ATMIRE

Title	Diseño de concreto ligero estructural de 210 kg/cm2 con adición de fibra de acero y la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Ortega Loayza, Leonardo Valentino;Aliaga Villanueva, Juan Alberto
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	http://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-27 17:35:20
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/691695

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de concreto ligero estructural de 210 kg/cm2 con adición de fibra de acero y la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Ortega Loayza, Leonardo Valentino 0009-0000-8448-8178
Aliaga Villanueva, Juan Alberto 0009-0006-9895-4671

ASESOR(ES)

Eyzaguirre Acosta, Carlos Augusto 0000-0001-9769-2135

Lima, 11 de febrero de 2026

Dedicatoria

Dedicado a mi familia:

Leonardo Augusto Ortega Quispe, por su exigencia y apoyo para culminar este logro;

Victoria Grimanesa Loayza Rengifo, por la confianza y amor incondicional;

Ronald Fernando Ortega Loayza, por apoyarme e incentivarme a no desistir nunca;

Juan Felipe Ortega Loayza, por su cariño y calidez;

Y a mis siete amorosos gatos.

Leonardo Valentino Ortega Loayza

Dedicado a mi familia:

Jorge Alberto Aliaga Baca, por su seguimiento y abrirme paso al mundo para conocer más de mi área de trabajo;

Jorge Alberto Aliaga Ortiz, por su constante seguimiento en el desarrollo de la tesis y brindándome palabras de apoyo para seguir con esta;

Juan Carlos Aliaga Baca, por hacerme trazar metas en mi vida y seguir creciendo como persona;

Isabel Villanueva Cárdenas de Aliaga por darme el impulso cada día que pasaba para seguir avanzando;

Glaris Caridad Baca de Aliaga y María Caridad Aliaga Baca por hacerme centrar en lo que es más importante para lograr mis metas

Isabel Cardenas Lopez, por su cariño y apoyo incondicional;

Mis hermanos, Jorge Aliaga y Joaquin Aliaga, por su confianza y cariño.

Juan Alberto Aliaga Villanueva

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro asesor de tesis, el ingeniero Carlos Eyzaguirre, por su apoyo y guía a lo largo de todo el proceso de investigación del presente proyecto.

Al ingeniero Porras, residente de encargado del proyecto SIENA, quien nos brindó las facilidades para el acceso a obra e información pertinente para el desarrollo de la presente tesis.

Al ingeniero Gilber Garcia de los laboratorios de GEOCONTROL PERÚ, por brindarnos soporte y accesibilidad a los ensayos experimentales necesarios para la obtención de resultados.

Y un agradecimiento especial a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas que, gracias al conocimiento de cada uno de ellos, esta investigación pudo llevarse a cabo de manera satisfactoria.

Resumen

El presente trabajo muestra el uso del concreto ligero estructural (CLE) para el diseño de losas y vigas en una edificación multifamiliar ubicado en el distrito de San Isidro, Lima, con la adición de fibra de acero (FA) en 0.00%, 0.75% y 1.25%, y arcilla expandida como agregado ligero.

Los resultados obtenidos evidenciaron una reducción en el peso unitario del concreto, obtenido diseños de 1572, 1595 y 1664 kg/m^3 para el CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente. Sin embargo, existió una disminución en el módulo de elasticidad por parte del diseño de CLE con 0.00% de FA, aproximadamente un 54% menos que el de un concreto convencional, mientras que los diseños con 0.75% y 1.25% de FA disminuyeron en un 19% y 2% respectivamente.

Posterior a ello, en una edificación de 4536 m² de área techada, se diseñaron losas y vigas con distintos CLE mencionados. El análisis sísmico mostró que el CLE con 0.00% de FA incrementó la deriva máxima en 2% frente al concreto convencional, mientras que los diseños con 0.75% y 1.25% de FA lo redujeron en 8% y 10%, respectivamente. En todos los casos, el peso sísmico disminuyó por el aligeramiento de los elementos, lo que redujo el ratio de acero por m² de 34.37 kg (concreto convencional) a 33.31 kg, 31.18 kg y 31.48 kg, según cada diseño. Sin embargo, el costo estructural aumentó en 40%, 43% y 47%, debido al elevado precio del agregado ligero en la zona y en el país.

Palabras clave: Concreto ligero estructural; fibra de acero; propiedades mecánicas; diseño de vigas y losas; análisis sísmico; costo unitario; presupuesto.

Design of 210 kg/cm² structural lightweight concrete with steel fiber addition and the influence of its application on the design of slabs and beams in high seismic risk buildings in San Isidro, Lima.

Abstract

This work presents the use of structural lightweight concrete (SLC) for the design of slabs and beams in a multifamily building located in the district of San Isidro, Lima, incorporating steel fibers (SF) at 0.00%, 0.75%, and 1.25%, and expanded clay as lightweight aggregate.

The results showed a reduction in the unit weight of the concrete, yielding designs of 1572, 1595, and 1664 kg/m³ for SLC with 0.00%, 0.75%, and 1.25% SF, respectively. However, the modulus of elasticity decreased significantly in the SLC design with 0.00% SF, approximately 54% lower than that of conventional concrete, while the designs with 0.75% and 1.25% SF showed reductions of 19% and 2%, respectively.

Subsequently, in a 4536 m² roofed area building, slabs and beams were designed with the mentioned SLC types. The seismic analysis indicated that SLC with 0.00% SF increased the maximum drift by 2% compared to conventional concrete, while the designs with 0.75% and 1.25% SF reduced drift by 8% and 10%, respectively. In all cases, seismic weight decreased due to the lightening of the structural elements, which reduced the steel ratio per m² from 34.37 kg (conventional concrete) to 33.31 kg, 31.18 kg, and 31.48 kg, according to each design. However, the structural cost increased by 40%, 43%, and 47%, due to the high price of lightweight aggregate in the study area and in the country in general.

Keywords: Structural lightweight concrete; steel fiber; mechanical properties; slab and beam design; seismic analysis; unit cost; budget.

u201915343_Leonardo Valentino Ortega Loayza_Diseño de concreto ligero estructural de 210 kg
adición de fibra de acero y la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edific

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet
2	designscad.com	Fuente de Internet
3	repositorioacademico.upc.edu.pe	Fuente de Internet
4	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante
6	Submitted to Universidad Católica de Santa María	Trabajo del estudiante
7	munilaspiedras.gob.pe	Fuente de Internet
8	repositorio.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet
9	upc.aws.openrepository.com	Fuente de Internet
10	repositorio.utea.edu.pe	Fuente de Internet
11	repositorio.unh.edu.pe	Fuente de Internet
12	tesis.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet
13	隆一 鳥羽, 典也 石田, 和人 伊藤, 栄二 清水, 駿 岡田, 忠義 彦坂. "27aA4 縦型ボート法による転位Siドープ GaAsの成長(バルク結晶成長シンポジウムI)(バルク結晶成長シンポジウム : バルク単結晶の新しい融液成長技術)", 日本結晶成長学会誌, 1993	Publicación
14	repositorio.unfv.edu.pe	Fuente de Internet

Índice

1. Introducción 1

1.1 Realidad Problemática 2

1.1.1 Delimitación de la zona de estudio 4

1.1.2 Impacto del concreto armado en el comportamiento sísmico de las estructuras 8

1.2 Estudio de Campo 11

2. Estado del Arte 17

2.1 Distintos agregados ligeros y su influencia en el concreto 17

2.2 El concreto con la adición de fibras de acero y distintos agregados ligeros 21

2.3 Concreto ligero con adición de fibra de acero 24

2.4 Efecto sísmico en diseños de concreto ligero adición de fibra 28

3. Metodología 30

3.1 Nivel de Investigación 30

3.2 Diseño de Investigación 30

3.3 Procedimientos 30

3.3.1 Descripción de procesos 30

4. Marco Teórico 33

4.1 Definiciones 33

4.1.1 Concreto Estructural 33

4.1.2 Concreto Ligero Estructural 34

4.1.2.1 Propiedades Físicas 35

4.1.2.2 Propiedades Mecánicas 35

4.1.3 Agregado Ligero 38

4.1.3.1 Consideraciones según Comité ACI 213R-14 40

4.1.4 Fibra de Acero 44

4.1.4.1 Propiedades 44

4.1.4.2 Tipos 45

4.1.4.3 Ventajas de Aplicación 46

4.1.5 Diseño de Mezcla 47

4.1.5.1 Descripción de Método ACI 211.2 48
4.1.6 Análisis Sísmico 49
4.1.6.1 Análisis Estático 49
4.1.6.2 Análisis Dinámico Modal Espectral 51
4.1.7 Diseño de Concreto Armado 54
4.1.7.1 Diseño de Vigas 54
4.1.7.2 Diseño de Losas Aligeradas 60
4.1.7.3 Diseño de Losas Macizas 63
4.1.7.4 Diseño de Muros de Corte 66
4.1.7.5 Diseño de Columnas 69
5. Objetivos e Hipótesis 73
5.1 Formulación del Problema 73
5.2 Hipótesis 73
5.3 Objetivos 73
5.3.1 Objetivo General 73
5.3.2 Objetivos Específicos 73
6. Desarrollo del Diseño 75
6.1 Diseño Teórico de Concreto Ligero Estructural 78
6.1.1 Ensayos de Granulometría 78
6.1.1.1 Arena Fina 79
6.1.1.2 Agregado Grueso Convencional 82
6.1.1.3 Arcilla Expandida 84
6.1.1.4 Tabla resumen de Ensayos Granulométricos 86
6.1.2 Dosificación de Concreto según ACI 211.2 86
6.1.2.1 Adición de fibra de acero 87
6.1.2.2 Tablas de valores de diseño y dosificaciones 87
6.2 Resultado de Ensayos Físicos y Mecánicos 89
6.2.1 Ensayos de concreto Fresco 89
6.2.1.1 Slump 89
6.2.1.2 Temperatura 91
6.2.1.3 Peso Unitario 92
6.2.2 Ensayos de concreto Endurecido 93

6.2.2.1 Resistencia a Compresión 93
6.2.2.2 Resistencia a Flexión 100
6.2.2.3 Ensayo de Elasticidad Lineal 107
6.2.3 Tabla Resumen 116
6.3 Modelo analítico para análisis sísmico – ETABS 116
6.3.1 Configuración de materiales y secciones 118
6.3.2 Análisis Sísmico Estático 126
6.3.3 Análisis Sísmico Dinámico Modal-Espectral 129
6.3.4 Resultados de análisis sísmico 133
6.4 Diseño de elementos horizontales 146
6.4.1 Vigas 146
6.4.1.1 Secciones 146
6.4.1.2 Diseño por flexión, corte y deflexión 149
6.4.1.3 Resultados 193
6.4.2 Losas macizas 202
6.4.2.1 Secciones 202
6.4.2.2 Configuración de software Robot Structural para análisis de losas 204
6.4.2.3 Diseño por flexión 206
6.4.3 Locas aligeradas 210
6.4.3.1 Secciones 210
6.4.3.2 Diseño por flexión y deflexión 212
6.5 Diseño elementos verticales 230
6.5.1 Consideraciones Previas - Secciones 230
6.5.2 Placas y Contramuros 232
6.5.2.1 Diseño por flexocompresión y corte 232
6.5.2.2 Resultados 268
6.5.3 Columnas 269
6.5.3.1 Determinación de Arriostramiento Lateral 269
6.5.3.1 Diseño por flexocompresión 271
6.5.3.2 Resultados 287
6.6 Análisis de costo unitario 288

7. Análisis de Resultados 303

7.1 Análisis de propiedades mecánicas y físicas de concreto ligero 304
7.2 Análisis comparativo de susceptibilidad sísmica 308
7.3 Análisis comparativo en diseño de vigas..... 317
7.4 Análisis comparativo en diseño de losas 329
7.5 Análisis comparativo de diseño de columnas y placas..... 333
7.6 Análisis comparativo de costos 338
7.7 Análisis comparativo de desempeño / presupuesto 345

