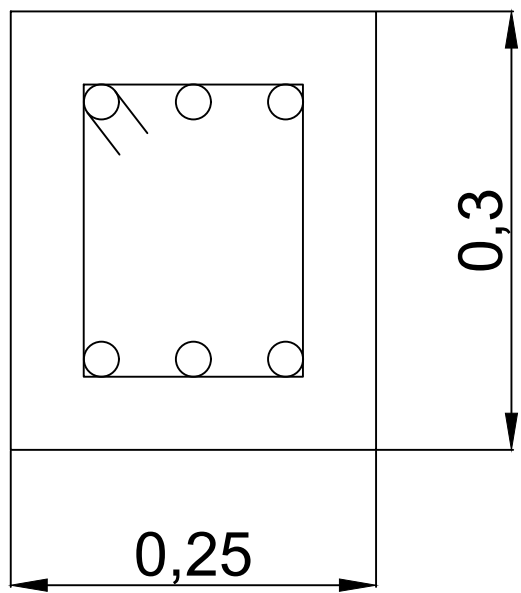
TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN METROS, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.

BAJO NINGÚN CONCEPTO LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES TALES COMO VIGAS Y COLUMNAS SERÁN ATRAVESADOS, LONGITUDINALMENTE, POR TUBOS O PAQUETES DE TUBOS DE CUALQUIER TIPO DE INSTALACIONES.

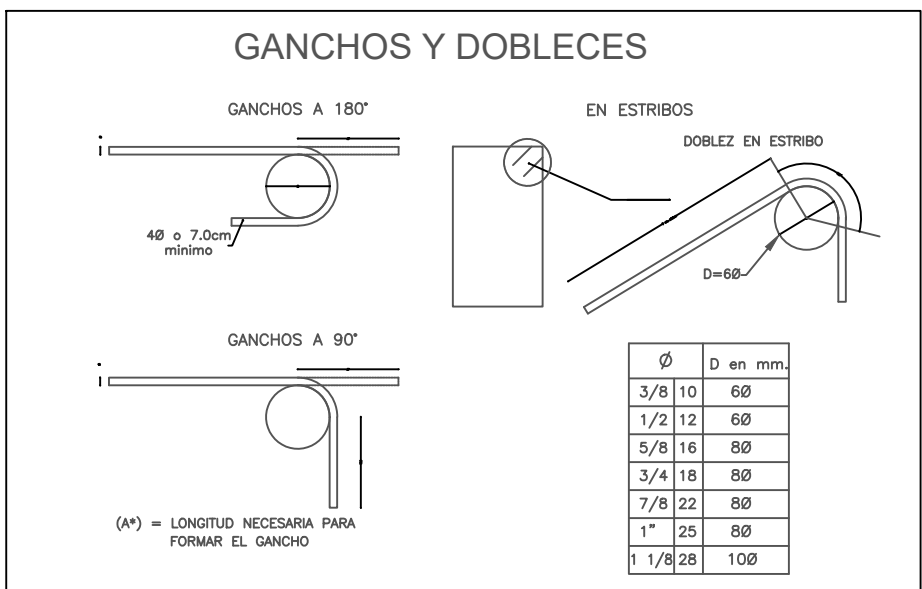
LOS PLANOS ESTRUCTURALES SERÁN CONFRONTADOS CON LOS RESPECTIVOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS

SECCIÓN 1-1'

ESC: 1:5



6 φ 12
Est φ 10 c/s



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil

CONTENIDO:
VIGAS DE CUBIERTA

Coordinador de Ingeniería Civil:
PhD. Eduardo Santos

Docente de Dibujo:
MSc. Ingrid Orta

Estudiante:

Patsy Alina Villacrés Orovio

Fecha de Entrega:
XXXXXXXXXX

Lámina:

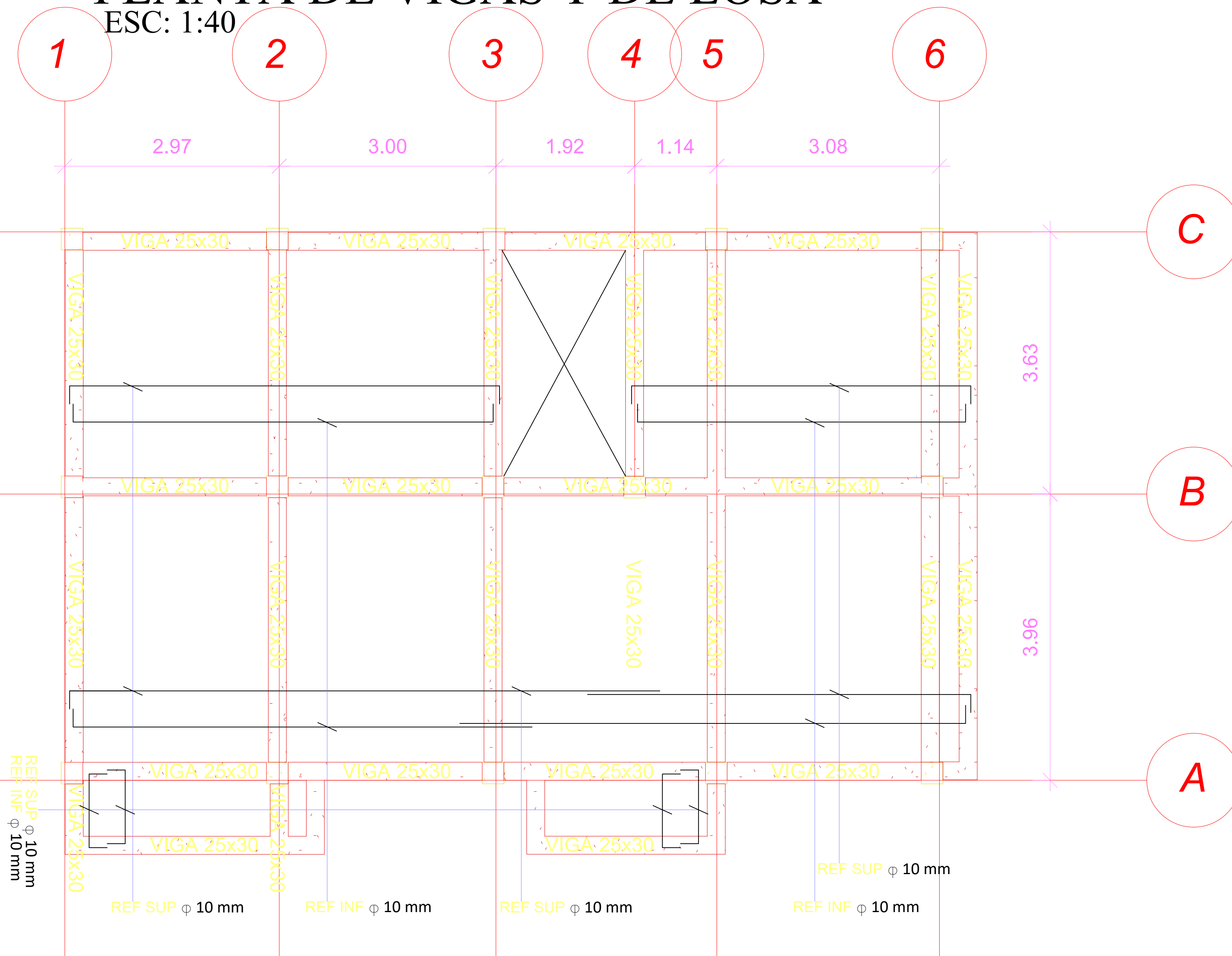
2/3

Escala:

1:20

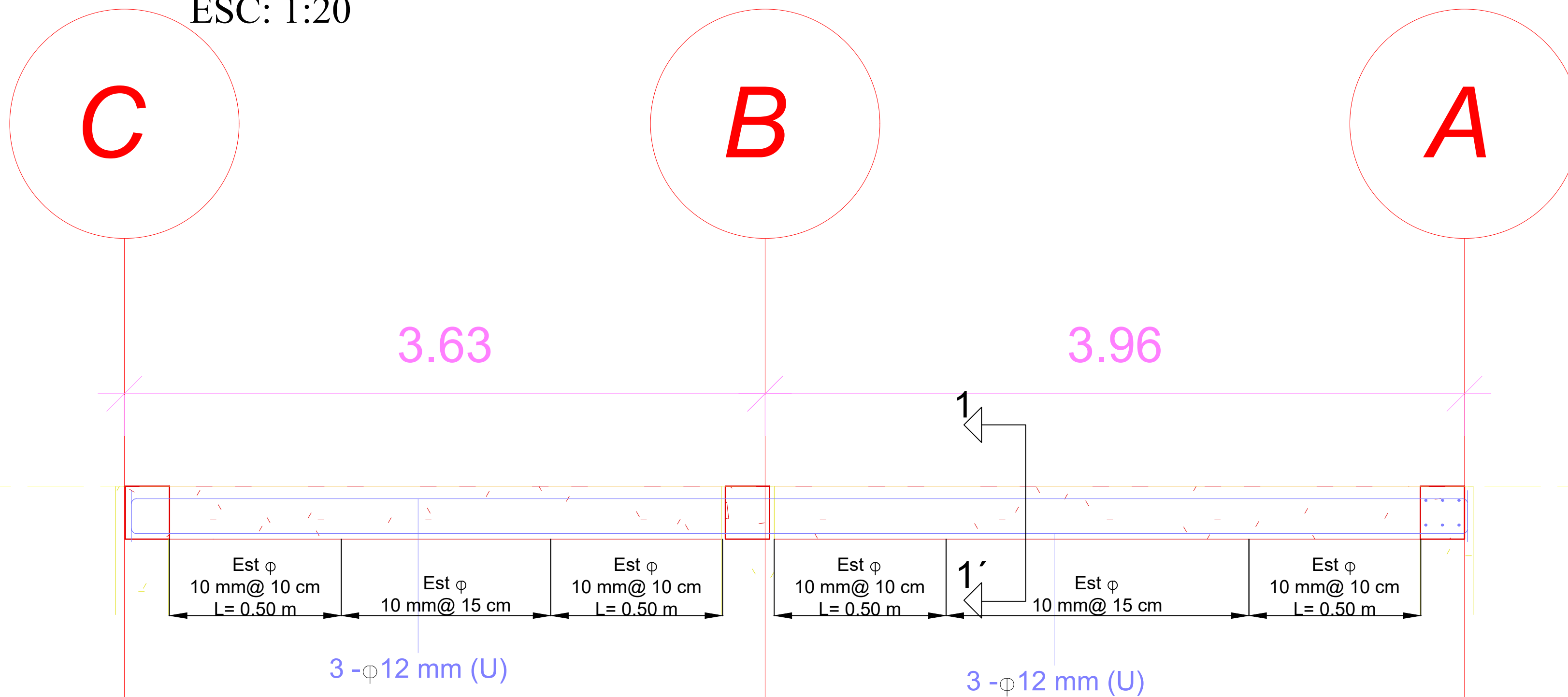
PLANTA DE VIGAS Y DE LOSA