8. Conclusiones y Recomendaciones 348

8.1 Conclusiones..... 348
8.2 Recomendaciones 353

Referencias 356

Lista de Tablas

Tabla 1 Tabla de indicadores de logro de objetivos 16
Tabla 2 Cantidad de testigos separado por días y tipo..... 31
Tabla 3 Valores de Slump recomendados para varios tipos de construcción según ACI 211.1 34
Tabla 4 Valores de Slump recomendados para varios tipos de construcción según ACI 211.2. 34
Tabla 5 Agregados Livianos y Propiedades Físicas 40
Tabla 6 Requisitos de densidad aparente de ACI Committee 213R-14 para agregados secos, sueltos y livianos. 40
Tabla 7 Requisitos de Granulometría de Agregados Livianos para Concreto Estructural . 42
Tabla 8 Requisitos de Granulometría de Agregados Livianos para Concreto Estructural . 43
Tabla 9 Espesor mínimo de vigas no preesforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones 60
Tabla 10 Ensayos de Agregados Aplicados 78
Tabla 11 Cuadro Resumen de Ensayos Físicos de Agregados 86
Tabla 12 Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño patrón de CLE con 0.00% de FA 88
Tabla 13 Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño de CLE con 0.75% de FA 88
Tabla 14 Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño de CLE con 1.25% de FA 89
Tabla 15 Slump según el estándar ACI 211.2 90
Tabla 16 Slump según el estándar ACI 211.1 90
Tabla 17 Resultado promedio de cada diseño 90
Tabla 18 Rango de temperatura típicos en concreto según la ASTM C1064..... 91
Tabla 19 Resultado promedio de cada diseño 91
Tabla 20 Peso unitario del diseño patrón..... 92
Tabla 21 Peso unitario del diseño de 0.75% de fibra de acero 92
Tabla 22 Peso unitario del diseño de 1.25% de fibra de acero 93
Tabla 23 Resistencia a la compresión a los 7 días..... 99
Tabla 24 Resistencia a la compresión a los 14 días..... 99
Tabla 25 Resistencia a la compresión a los 28 días..... 100

Tabla 26 Resistencia a la flexión a los 7 días 105
Tabla 27 Resistencia a la flexión a los 14 días 106
Tabla 28 Resistencia a la flexión a los 28 días 107
Tabla 29 Diseño Patrón Muestra 1 y 2 Resultados 110
Tabla 30 Diseño 0.75% de fibra de acero Muestra 1 y 2 Resultados 112
Tabla 31 Diseño 1.25% de fibra de acero Muestra 1 y 2 Resultados 114
Tabla 32 Tabla resumen de los resultados a los 28 días 116
Tabla 33 Secciones de vigas para estructuración. 123
Tabla 34 Secciones de losas para estructuración. 123
Tabla 35 Secciones de placas para estructuración. 124
Tabla 36 Secciones de columnas para estructuración. 125
Tabla 37 Metrado de cargas para losas de Sótano. 125
Tabla 38 Metrado de cargas para losas de Entrepisos. 125
Tabla 39 Metrado de cargas para losa de Azotea. 125
Tabla 40 Metrado de cargas para losas de Techo. 126
Tabla 41 Parámetros de Peligro Sísmico por Zonificación de estructura trabajada. 126
Tabla 42 Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación para ambas direcciones. 127
Tabla 43 Pesos sísmicos totales según diseño de concreto estructural. 128
Tabla 44 Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación. 128
Tabla 45 Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación. 129
Tabla 46 Valores de Cortante Basal Estática para edificación. 129
Tabla 47 Factores de reducción finales por irregularidad en altura. 133
Tabla 48 Factores de reducción finales por irregularidad en planta. 133
Tabla 49 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de concreto convencional. 138
Tabla 50: Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de concreto convencional. 139
Tabla 51 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.00% de FA. 140
Tabla 52 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.00% de FA. 141

Tabla 53 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.75% de FA. 142
Tabla 54 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.75% de FA. 143
Tabla 55 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 1.25% de FA. 144
Tabla 56 Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 1.25% de FA. 145
Tabla 57 Listado de vigas diseñadas. 147
Tabla 58 Momentos flectores últimos ejercidos en vigas para todos los diseños de CLE. 168
Tabla 59 Fuerzas cortantes ejercidos en vigas para todos los diseños de CLE. 174
Tabla 60 Distribución de refuerzos de acero longitudinal para vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA..... 177
Tabla 61 Distribución de refuerzos de acero transversal para vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA..... 188
Tabla 62 Tabla resumen de metrado de acero en vigas de diseño original (kg)..... 194
Tabla 63 Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 0.00% de FA (kg) .. 196
Tabla 64 Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 0.75% de FA (kg) .. 198
Tabla 65 Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 1.25% de FA (kg) .. 200
Tabla 66 Tabla resumen de metrado de concreto para vigas..... 202
Tabla 67 Momentos flectores últimos, área de acero mínima y requerida para losas diseñadas..... 207
Tabla 68 Deflexiones máximas por cargas de servicio para losas diseñadas. 207
Tabla 69 Distribución de refuerzos de acero para losas diseñadas..... 208
Tabla 70 Tabla resumen de metrado de acero para losas macizas 209
Tabla 71 Tabla resumen de metrado de concreto para losas macizas 209
Tabla 72 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 0.00% de FA. 214
Tabla 73 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 0.00% de FA. 215
Tabla 74 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 0.00% de FA. 216

Tabla 75 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 0.00% de FA. 216
Tabla 76 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 0.00% de FA. 217
Tabla 77 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 0.00% de FA. 217
Tabla 78 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 0.00% de FA. 218
Tabla 79 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 0.75% de FA. 219
Tabla 80 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 0.75% de FA 220
Tabla 81 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 0.75% de FA 221
Tabla 82 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 0.75% de FA 221
Tabla 83 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 0.75% de FA 222
Tabla 84 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 0.75% de FA 222
Tabla 85 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 0.75% de FA 223
Tabla 86 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 1.25% de FA 224
Tabla 87 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 1.25% de FA 225
Tabla 88 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 1.25% de FA 225
Tabla 89 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 1.25% de FA 226
Tabla 90 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 1.25% de FA 226

Tabla 91 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 1.25% de FA 227
Tabla 92 Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 1.25% de FA 227
Tabla 93 Deflexiones máximas en sección central de viguetas para losas aligeradas diseñadas..... 228
Tabla 94 Tabla resumen de metrado de acero para losas aligeradas 229
Tabla 95 Tabla resumen de metrado de área de concreto para losas aligeradas..... 229
Tabla 96 Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa PL1. 233
Tabla 97 Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa PL4. 235
Tabla 98 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte. 237
Tabla 99 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 237
Tabla 100 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte. 237
Tabla 101 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 238
Tabla 102 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 1.25% de FA para Diseño por Corte. 238
Tabla 103 Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 238
Tabla 104 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte..... 239
Tabla 105 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 239
Tabla 106 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte..... 239
Tabla 107 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 240

Tabla 108 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte..... 240
Tabla 109 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 240
Tabla 110 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte..... 241
Tabla 111 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 241
Tabla 112 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 1.25% de FA. para Diseño por Corte..... 241
Tabla 113 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 242
Tabla 114 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 1.25% de FA. para Diseño por Corte..... 242
Tabla 115 Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4. 242
Tabla 116 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA..... 244
Tabla 117 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA..... 248
Tabla 118 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA..... 252
Tabla 119 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA..... 256
Tabla 120 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA..... 260
Tabla 121 Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA..... 264
Tabla 122 Tabla resumen de metrado de acero para placas y contramuros 268
Tabla 123 Tabla resumen de metrado de concreto para placas y contramuros 268
Tabla 124 Cálculo de Índice de arriostramiento “Q” para niveles con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA 269

Tabla 125 Cálculo de Índice de arriostramiento “Q” para niveles con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA 270
Tabla 126 Cálculo de Índice de arriostramiento “Q” para niveles con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA 270
Tabla 127 Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA 271
Tabla 128 Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA 272
Tabla 129 Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA 272
Tabla 130 Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos, amplificados por condición de esbeltez, ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa C1. 273
Tabla 131 Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA 275
Tabla 132 Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA 279
Tabla 133 Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA 283
Tabla 134 Tabla resumen de metrado de acero para columnas 287
Tabla 135 Tabla resumen de metrado de concreto para columnas 287
Tabla 136 ACU de concreto convencional para vigas de 210 kg/cm^2 289
Tabla 137 ACU de CLE con 0.00% de FA para vigas de 210 kg/cm^2 290
Tabla 138 ACU de CLE con 0.75% de FA para vigas de 280 kg/cm^2 291
Tabla 139 ACU de CLE con 1.25% de FA para vigas de 280 kg/cm^2 292
Tabla 140 ACU de concreto convencional de FA para losas aligeradas de 210 kg/cm^2 .. 293
Tabla 141 ACU de CLE con 0.00% de FA para losas aligeradas de 210 kg/cm^2 294
Tabla 142 ACU de CLE con 0.75% de FA para losas aligeradas de 280 kg/cm^2 295
Tabla 143 ACU de CLE con 1.25% de FA para losas aligeradas de 280 kg/cm^2 296
Tabla 144 ACU de concreto convencional para losas aligeradas de 210 kg/cm^2 297
Tabla 145 ACU de CLE con 0.00% de FA para losas macizas de 210 kg/cm^2 298
Tabla 146 ACU de CLE con 0.75% de FA para losas macizas de 280 kg/cm^2 299
Tabla 147 ACU de CLE con 1.25% de FA para losas macizas de 280 kg/cm^2 300
Tabla 148 ACU de concreto convencional de 280 kg/cm^2 para columnas 301

Tabla 149 ACU de placas de 280 kg/cm^2 para columnas 302
Tabla 150 Propiedades mecánicas y físicas de los diseños de concreto 304
Tabla 151 Variación porcentual de propiedades mecánicas y físicas de los diseños de concreto 304
Tabla 152 Valores comparativos de desplazamiento absoluto en centros de masa respecto a eje X (mm) 309
Tabla 153 Valores comparativos de desplazamiento absoluto en centros de masa respecto a eje Y (mm) 309
Tabla 154 Variaciones porcentuales de mitigación de desplazamientos absolutos en centros de masa para diseños de concreto en eje X 310
Tabla 155 Variaciones porcentuales de mitigación de desplazamientos absolutos en centro de masa para diseños de concreto en eje Y 310
Tabla 156 Variaciones porcentuales promedio de mitigación de derivas inelásticas de diseños en eje X 312
Tabla 157 Variaciones porcentuales promedio de mitigación de derivas inelásticas de diseños en eje Y 312
Tabla 158 Variaciones porcentuales de mitigación de derivas inelásticas máximas en diseños 313
Tabla 159 Variaciones porcentuales de mitigación promedio de fuerzas cortantes basales para diseños 316
Tabla 160 Momentos flectores últimos ejercidos en vigas ejemplo en todos los diseños. 318
Tabla 161 Distribución de refuerzos de acero longitudinal para vigas ejemplo en todos los diseños 319
Tabla 162 Análisis de fisuramiento y deflexión en el tramo central positivo y negativo de vigas 320
Tabla 163 Fuerzas cortantes últimas ejercidas en vigas ejemplo en todos los diseños. ... 320
Tabla 164 Distribución de refuerzos de acero transversal para vigas ejemplo en todos los diseños 321
Tabla 165 Valores comparativos de área de acero colocado en centro de vigas ejemplo para control de fisuras 323
Tabla 166 Valores comparativos de resistencia cortante de concreto para vigas ejemplo 324

Tabla 167 Valores comparativos de espaciamiento mínimo para estribos de vigas ejemplo 324
Tabla 168 Tabla resumen de metrado de acero en vigas ejemplo 325
Tabla 169 Tabla resumen de metrado de acero por viga para Concreto Convencional y diseño de CLE. 328
Tabla 170 Valores de deflexión máximas comparativas de losas macizas entre CLE con referencia al diseño original 329
Tabla 171 Valores de deflexión máximas y acero positivo colocado para viguetas de losas aligeradas de concreto convencional y CLE..... 331
Tabla 172 Valores porcentuales de deflexión máximas y acero positivo colocado de losas aligeradas entre CLE con referencia al diseño original..... 332
Tabla 173 Metrado total de acero de refuerzo para todos los elementos y diseños..... 338
Tabla 174 Metrado total de concreto armado para todos los elementos y diseños 339
Tabla 175 Ratio de concreto por metro cuadrado de área techada..... 339
Tabla 176 Ratio de acero por metro cuadrado de área techada 339
Tabla 177 Ratio de acero por metro cubico de concreto para cada elemento 340
Tabla 178 Valores de costos unitarios de concreto convencional 341
Tabla 179 Valores de costos unitarios de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA 341
Tabla 180 Variación porcentual de costo unitario de CLE con FA respecto al diseño de concreto convencional..... 342
Tabla 181 Presupuesto de estructura con concreto convencional 342
Tabla 182 Presupuesto de estructura con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA 343
Tabla 183 Presupuesto de acero de refuerzo para diseños realizados 343
Tabla 184 Presupuesto final de estructuras para los diseños realizados..... 343
Tabla 185 Variación porcentual de presupuesto entre diseños realizados 344
Tabla 186 Tabla comparativa de resultados para cada diseño de CLE planteado..... 345

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de densidad de viviendas en Lima Metropolitana 3
Figura 2 Esquema metodológico del escenario de riesgo por sismo y tsunami para Lima y Callao..... 4
Figura 3 Mapa de Distribución de los materiales de construcción predomínate del distrito de San Isidro. 5
Figura 4 Vivienda de pórticos de concreto con estado de conservación regular..... 6
Figura 5 Vivienda de pórticos de concreto con estado de conservación regular con presencia de piso blando..... 6
Figura 6 Mapa del estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Isidro. 7
Figura 7 Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW) 8
Figura 8..... 9
Figura 9 Diagrama Ishikawa de problema..... 10
Figura 10 Relación entre peso total de estructura (considerando cargas de servicio) y cortantes sísmicas en cada entrepiso. 11
Figura 11 Edificación en construcción – Roma 498. 11
Figura 12 Construcción de vivienda multifamiliar..... 12
Figura 13 Construcción de vivienda multifamiliar de sistema de muros estructurales de concreto. 13
Figura 14 Obra en construcción: Edificio Modelo 13
Figura 15 Parámetros para el diseño sismorresistente..... 14
Figura 16 Especificaciones técnicas de concreto. 14
Figura 17 Resumen de condición de cimentación..... 15
Figura 18 Evolución de la resistencia a compresión de concreto convencional. 36
Figura 19 Evolución de la resistencia a compresión de concreto ligero. 37
Figura 20 Curvas características esfuerzo-deformación del concreto en compresión de concreto convencional. 38
Figura 21 Evolución de la resistencia a compresión de concreto ligero. 38
Figura 22 Relación entre la densidad media de partículas y el módulo dinámico medio de elasticidad de las partículas de agregados livianos..... 44
Figura 23 Efectos típicos del tipo de fibra en la curva tensión-deformación compresión . 45
Figura 24 Diversas secciones o geometrías de fibra de acero 46

Figura 25 Resumen gráfico de método ACI 211.1. 47
Figura 26 Resumen gráfico de método ACI 211.2. 49
Figura 27 Mapa de distribución de Zonas Sísmicas. 50
Figura 28: Gráfica representativa del espectro de aceleración en el Eje X 53
Figura 29 Distancia máxima entre ramas del refuerzo transveral 57
Figura 30 Laboratorio de Agregados 78
Figura 31 Colocación agregado fino convencional al horno para ensayo de humedad 79
Figura 32 Aplicación de ensayo de granulometría para agregado fino convencional 80
Figura 33 Curva granulométrica de agregado fino convencional 80
Figura 34 Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino convencional 81
Figura 35 Ensayo de Peso Unitario de agregado fino convencional 81
Figura 36 Aplicación de Ensayo de Granulometría para Agregado Grueso Convencional 82
Figura 37 Curva granulométrica de Agregado Grueso Convencional 83
Figura 38 Ensayo de Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Convencional ... 83
Figura 39 Ensayo de Peso Unitario de Agregado Grueso Convencional 84
Figura 40 Muestra de Arcilla Expandida en Estado Natural 85
Figura 41 Aplicación de Ensayo de Granulometría para Agregado Grueso Ligero 85
Figura 42 Curva granulométrica de Agregado Grueso Ligero 85
Figura 43 Ensayo de Peso Unitario de Agregado Grueso Ligero 86
Figura 44 Tipos de fallas de probetas de concreto 94
Figura 45 Rotura de concreto a los 7 días de diseño patrón 95
Figura 46 Rotura de concreto a los 7 días de diseño 0.75% de fibra de acero 95
Figura 47 Rotura de concreto a los 7 días de diseño 1.25% de fibra de acero 96
Figura 48 Rotura de concreto a los 28 días de diseño 0.75% de fibra de acero 96
Figura 49 Probeta después de su rotura a los 28 días de 0.75% de fibra de acero 97
Figura 50 Rotura de concreto a los 28 días de diseño 1.25% de fibra de acero 97
Figura 51 Probeta después de su rotura a los 28 días de 1.25% de fibra de acero 98
Figura 52 Falla por tracción pura 101
Figura 53 Falla por cortante 101
Figura 54 Falla combinada 101
Figura 55 Ensayo de Flexión en viga de diseño patrón a los 28 días 102
Figura 56 Viga después del ensayo de flexión diseño patrón a los 28 días 103
Figura 57 Ensayo de Flexión en viga de diseño de 0.75% a los 28 días 103

Figura 58 Viga después del ensayo de flexión diseño 0.75% a los 28 días 104
Figura 59 Ensayo de Flexión en viga de diseño de 1.25% a los 28 días 104
Figura 60 Viga después del ensayo de flexión diseño 1.25% a los 28 días 105
Figura 61 Ensayo de módulo de elasticidad para diseño patrón 108
Figura 62 Ensayo de módulo de elasticidad para diseño de 0.75% de fibra de acero..... 108
Figura 63 Ensayo de módulo de elasticidad para diseño de 1.25% de fibra de acero..... 109
Figura 64 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 Patrón - 1 111
Figura 65 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 Patrón - 2 111
Figura 66 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 0.75% - 1..... 113
Figura 67 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 0.75% - 2..... 113
Figura 68 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 1.25% - 1..... 115
Figura 69 Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 1.25% - 2..... 115
Figura 70 Modelos analíticos de estructura original con concreto convencional y estructuras con CLE con FA. 117
Figura 71 Configuración de Concreto Convencional, f'c=210 kgf/cm^2. 118
Figura 72 Configuración de Concreto Convencional, f'c=280 kgf/cm^2. 119
Figura 73 Configuración de CLE con 0.00% de F.A., f'c=210 kgf/cm^2. 120
Figura 74 Configuración de CLE con 0.75% de F.A., f'c=280 kgf/cm^2. 121
Figura 75 Configuración de CLE con 1.25% de F.A., f'c=280 kgf/cm^2. 122
Figura 76 Configuración de losa aligerada y vigueta para estructura. 124
Figura 77 Configuración de cargas sísmicas estáticas en ETABS para eje X..... 129
Figura 78 Espectro de aceleración sísmico para estructura en ambos ejes. 130
Figura 79 Espectro de aceleración sísmico para estructura en ambos ejes en el software. 130
Figura 80 Listado de casos de carga para estructura. 131
Figura 81 Combinación de cargas sísmicas dinámicas según E.030. 131
Figura 82 Listado de combinación de cargas utilizadas para diseño y análisis. 132
Figura 83 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de concreto convencional. 134
Figura 84 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de concreto convencional. 134
Figura 85 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 0.00% de FA. 135

Figura 86 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 0.00% de FA. 135
Figura 87 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 0.75% de FA 136
Figura 88 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 0.75% de FA 136
Figura 89 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 1.25% de FA 137
Figura 90 Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 1.25% de FA 137
Figura 91: Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de concreto convencional 139
Figura 92 Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de concreto convencional 140
Figura 93 Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.00% FA 141
Figura 94 Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.00% FA 142
Figura 95 Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.75% FA 143
Figura 96 Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.75% FA 144
Figura 97 Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 1.25% FA 145
Figura 98 Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 1.25% FA 146
Figura 99 Vista en Planta, azotea, de vigas diseñadas. 148
Figura 100 Vista en Planta, entrepisos, de vigas diseñadas. 148
Figura 101 Vista en Planta, sótanos, de vigas diseñadas. 149
Figura 102 DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 150
Figura 103 DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 150
Figura 104 DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 151
Figura 105 DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 151

Figura 106 DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 151
Figura 107 DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 152
Figura 108 DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 152
Figura 109 DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 152
Figura 110 DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 153
Figura 111 DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 153
Figura 112 DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 153
Figura 113 DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 154
Figura 114 DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 154
Figura 115 DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 154
Figura 116 DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 155
Figura 117 DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 155
Figura 118 DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 155
Figura 119 DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 155
Figura 120 DMF de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 156
Figura 121 DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 157
Figura 122 DMF de tramo 1 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 157
Figura 123 DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA. 158
Figura 124 DMF de tramo 1 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA. 158
Figura 125 DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA. 159
Figura 126 DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 0.00% de FA. 159
Figura 127 DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 0.75% de FA. 160
Figura 128 DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 1.25% de FA. 160
Figura 129 DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 0.00% de FA. 160
Figura 130 DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 0.75% de FA. 161
Figura 131 DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 1.25% de FA. 161
Figura 132 DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA. 162
Figura 133 DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA. 162
Figura 134 DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.75% de FA. 163
Figura 135 DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA. 163
Figura 136 DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.75% de FA. 164
Figura 137 DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 1.25% de FA. 164
Figura 138 DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.00% de FA. 165

Figura 139 DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.75% de FA. 165
Figura 140 DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 1.25% de FA. 166
Figura 141 DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.00% de FA. 166
Figura 142 DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.75% de FA. 166
Figura 143 DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 1.25% de FA. 167
Figura 144 Vista en planta acotada de LM 1 203
Figura 145 Vista en planta acotada de LM 2 203
Figura 146 Vista en planta acotada de LM 3 204
Figura 147 Configuración de material de CLE en Robot Structural. 205
Figura 148 Vista en 3D de modelo analítico para análisis y diseño de LM 1 y LM 2. 205
Figura 149 Vista en 3D de modelo analítico para análisis y diseño de LM 3. 206
Figura 150 Vista en Planta, azotea, de LA 1. 210
Figura 151 Vista en Planta, entrepisos, de LA 2, LA 3 y LA 4. 211
Figura 152 Vista en Planta, Sótano 1, de LA 5, LA 6 y LA 7. 211
Figura 153 Corte longitudinal de detalle de viguetas de 5 tramos de LA 1 de CLE con 0.00% de FA. 213
Figura 154 Vista en Planta, Sótano 1, de Placas, Contramuros y Columnas. 231
Figura 155 Vista en Planta, Nivel 1 al 8, de Placas y Columnas. 231
Figura 156 Vista en Planta, Azotea, de Placas y Columnas. 232
Figura 157 (a) Vista en planta de PL4 en software CSI Col. (b) Diagrama de interacción de placa PL4. 243
Figura 158 Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 0.00% de FA 245
Figura 159 Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 246
Figura 160 Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 247
Figura 161 Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 0.75% de FA 249
Figura 162 Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 250
Figura 163 Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 251