ESC: 1:40



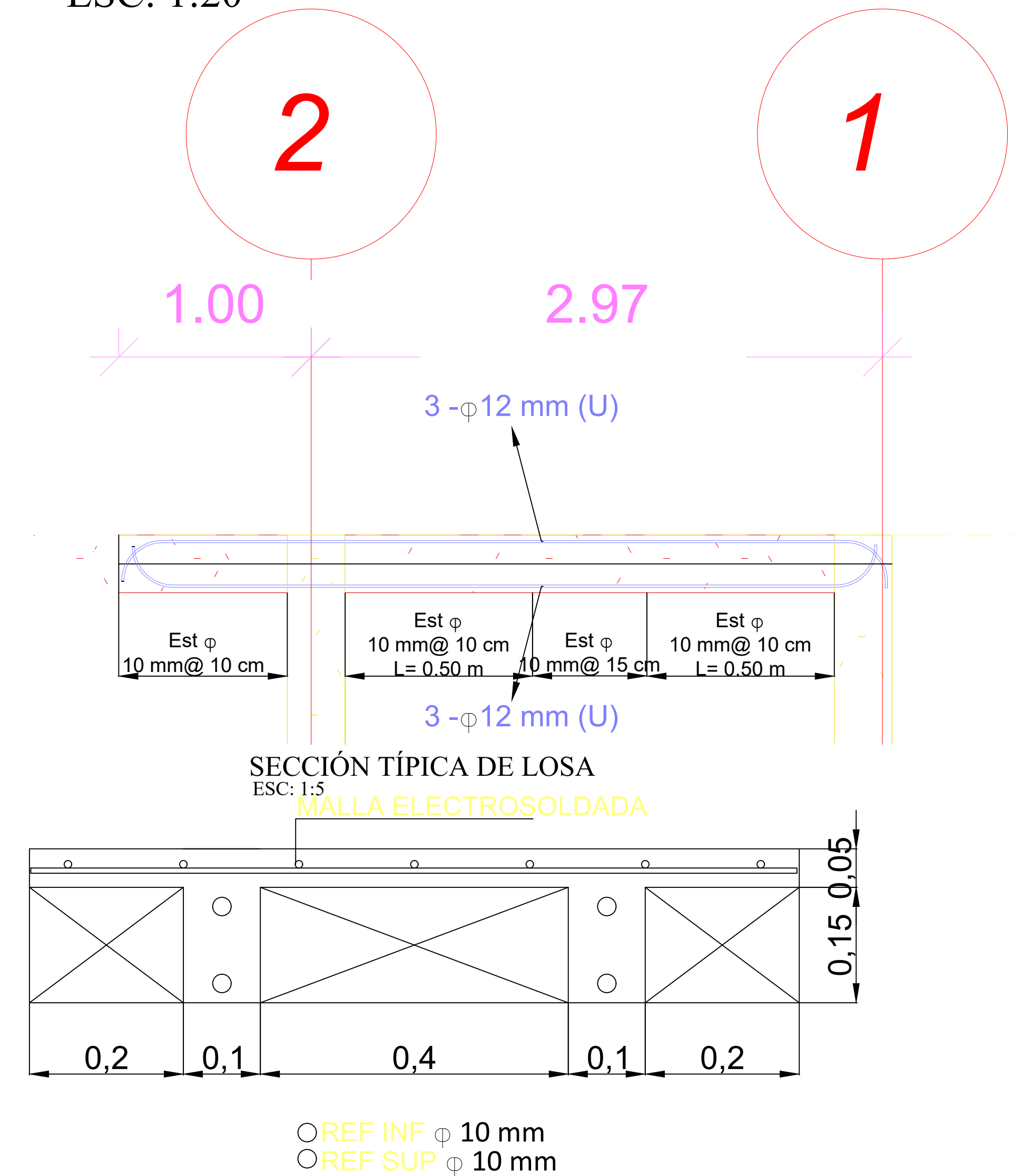
VIGAS EJES 3 - 6 - 6'