Figura 164: Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 1.25% de FA 253
Figura 165 Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 254
Figura 166 Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8. 255
Figura 167 Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA. 257
Figura 168 Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 258
Figura 169 Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 259
Figura 170 Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA. 261
Figura 171 Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 262
Figura 172 Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 263
Figura 173 Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA. 265
Figura 174 Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 266
Figura 175 Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8. 267
Figura 176 Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA 276
Figura 177 Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-Az. 277
Figura 178 Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-Az. 278
Figura 179 Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA 280

Figura 180 Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az. 281
Figura 181 Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az. 282
Figura 182 Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA. 284
Figura 183 Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az. 285
Figura 184 Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az. 286
Figura 185 Gráfica comparativa de la resistencia a la compresión del concreto ligero estructural 306
Figura 186 Gráfica de barras de resistencia a la compresión de los diseños de concreto 306
Figura 187 Gráfica comparativa de la resistencia a la flexión concreto ligero estructural 307
Figura 188 Gráfica de barras del módulo de rotura de los diseños de concreto..... 307
Figura 189 Gráfica de barras del módulo de elasticidad de los diseños de concreto 308
Figura 190 Distribución comparativa de derivas inelásticas en eje X entre diseños y estructura original 311
Figura 191 Distribución comparativa de derivas inelásticas en eje Y entre diseños y estructura original 311
Figura 192 Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje X entre diseños y estructura original 315
Figura 193 Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje Y entre diseños y estructura original 315
Figura 194 Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje Y entre diseños y estructura original 326
Figura 195 Gráfico de metrado de acero para vigas de sótanos para Concreto Convencional y diseño de CLE. 326
Figura 196 Gráfico de metrado de acero en vigas para Concreto Convencional y diseño de CLE..... 327
Figura 197 Gráfico de metrado de acero en losas macizas para Concreto Convencional y diseño de CLE. 330

Figura 198 Gráfico de metrado de acero en losas aligeradas de concreto convencional y diseño de CLE. 332
Figura 199 Distribución de cargas de flexocompresión de PL1-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y. 334
Figura 200 Distribución de cargas de flexocompresión de PL4-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y. 335
Figura 201 Distribución de cargas de flexocompresión amplificadas de C1-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y. 336
Figura 202 Gráfico de metrado de acero en placas y contramuros de concreto convencional y diseño de CLE. 337
Figura 203 Gráfico de metrado de acero en columnas de concreto convencional y diseño de CLE. 338

1. Introducción

RESUMEN DE CAPITULO:

El presente capitulo expone que el Perú, ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, enfrenta una constantemente liberación de energía que da como resultado sismos de gran magnitud en zonas costeras, especialmente en Lima y Callao, donde un tercio de la población nacional reside y donde el 76% de las viviendas se encuentran en clasificación de Riesgo Muy Alto (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2021). El historial sísmico del país nos permite evidenciar no solo la alta frecuencia en el cual los movimientos telúricos ocurren sino también la magnitud de estos y las repercusiones directas sobre la población y los bienes que estos poseen. Es por ello por lo que se apodó el término "Riesgo Sísmico" al resultado de las pérdidas que puede generar un sismo según lo vulnerable que pueda ser el lugar donde estén alojados los elementos expuestos (Vidas humanas, vidas animales, artículos de valor, información histórica, base de datos, etc). De esta manera, el distrito de San Isidro presenta una problemática destacada por su alta concentración de edificaciones de mampostería (56%) y concreto armado (40.3%), de las cuales 81.14% se destinan a uso residencial y una parte significativa posee irregularidades estructurales y estado de conservación regular, lo que se refleja en evaluaciones de daño sísmico que reportan 30.9% de daño leve, 13.2% moderado, 2.1% severo y 4.5% de colapso (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres [CISMID], 2019). El análisis identifica como causa raíz del riesgo el alto peso propio del concreto, que incrementa directamente las fuerzas sísmicas y las derivas de entrepiso, motivo por el cual se plantea evaluar el uso de concreto ligero, hipótesis reforzada por el estudio de campo realizado en abril de 2023, donde se observaron múltiples obras residenciales en construcción cuyo sistema es de muros estructurales de concreto armado; finalmente, se establecen indicadores clave para validar la propuesta: vulnerabilidad sísmica (medida mediante deriva e irregularidades), peso propio del concreto, peso total estructural, costo del casco estructural y resistencia a la compresión, los cuales permitirán determinar si el empleo de concreto ligero puede reducir efectivamente la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en la zona estudiada.

1.1 Realidad Problemática

Hoy en día, el estudio de la sismicidad en el Perú nos ha permitido determinar de manera fehaciente el constante riesgo que se vive en el país debido a su ubicación geográfica. Desde el año 960, fecha en la cual los sismólogos peruanos han podido tener un registro preciso del historial sísmico, se determinó que la zona costera del Perú es foco principal de la actividad sísmica en el país. Según el informe realizado por Tavera (2020), en Lima, 1746, se registró el sismo de mayor magnitud ocurrido en tierras peruanas de M9.0, seguido de los terremotos ocurridos en 1940 de M7.8, 1942 de M8.0, 1966 de M7.8, 1970 de M7.7, 1974 de M7.7 y 2007 de M8.0.

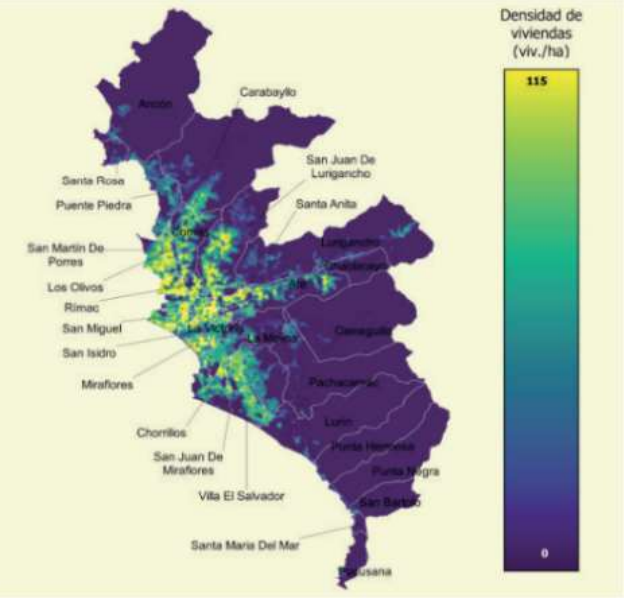
Por la naturaleza geográfica del Perú y su alta actividad sísmica, una amplia gama de estudios relacionados a la ingeniería civil tiene como foco principal mitigar los daños potenciales que podría causar un terremoto a la población y sus viviendas. Por ello, para analizar todos los aspectos que puede conllevar un desastre provocado por este fenómeno natural, la ingeniería estructural acuña el término "Riesgo Sísmico" a una probabilidad de que ocurran daños o pérdidas como resultado de un sismo (Federal Emergency Management Agency [FEMA], 2006).

El Perú es un país con gran historial de acontecimientos sísmicos, en el cual los departamentos costeros como Lima y Callao suelen ser más susceptibles y propensos a sufrir grandes daños frente a un movimiento telúrico. Esto último se genera debido a que el país se encuentra en el denominado "Cinturón de Fuego del Pacífico", zona en el cual las placas tectónicas están en constante fricción y, cuando se acumula suficiente energía, es capaz de originar terremotos de gran magnitud a los países aledaños (C. Valdez, comunicación personal, 6 de mayo de 2020). En el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), determinó que casi la tercera parte de la población se ubica en la región de Lima Metropolitana, y se estima que en un futuro la densidad poblacional de la región solo tienda a aumentar. Se puede afirmar que hubo un aumento considerable en el índice poblacional en la región de Lima metropolitana, ya que se pasó de tener una población total de 7,605,742 en el 2017 a 8,574,974. Esto último se traduce a un mayor porcentaje de problemas urbanísticos que se reflejan en informalidad y crecimiento vertical del departamento. En suma, el mismo INEI (2020) registró que en Lima Metropolitana habitan 3,697 personas para cada kilómetro cuadrado en promedio, dato que se ve complementado con la densidad de viviendas mostradas en la **figura 1**. En ella se puede

apreciar que existe una gran concentración de edificaciones en los distritos aledaños al centro de Lima.

Figura 1

Mapa de densidad de viviendas en Lima Metropolitana



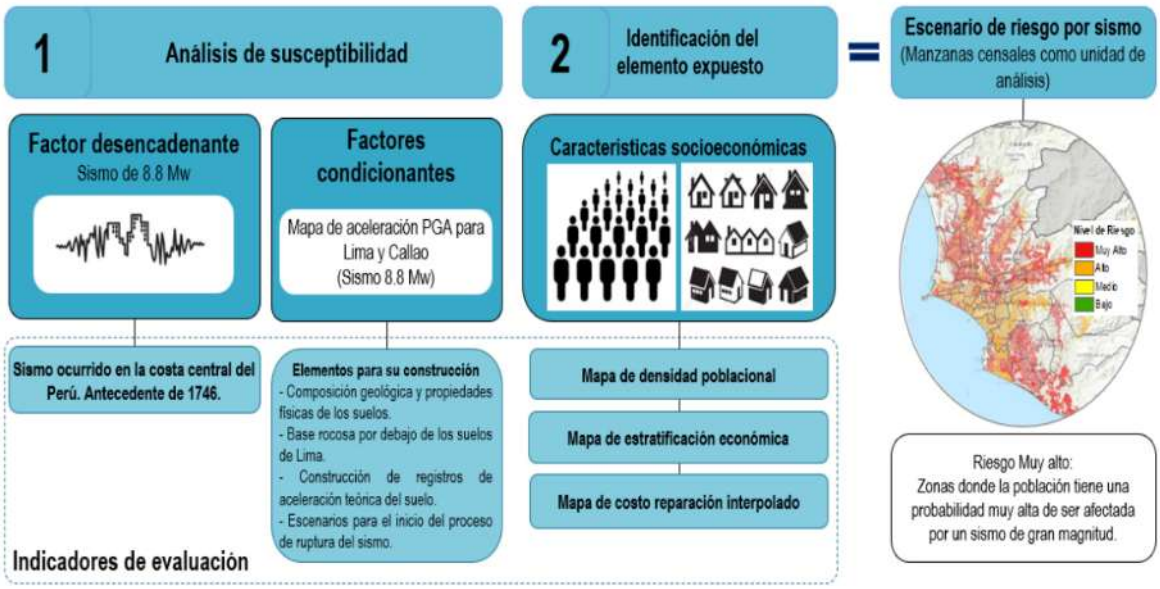
Nota. De "Información territorial de la provincia de Lima", por Presidencia de Consejo de Ministros (PCM), 2017 (https://www.gob.pe/institucion/pcm/campañas/4355-lima-metropolitana-informacion-territorial).

La gravedad de la situación sísmica del país se ve en aumento cuando se tiene en cuenta que Lima Metropolitana "es sede de las principales actividades administrativas, económicas a nivel público y privado, y nodo central de las redes de transporte terrestre, aéreo y marítimo del Perú" (Centro de Estudios y Prevención de Desastres [PREDES], 2009, p.7). Esto quiere decir que, en conjunto con la gran densidad poblacional y habitacional, Lima Metropolitana es la región con alto riesgo sísmico debido a todos los elementos de valor expuestos a posibles daños provocados por movimientos telúricos. Es importante resaltar que el riesgo sísmico hace referencia a las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre, esto podría ser pérdida de vidas humanas, pérdidas materiales, servicios, bienes, etc (J. Moreno, comunicación personal, 20 de febrero de 2023). Finalmente, el CENEPRED (2021), en su informe sobre el escenario de riesgo por sismo, concluye que un 76% de todas las viviendas en Lima-Callao están dentro de lo que se establece como Riesgo Muy Alto. En la **figura 2** se presenta un esquema en el cual se puede ver de mejor manera como se realiza una

evaluación de riesgo sísmico. A fecha de hoy, es menester hacer mención del sismo de 6.1 en Lima y Callao acontecido el 15 de junio del 2025 que causó desprendimientos de rocas en los acantilados de la Costa verde, así como también distintas viviendas y edificaciones que reportaron daños estructurales, perdida de elementos de valor, viviendas, creando histeria colectiva a las nuevas generaciones limeñas y, sobre todo, pérdida de vidas. Este último sismo nos hace a nosotros, ingenieros civiles, reforzar nuestro compromiso para minimizar los daños provocados por un sismo venidero sin importar la fecha de redacción de la presente investigación.

Figura 2

Esquema metodológico del escenario de riesgo por sismo y tsunami para Lima y Callao



Nota. El riesgo sísmico depende de la susceptibilidad de la ubicación (ejemplo: Lima en la zona 4 del mapa sísmico) y los elementos expuestos (Ejemplo: alta densidad de viviendas y centralización de Lima). Adaptado de "Escenario de riesgo por sismo y tsunami para lima y callao", por Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2021 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10354/descargar).

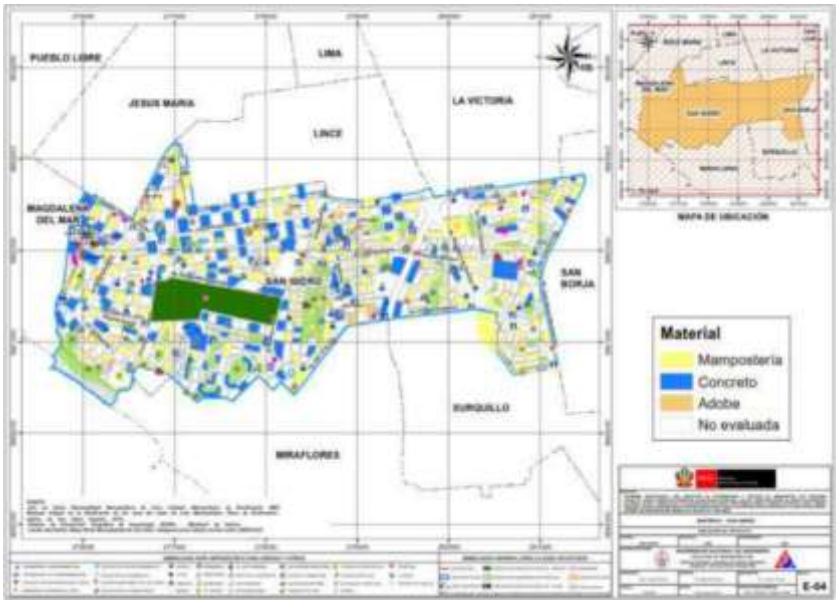
1.1.1 Delimitación de la zona de estudio

Para realizar una delimitación en la zona de estudio, se puede apreciar como el distrito de San Isidro cumple presenta todos los problemas descritos anteriormente. Según la investigación del CISMID (2019), el perfil estructural del distrito está compuesto

principalmente por mampostería de ladrillo en más de la mitad de las edificaciones (56%), mientras que las construcciones de concreto representan aproximadamente cuatro de cada diez predios (40.3%), así como se evidencia en la **figura 3**. El estudio por sectores mencionado observó además que existen viviendas en el distrito que están hechas con un sistema estructural de pórticos como se observa en la **figura 4**. Además, se determinó que existen edificaciones que poseen irregularidades estructurales y tienen un estado de conservación clasificado como "regular". En la **figura 5** se puede ver un ejemplo de lo último mencionado, y en la **figura 6** se puede ver un mapa general donde se muestra como existe una gran cantidad de edificaciones con un estado de conservación regular.

Figura 3

Mapa de Distribución de los materiales de construcción predomínate del distrito de San Isidro.



Nota. Adaptado de "Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro", por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), 2019 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14899_analisis-de-riesgo-en-zonas-urbanas-del-distrito-de-san-isidro.pdf).

Figura 4

Vivienda de pórticos de concreto con estado de conservación regular



Nota. De "Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro", por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), 2019 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14899_analisis-de-riesgo-en-zonas-urbanas-del-distrito-de-san-isidro.pdf).

Figura 5

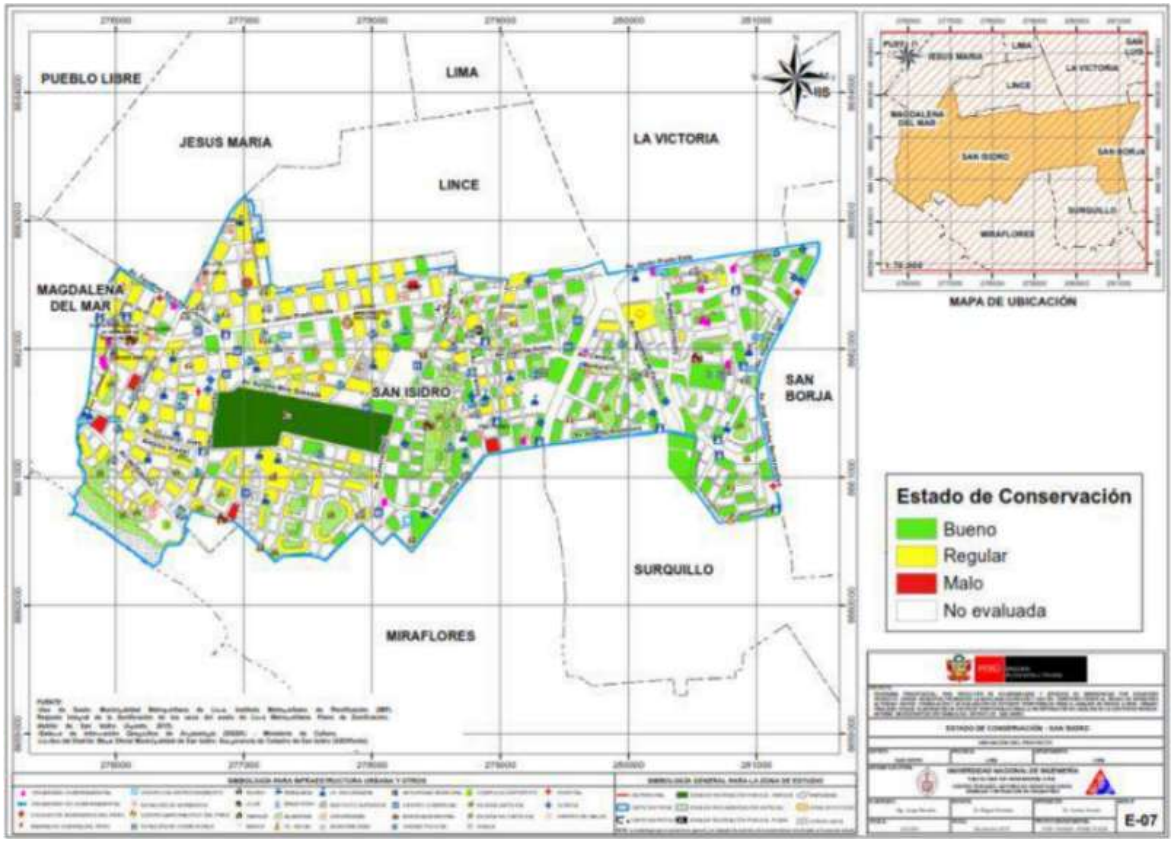
Vivienda de pórticos de concreto con estado de conservación regular con presencia de piso blando



Nota. De "Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro", por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), 2019 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14899_analisis-de-riesgo-en-zonas-urbanas-del-distrito-de-san-isidro.pdf).

Figura 6

Mapa del estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Isidro.

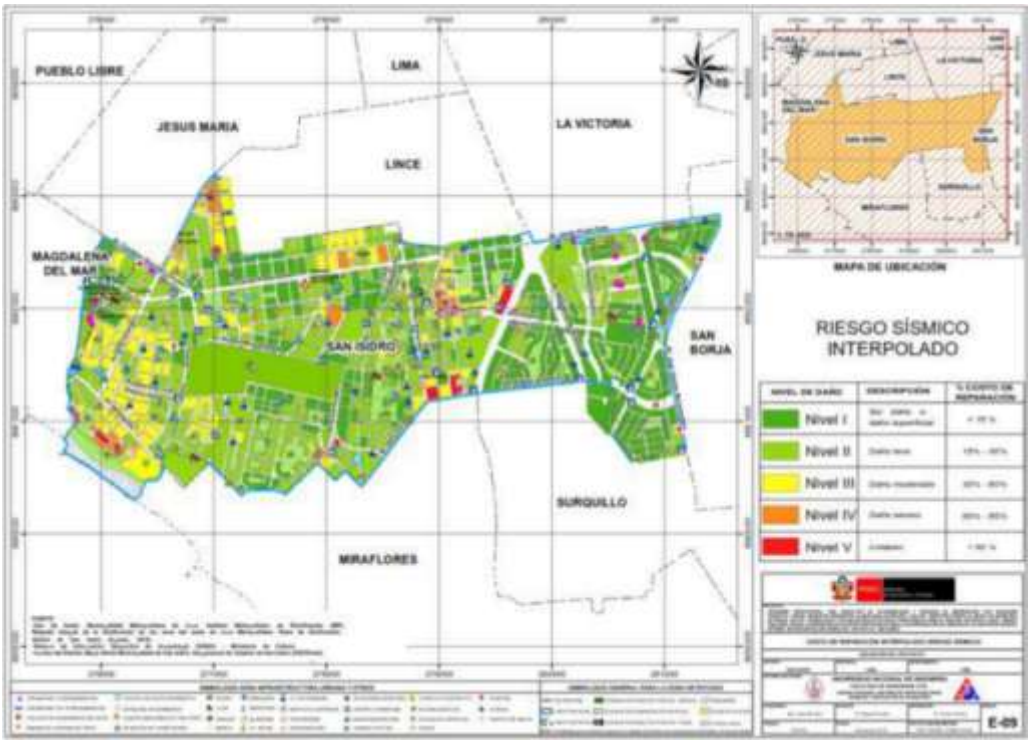


Nota. De "Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro", por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), 2019 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14899_analisis-de-riesgo-en-zonas-urbanas-del-distrito-de-san-isidro.pdf).

Por otro lado, se determinó que el 53.94% de las edificaciones en San Isidro son de viviendas y que, seguido de ella, existe un 27.2% dedicado a viviendas multifamiliares. Esto nos da un total de 81.14% de edificios dedicados exclusivamente a albergar seres humanos. Con ello en cuenta, el CISMID realizo un estudio de riesgo sísmico en donde se obtuvo el mapa mostrado en la **figura 7**. En él se puede apreciar como existe una predominancia en las estructuras de color verde claro, el cual pertenece a la clasificación de edificaciones con "Daño leve", mientras que en la zona más cercana a Magdalena del Mar existe una mayoría de edificaciones con "Daño Moderado".

Figura 7

Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW)



Nota. Existe un 30.9% de edificaciones con “Daño Leve”, 13.2% con “Daño Moderado”, 2.1% con “Daño Severo”, un 4.5% con “Colapso” y el resto “Sin Daño”. De “Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro”, por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), 2019 (https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14899_analisis-de-riesgo-en-zonas-urbanas-del-distrito-de-san-isidro.pdf).

1.1.2 Impacto del concreto armado en el comportamiento sísmico de las estructuras

Una vez demostrado la existencia de la problemática en la zona de estudio, se procede a formular la siguiente pregunta:

¿Por qué las edificaciones de concreto armado ubicadas en el distrito de San Isidro presentan alto riesgo sísmico?