ESC: 1:20



VIGAS VOLADIZO

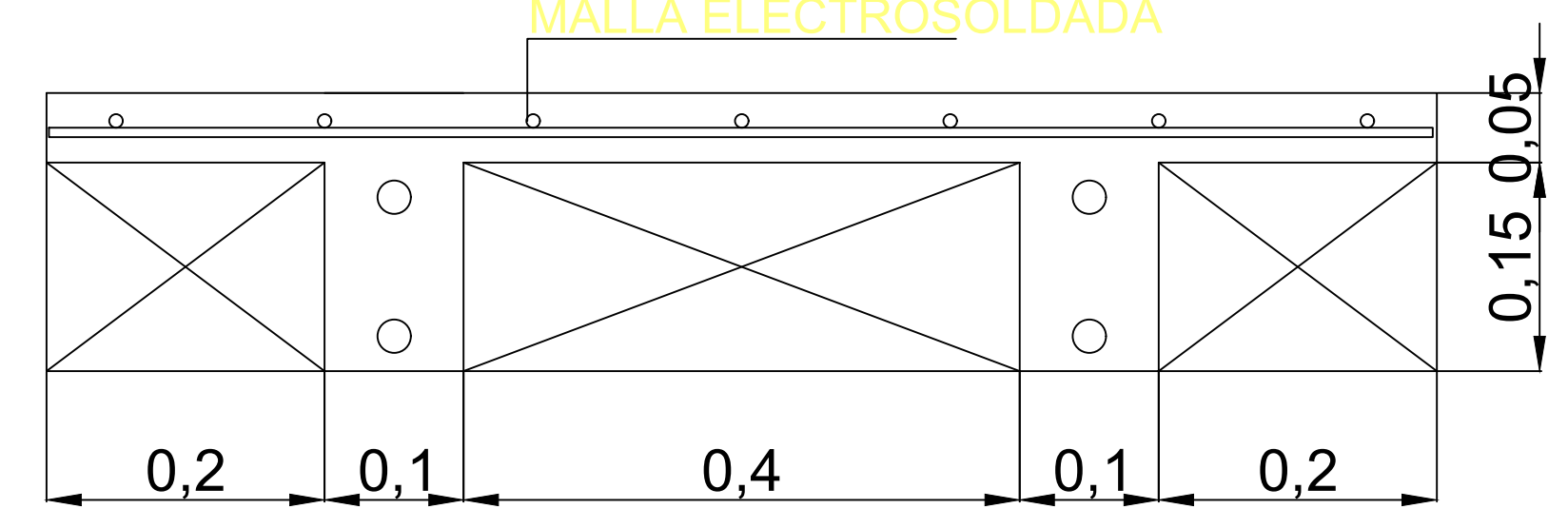
ESC: 1:20



SECCIÓN TÍPICA DE LOSA

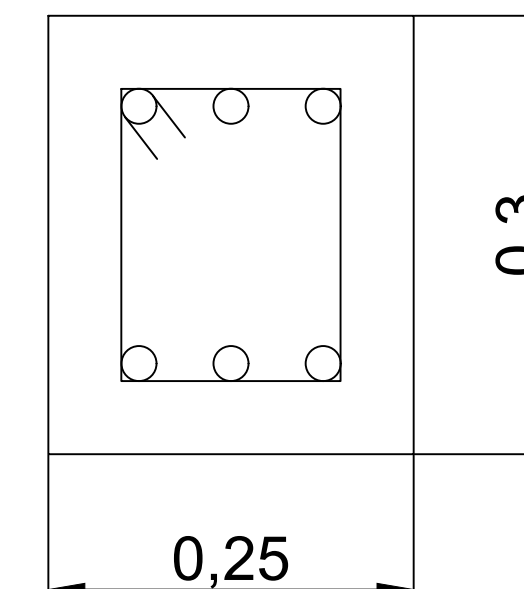
ESC: 1:5

MACETA ELECTROSOLDADA



SECCIÓN 1-1'

ESC: 1:5



ESPECIFICACIONES GENERALES:

USAR MATERIALES DE RESISTENCIA:

COLUMNAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
MACETA ELECTROSOLDADA	$f_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$

TOMAR CILINDROS EN OBRA PARA CONTROL DE CALIDAD f_c DEL HORMIGÓN

RECUBRIMIENTO LIBRE MÍNIMO:
VIGAS Y COLUMNAS = 5 cm

LOS GANCHOS DE LOS ESTRIBOS IRÁN DOBLADAS, 100, EN LA FORMA INDICADA Y NO A ESCUADRA, DE LO CONTRARIO NO CUMPLIRÁN SU FUNCIÓN.

COLOCAR ESTRIBOS DE LAS VIGAS A PARTIR DE 5cm DE LA CARA DE LAS COLUMNAS.

TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN METROS, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.

BAJO NINGÚN CONCEPTO LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES TALES COMO VIGAS Y COLUMNAS SERÁN ATRAVESADOS, LONGITUDINALMENTE, POR TUBOS O PAQUETES DE TUBOS DE CUALQUIER TIPO DE INSTALACIONES.

LOS PLANOS ESTRUCTURALES SERÁN CONFRONTADOS CON LOS RESPECTIVOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño y Rehabilitación en edificación de tres pisos con columnas deterioradas, en Coop. Luis Vargas Torres, Guayaquil

VIGAS DE CUBIERTA Y PLANTA DE VIGAS

Coordinador de Ingeniería Civil:
PhD. Eduardo Santos

Estudiante:

Patsy Alina Villacrés Orovio

Docente de Dibujo:

MSc. Ingrid Orta

Fecha de Entrega:
10/08/2025

Lámina:

3/3

Escala:

1:20

GANCHOS Y DOBLECES