Para este caso se va a emplear dos herramientas que permitirán identificar una causa raíz de esta problemática:

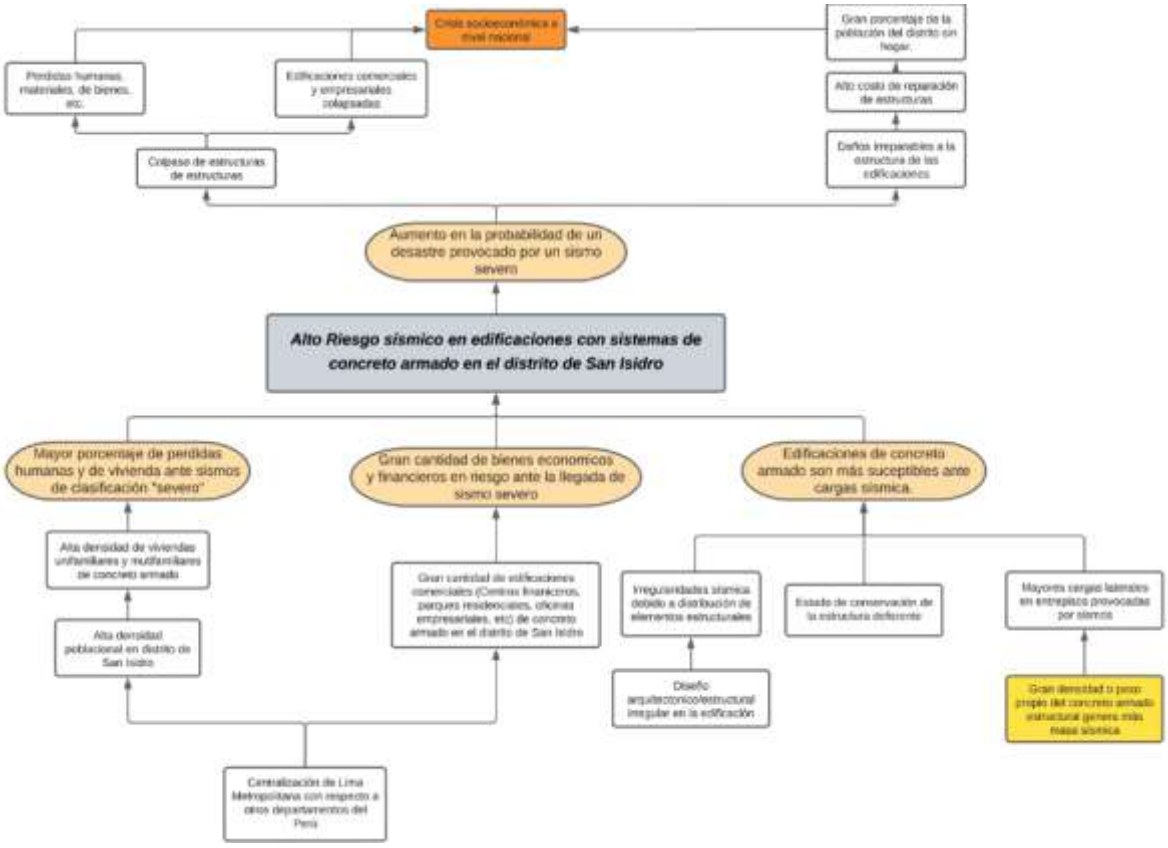
- Árbol de problema: En un contexto general, identificar las causas y consecuencias del problema.

- Diagrama de Ishikawa: Analizar las causas del problema raíz mediante las categorías de 5M.

En la **figura 8** se muestra el árbol de problema en el cual se identifican tres causas potenciales que están relacionadas al factor “Elementos Expuestos” y “Vulnerabilidad Sísmica”. Cuestionándose más a fondo sobre estas causas, se puede identificar una la cual puede ser alterada con el fin de mitigar el riesgo sísmico: el peso propio del concreto. Esta causa raíz identificada, junto al diseño sismorresistente de la estructura, son los dos pilares que se deben evaluar para reducir la vulnerabilidad sísmica de la edificación.

Figura 8

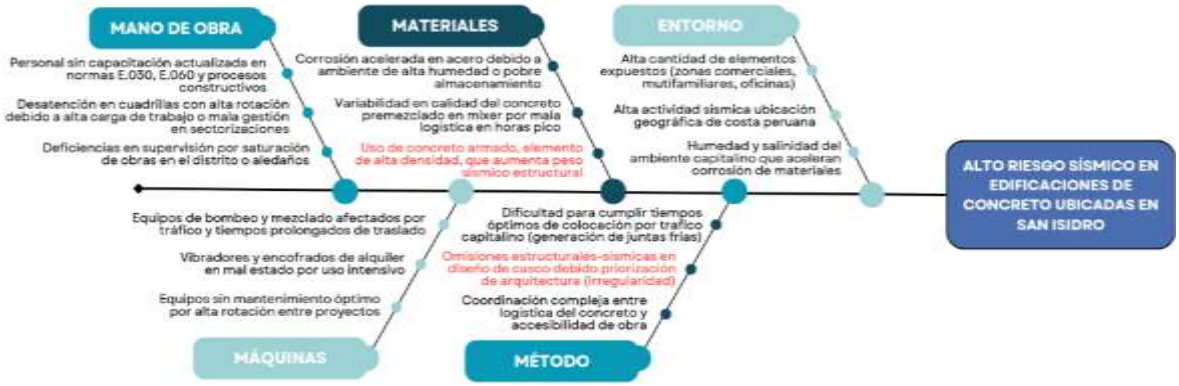
Árbol de problema



De manera complementaria, la **figura 9** muestra el diagrama de Ishikawa de la misma problemática a tratar desde una perspectiva orientada más ingenieril. La información del diagrama ha sido recopilada por conceptos fundamentales de la construcción y experiencia previa a actual en ejecución de proyectos.

Figura 9

Diagrama Ishikawa de problema

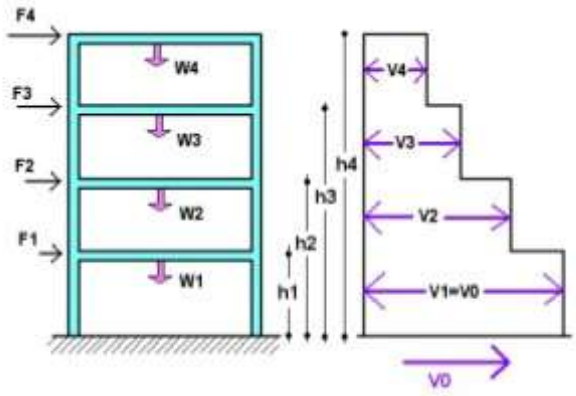


En ambos casos se puede identificar como el peso propio del concreto juega un papel importante como una de las causas raíz del problema y a la vez es un factor que se puede regular con una propuesta correctamente fundamentada.

En un enfoque más técnico respecto a la causa raíz, según Otazzi (2005), el concreto armado es una mezcla heterogénea entre el elemento de concreto simple y barras de refuerzo de acero corrugado, este elemento es universalmente aceptado para la construcción debido a su facilidad en la elaboración, colocación y transporte. Sin embargo, a comparación de un sistema más ligero como el de acero estructural que también en sumamente utilizado en edificaciones de gran nivel, el peso del concreto es una de las propiedades que más influyen al momento de evaluar el desempeño sísmico de la estructura. Según la plataforma Tecnología y Educación Innovadora (TEDI, 2022), una gran desventaja que tiene el concreto es su gran masa, que es la responsable de que las fuerzas dinámicas aumenten de manera rectangular mientras más robusta y pesada sea la estructura como se muestra en la **figura 10.** El peso sísmico debe de ser controlado de tal manera de que no se generen desplazamientos de entrepiso muy altos que, según la norma el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020b), no deben de exceder de 0.007 en la distorsión.

Figura 10

Relación entre peso total de estructura (considerando cargas de servicio) y cortantes sísmicas en cada entrepiso.



Nota. En el cálculo del peso sísmico se debe de considerar un porcentaje de carga viva y el total de la carga muerta, en la cual se incluye el peso mismo de los elementos estructurales. Adaptado de "Verificación del cortante basal según COVENIN 1756-2001", por C. Saavedra, 2016 (https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/).

1.2 Estudio de Campo

A continuación de muestran los resultados de la investigación y recopilación de información de campo realizado el día 16 de abril del 2023. Todas las fotografías de las mostradas a continuación pertenecen a la zona de estudio, distrito de San Isidro.

Figura 11

Edificación en construcción – Roma 498.



Figura 12

Construcción de vivienda multifamiliar.



Análisis de estudio de campo y comentarios: Se puede apreciar como lo descrito en la sección de problemática sigue teniendo presencia a la fecha de realizado este informe. **La figura 11 y 12** muestran estructuras que están en proceso de construcción y son destinados exclusivamente para viviendas ya sea multifamiliar o unifamiliar. Esto último refuerza la teoría de los elementos expuestos y como el riesgo sísmico solo tiende a aumentar a medida que las construcciones de viviendas aumentan la densidad poblacional del distrito.

Finalmente, la **figura 13** muestra la fachada de una obra de vivienda multifamiliar residencial ubicada en San Isidro. Esta obra está en plena construcción y va a servir como modelo para realizar el modelamiento 3D y el posterior análisis estructural. A los investigadores se les va a facilitar los planos estructurales del multifamiliar e incluso se va a poder hacer visita de obra para enriquecer de mejor manera la investigación presente mediante información directamente extraída de una obra en escala real.

Visita de obra: El día 18 de abril del año 2023 se realizó una visita de obra. La obra en cuestión se ubicada en San Isidro, colindante al distrito de Lince. Ambos investigadores y autores de la presente se acercaron a la obra en proceso. La finalidad de la vista fue la de conversar con el ingeniero residente para recopilar información sobre la estructura de la edificación multifamiliar que, según los planos recopilados, tiene una distribución típica de muchos edificios multifamiliares de San Isidro. En la **figura 13 y 14** se muestran fotos recopiladas de la visita de obra.

Por otro lado, el ingeniero residente, Ing. Jorge, facilitó el expediente técnico y los planos estructurales de la edificación. En la **figura 15** se puede apreciar las especificaciones técnicas relacionadas al desempeño sismorresistente de la estructura, además de confirmar que el sistema estructural es de concreto armado (Sistema de muros estructurales). En la **figura 16** se detalla las características de calidad de concreto y valores de recubrimiento usados. El concreto utilizado, según el ingeniero Porras, es 100% concreto armado convencional premezclado con losas prefabricadas. Y en la **figura 17** se detalla las condiciones de cimentación.

Figura 13

Construcción de vivienda multifamiliar de sistema de muros estructurales de concreto.



Figura 14

Obra en construcción: Edificio Modelo



Figura 15

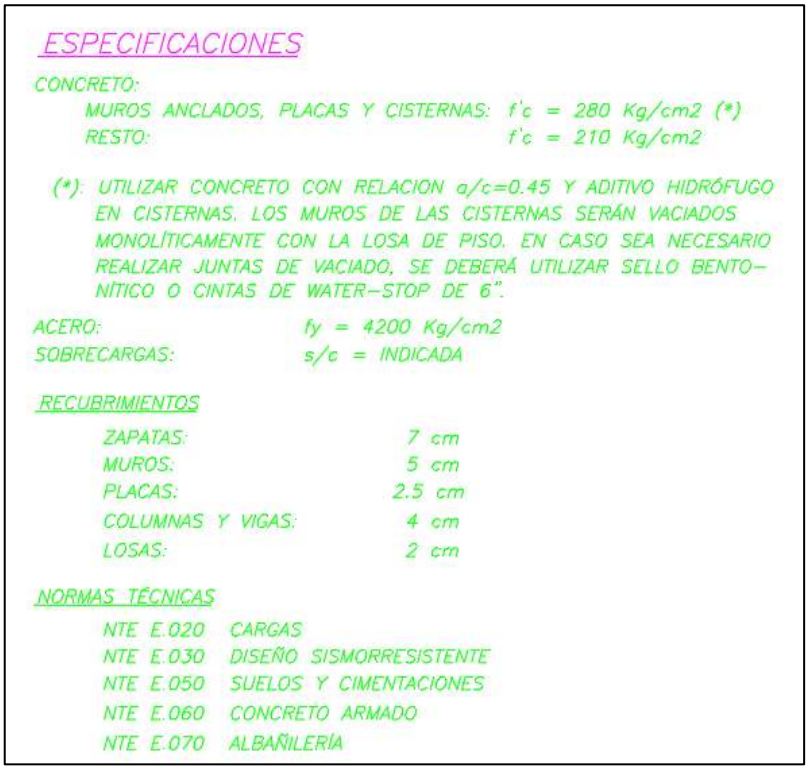
Parámetros para el diseño sismorresistente



Nota. La información fue extraída de una fuente privada, la misma que es consecuencia de los estudios de análisis sísmicos realizados al edificio modelo. De “Lamina E.01 – EST”, por Inmobiliaria Brazil, 2023.

Figura 16

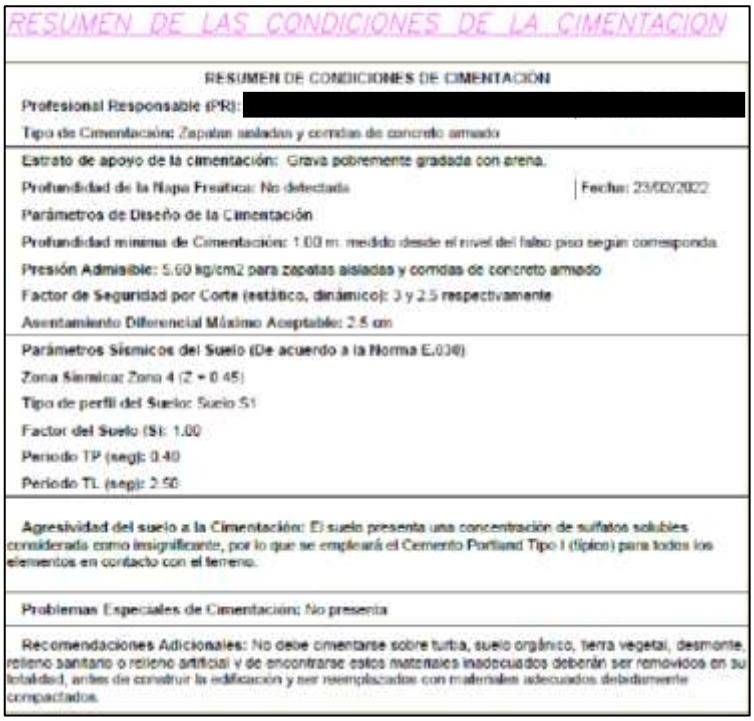
Especificaciones técnicas de concreto.



Nota. La información fue extraída de una fuente privada, la misma que es consecuencia de los estudios de análisis sísmicos realizados al edificio modelo. De “Lamina E.01 – EST”, por Inmobiliaria Brazil, 2023.

Figura 17

Resumen de condición de cimentación


RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA CIMENTACION

RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Profesional Responsable (PR): [redacted]

Tipo de Cimentación: Zapatas aisladas y corridas de concreto armado

Estrato de apoyo de la cimentación: Grava pobremente gradada con arena.

Profundidad de la Napa Freatica: No detectada | Fecha: 23/02/2022

Parámetros de Diseño de la Cimentación

Profundidad mínima de Cimentación: 1.00 m. medido desde el nivel del falso piso según corresponda

Presión Admisible: 5.60 kg/cm2 para zapatas aisladas y corridas de concreto armado

Factor de Seguridad por Corte (estático, dinámico): 3 y 2.5 respectivamente

Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable: 2.5 cm

Parámetros Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030)

Zona Sísmica: Zona 4 (Z = 0.45)

Tipo de perfil del Suelo: Suelo S1

Factor del Suelo (S): 1.00

Periodo TP (seg): 0.40

Periodo TL (seg): 2.50

Agresividad del suelo a la Cimentación: El suelo presenta una concentración de sulfatos solubles considerada como insignificante, por lo que se empleará el Cemento Portland Tipo I (típico) para todos los elementos en contacto con el terreno.

Problemas Especiales de Cimentacion: No presenta

Recomendaciones Adicionales: No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte, relleno sanitario o relleno artificial y de encontrarse estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y ser reemplazados con materiales adecuados debidamente compactados.

Nota. La información fue extraída de una fuente privada, la misma que es consecuencia de los estudios de análisis sísmicos realizados al edificio modelo. De “Lamina E.01 – EST”, por Inmobiliaria Brazil, 2023.

Con todo lo mencionado, tenemos una relación de indicadores de problemas:

- **Uso de concreto convencional con alta densidad:** Donde se puede dar a entender que el uso de agregados pesados para crear estructuras, hacen que estas tengan un mayor peso sísmico, lo que genera mayores cargas laterales y por ende más desplazamientos.
- **Irregularidad estructural:** Debido a la distribución arquitectónica ya establecida en el diseño, los parámetros puede que no sean modificables. Provocando así, que mientras más irregular sea la estructura en planta y en altura, más vulnerable es el edificio ante algún evento sísmico.
- **Desplazamiento lateral provocado por sismos:** Aquí se ven los desplazamientos que se generan en la estructura, mientras mayores sean estos, los elementos sufren más daño y pueden llegar a colapsar por su constante sometimiento ante estos movimientos.

- **Elementos Expuestos:** El colapso o daños internos afectan directamente todo elemento que alberge la estructura (vidas humanas, información valiosa, documentación empresarial, etc).

En la **tabla 1** muestra los indicadores de nuestro objetivo que se lograron identificar y que se deben evaluar al final de esta investigación para determinar si una propuesta de concreto ligero disminuye la vulnerabilidad y, por ende, el riesgo sísmico de una edificación en la zona de estudio, teniendo en cuanta además los parámetros mínimos que requiere un elemento estructural y un costo accesible en el mercado de la construcción.

Tabla 1

Tabla de indicadores de logro de objetivos

Indicador	Unidad de Medida	Descripción
Vulnerabilidad Sísmica de edificación.	(Indicador Cualitativo)	Si bien es un indicador cualitativo, se puede medir numéricamente a partir de la **deriva o distorsión lateral** de una estructura, además de la reducción en los parámetros de irregularidad establecidos por la norma E.030.
Peso propio de concreto.	Kg/m^3	Para que un concreto se pueda entrar en la clasificación de "Concreto Ligero", este debe de tener un peso propio menor a 1900 kg/m^3 (American Concrete Institute [ACI], 2022).
Peso total de estructura.	tonf	La presencia de menor peso muerto da como resultado la disminución de la masa sísmica, factor determinante al momento del cálculo de las fuerzas que ejerce el sismo a la estructura analizada.
Costo de casco estructural.	S/.	Si se tiene en consideración los antecedentes del diseño de concreto ligero en Perú, la aplicación de este eleva el presupuesto de la estructura. Sin embargo, a partir del rediseño de elementos verticales, el costo se puede optimizar mediante la reducción de cuantías de acero y redimensionamiento de los elementos.
Resistencia a la compresión de concreto.	Kg/cm^2	Según la E.060, artículo 21.3.2 donde especifican los requisitos que debe tener el concreto para su uso en elementos sismorresistente, el valor de f'c no puede ser menor a 210 kgf/cm^2 ni mayor a 350 kgf/cm^2 para concretos ligeros con fines estructurales (MVCS, 2020c)

2. Estado del Arte

RESUMEN DE CAPITULO:

El presente capitulo da a conocer estudios previos que sirven como antecedentes a la solución propuesta en la tesis. Las investigaciones citadas evidencian un avance significativo en el desarrollo de concretos ligeros estructurales mediante la incorporación de agregados ligeros (principalmente arcilla, pizarra y piedra pómez) y refuerzos fibrosos (fibras de acero y polipropileno), con el objetivo de reducir el peso propio sin comprometer el desempeño mecánico ni la ductilidad. Los estudios revisados muestran que el uso de agregados ligeros puede disminuir la densidad del concreto entre 15% y 25% (Cho & Kim, 2024; Mohammed et al., 2023), manteniendo resistencias estructurales comparables a las del concreto convencional, con variaciones usualmente inferiores al 10% cuando se emplean arcillas expandidas de buena calidad (Nemes et al., 2022; Rodrigues et al., 2022). Asimismo, la adición de fibras, especialmente fibras de acero con extremos en gancho, ha demostrado incrementar la elasticidad entre 15% y 40% (Christidis et al., 2021; Roshani et al., 2023; Yun et al., 2022), mejorar la ductilidad y flexión, lo que convierte a estas mezclas en alternativas viables para estructuras sometidas a cargas dinámicas o sísmicas. En síntesis, los antecedentes demuestran que el concreto ligero adecuadamente reforzado y diseñado con agregados de calidad no solo reduce el peso propio, sino que también iguala y en algunos casos mejor el desempeño mecánico comparado a un diseño convencional (Esmaeili et al., 2023; Hosen et al., 2022), sustentando técnicamente la propuesta de la presente tesis orientada a implementar un concreto ligero con propiedades óptimas para zonas de alto riesgo sísmico.

2.1 Distintos agregados ligeros y su influencia en el concreto

La investigación de Rodrigues et al. (2022) se concentra en el desarrollo de un concreto ligero estructural con el uso de la arcilla expandida y el reemplazo parcial de la arena con residuos de corte de granito. Teniendo como finalidad ver el cambio de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del concreto. La arcilla que emplean para todos los diseños es: arcilla C0500 con un diámetro de 5 mm y una masa específica de 1.560 g/cm^3, y la C1506 con un diámetro de 15 mm y una masa específica de 1.110 g/cm^3. Al entrar a la parte experimental realizan 4 tipos de diseño, de los cuales todos tienen la C0500 y C1507 en su diseño en proporción de 0.86 y 0.33 con respecto a la masa del concreto, y diferenciando en cada una el reemplazo parcial por los residuos en 0%, 5%, 10% y 15%. Los

resultados obtenidos tras los ensayos fueron que la resistencia a la compresión axial promedio a los 28 días para cada porcentaje de residuos de corte de granito en 0%, 5%, 10% y 15% son de 32.80 MPa, 31.76 MPa, 33.46 MPa y 34.88 MPa respectivamente, en la que observan una mejoría cuando se realiza un reemplazo del 10% a superior de residuo. El peso obtenido en el ensayo de durabilidad para los testigos fue de 1527.30 gr, 1579.57 gr, 1502.62 gr y 1625.42 gr, en la que se ven una variación del aumento del peso mientras más residuo reemplazan a pesar de que tengan las mismas dimensiones. Concluyendo así que el uso de la arcilla expandida logra mantener datos dentro del rango con respecto a la resistencia, teniendo un aumento del 2% y 6% para los que tienen un reemplazo del 10% y 15% respectivamente, y que este reemplazo puede mejorar su desempeño, pero sacrificando el peso que obtiene cada testigo, tomando como ejemplo del reemplazo del 10% que, a pesar de tener una mejor resistencia, su peso aumentó en casi 6.4%.

En el artículo realizado por Mohammed et al. (2023), ven la producción de un concreto ligero estructural que contengan arcilla y pizarra expandida, además del reemplazo parcial del cemento por cenizas volantes, con el objetivo de analizar las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de diferentes mezclas de concreto. Para el desarrollo de su investigación hicieron 15 tipo de diseños, los cuales 5 eran 100% de agregado grueso convencional (NA), reemplazo del 50% de cenizas volantes (tipo F o FF y tipo C o FC) con el mismo agregado, y reemplazo del 70% para cada clase, otros 5 con el mismo reemplazo para cada tipo de cenizas volantes, pero usando arcilla expandida (C), y los últimos 5 con pizarra expandida (S), siendo estas codificadas de la siguiente manera: P100FF0NA, P50FF50NA, P50FC50NA, P30FF70NA, P30FC70NA, P100FF0S, P50FF50S, P50FC50S, P30FF70S, P30FC70S, P100FF0C, P50FF50C, P50FC50C, P30FF70C y P30FC70C, donde “P” es la probeta, el número que sigue es el porcentaje de cemento que usan, luego la codificación del tipo de ceniza volante, luego sigue el porcentaje de la ceniza antes dicha y al final la codificación del tipo de agregado grueso que usaron. La arcilla y pizarra expandida poseen una gravedad específica de 1.59 y 1.78 respectivamente, teniendo un diámetro máximo de 19 mm o 3/4", en el caso de la ceniza volante F y C tienen una densidad de 2.52 g/cm^3 y 2.75 g/cm^3. En referencia a los resultados de slump, aquel que tiene un mejor resultado es el de P30FF70C con 191 mm, observando que el reemplazo del 70% de cemento y el uso de arcilla expandida posee una mejor trabajabilidad; las densidades que más resaltan son de 2 235 kg/m^3 para P30FC70NA, 1988 kg/m^3, 1892 kg/m^3 para P50FF50S, 1893 kg/m^3, 1907 kg/m^3, 1899 kg/m^3, 1911 kg/m^3 para P100FF0C y 1810 kg/m^3 para P30FF70C,

mostrando la mejoría con la ceniza volante, pero sin descartar que la arcilla expandida presenta un buen resultado sin el reemplazo y con el reemplazo del 70%, teniendo valores de 17.8% y 22.1% respectivamente menores al diseño sin ningún tipo de alteración; con respecto a la resistencia a los 56 días el diseño patrón tiene 50.7 Mpa, para el 50% del reemplazo es 20% mayor, pero para la arcilla y pizarra expandida sin reemplazo del cemento sus mejores resultados tiene un valor 7% menor al patrón, y para el reemplazo del 50% de cemento y uso de la arcilla expandida solo es menor en casi 1%, en diferencia al reemplazo del 70% que tuvieron una reducción del 26%; para la resistencia a la flexión para el diseño patrón se tiene 6.98 MPa, para el P50FF50S se redujo en un 28.7%, P100FF0C se redujo un 38.8%, P50FF50C se redujo un 30% y para el reemplazo del 50% y 70% se redujo casi un 29% con respecto al diseño patrón, apreciando así que la reducción de su resistencia a la flexión está relacionada con respecto al material que se va reemplazando, siendo que la pizarra fue el material que tuvo la menor variación. Concluyendo así que al hacer uso de la arcilla expandida tiende a reducir la densidad en casi 18% cuando no se hace reemplazo de la arena y un 22% al hacer un reemplazo parcial de este agregado, la resistencia a la compresión sin reemplazo posee valores 7% menores al diseño patrón, pero siendo igual de viables para su uso estructural, y para el caso de la resistencia a la flexión si se hace notorio la reducción de los resultados, cumpliendo así con el fin de tener un concreto ligero con características estructurales.

En el artículo redacto por Roshani et al. (2023) aborda el comportamiento estructural de vigas compuestas de acero y concreto (SCS) reforzadas con fibras de polipropileno (PP-FRC) y micro-sílica. A través de experimentos de flexión en cuatro puntos y modelos numéricos de elementos finitos desarrollados en ABAQUS, el estudio evalúa cómo diferentes mezclas de concreto, contenidos de fibras y adiciones de micro-sílica afectan la resistencia, ductilidad, absorción de energía y modos de falla de estas vigas. Para ello, preparan 11 vigas con dimensiones de 750 mm de longitud, 130 mm de ancho y 80 mm de profundidad, variando el tipo de concreto en el núcleo (normal, ligero con fibras, ligero con fibras y micro-sílica), sometiendo las vigas a cargas progresivas hasta el fallo, registrando las curvas fuerza-desplazamiento y las deformaciones máximas alcanzadas; determinando así la resistencia máxima a la flexión, la deflexión última y los modos de falla. Los resultados muestran que las vigas con fibras de polipropileno (PP-FRC) presentaron un aumento en la resistencia máxima a la flexión de aproximadamente un 15% a 25% en comparación con las vigas sin fibras, dependiendo del contenido de fibra (0.5% a 2.0%) La deflexión última

también se incrementó en un rango de 20% a 35%, evidenciando mayor ductilidad. La incorporación de micro-sílica en las mezclas de concreto ligero resultó en un incremento de aproximadamente un 10% a 15% en la resistencia a la compresión y en la capacidad de carga de las vigas. Los resultados muestran que la incorporación de fibras de polipropileno en el concreto ligero mejora significativamente la ductilidad, la capacidad máxima de carga y la tenacidad de las vigas compuestas de acero y concreto (SCS). Además, la adición de micro-sílica incrementa la resistencia a la compresión y la tolerancia a daños, contribuyendo a un mejor comportamiento estructural.

Se tiene a Cho y Kim (2024) en el que redactan una investigación en donde ven el comportamiento del concreto ligero estructural (ALWAC) y uno convencional (NWC), centrándose en aspectos como la resistencia al corte, comportamiento a la flexión y las propiedades mecánicas. Para los ALWAC realizan una investigación de cómo distintos tipos de agregados gruesos afectan el comportamiento de las vigas, en el que hacen uso de dos tipos de agregados ligeros: la arcilla expandida (LSS) que posee una densidad aparente de 469 kg/m^3 y un porcentaje de absorción de 11.9%, la pizarra expandida (LSC) con una densidad de 849 kg/m y 5.9% de absorción; el agregado natural que usarán para el diseño convencional tiene una densidad de 1563 kg/m^3 y 1.13% porcentaje de absorción. Para obtener un resultado optimo hicieron un total de 12 vigas, dividiendo 4 de estas de peso normal del concreto (NWC), 4 de ALWAC con LSS y 4 de ALWAC con LSC. Al entrar a la parte experimental, el momento de flexión máxima para el ALWAC con LSS obtiene un valor de 17.07 kN*m, observando una reducción de un 3% en comparación al convencional, pero siendo mayor en casi 0.5% al ALWAC con la adición del LSC; al ver la resistencia al corte para el ALWAC con LSS es de 1681.51 kg, viendo que es menor al convencional y mayor al LSC en un 2% por igual; y con respecto al peso se tiene que, para el LSS, LSC y el NWC valores de 1531 kg/m^3, 1580 kg/m^3 y 1772 kg/m^3. Concluyendo así la investigación que el comportamiento que tiene el ALWAC es comparable a un NWC, teniendo solo diferencias no mayores al 5%, además que entre los tipos de agregados ligeros que se estudiaron, la arcilla expandida (LSS) tiene mejores resultados que la pizarra expandida (LSC), poseyendo una menor diferencia de valores con el convencional. Adicionalmente su peso resulta ser menor en un 13.6% al NWC y 3% al reemplazo parcial del LSC.

2.2 El concreto con la adición de fibras de acero y distintos agregados ligeros

La investigación propuesta por Nemes et al. (2022) plantea el uso de la arcilla expandida para el diseño de concreto estructural. El objetivo fue de comparar las propiedades mecánicas y físicas de los concretos ligeros mediante el uso de arcilla expandida de distintas densidades y absorción: Liapor HD 5N, con densidad de 1047 kg/m^3 y absorción de 18%; Liapor HD 7N, con densidad de 1185 kg/m^3 y absorción de 13%; y Liapor 8F, con densidad de 1380 kg/m^3 y absorción de 18%. El investigador realizó 8 diseños de concreto del cual uno de ellos, N1 y N2, fueron diseños patrón de concreto convencional. Por otro lado, los diseños L1, L3 y L3F reemplazaron el agregado grueso con arcilla expandida Liapor HD 5N, la muestra L4 con Liapor HD 7N y la muestra L2 y L5 con Liapor 8F. Los resultados de compresión axial concluyeron que los diseños de concreto ligero con agregados de partículas de mayor densidad presentan una resistencia f'c más elevada que los diseños con agregados más ligeros. Es pues, las muestras L2 y L5 obtuvieron una resistencia de 53.2 MPa con un peso unitario de 1927 kg/m^3 y 56.0 MPa con 1930 kg/m^3 respectivamente; en comparación con las muestras de L1, L3 y L3F con una resistencia promedio de 36.7 MPa con un peso promedio de 1857 kg/m^3. A pesar de los resultados positivos, ninguna muestra que presenta agregados ligeros como reemplazo de agregado grueso tiene resistencias mayores al del concreto convencional con 78 MPa, pero con un peso promedio de 2322 kg/m^3. En conclusión, el estudio demostró que los concretos ligeros estructurales que presentan arcillas expandidas de mayor densidad tienen mejores resultados mecánicos que las partículas más livianas, mejorando la resistencia a la compresión en un 32% pero aumentando el peso unitario del concreto en un 3.8%.

El estudio realizado por Yun et al. (2022), presentan realizan la adición de la fibra de acero con extremo enganchados en vigas de concreto para así ver su influencia en el comportamiento de la resistencia al corte como también la deflexión que tienen, tomando en cuenta la relación de luz de corte (a/d). Para las fibras de acero se hacen uso de 2 tipos: una de resistencia normal (NF) con una longitud de 35 mm, un diámetro de 0.55 mm y 1200 MPa de resistencia a la tracción, y una de alta resistencia (HF) con una longitud de 35 mm, un diámetro de 0.55 mm y 1600 MPa de resistencia a la tracción; para la luz de corte (a/d) son por 3 tipos, 1.5, 2.5 y 3.5 (teniendo en su codificación 15; 25 y 35 respectivamente), diferenciándose en la longitud que posee cada tipo de viga, siendo estas de 1250 mm, 1750 mm y 2250 mm respectivamente para cada tipo. En la recolección de resultados en la resistencia máxima al corte obtuvieron que para los NF-15, NF-25 y NF-35 fueron de 438.6

kN, 230.7 kN y 180.1 kN, en el caso de los HF-15, HF-25 y HF-35 se obtuvieron 393.2 kN, 240.2 kN y 178.7 kN; en el caso de la deflexión se vio que para los NF-15, NF-25 y NF-35 son de 6.52 mm, 14 mm y 24.32 m, y para los HF-15, HF-25 y HF-35 son de 6.76 mm, 14.2 mm y 19.82 mm, viendo así que las fibras NF obtienen un mejor resultado con respecto a las NF en sus tres tipos de a/c como también la influencia de la longitud de cada viga en los resultados. Se llegó a la conclusión que la deflexión tiene una mejoría considerable debido a la adición de la fibra de acero HF, en especial cuando se tiene una mayor luz con un 18.5% menor, para la resistencia a la tracción no tiene mucha diferencia al concreto convencional, pero da a este un comportamiento dúctil.

En el artículo redactado por Elsherbiny et al. (2023) se aborda el comportamiento mecánico y estructural de vigas de concreto reforzado ligero, específicamente aquellas fabricadas con agregados de ladrillos de arcilla triturados (CCB) como material sostenible. Se centra en cómo la incorporación de fibras poliméricas (PPF) y fibras de acero (SF), junto con aditivos como la sílice fume (SF), afectan propiedades como la resistencia, ductilidad, resistencia a las grietas y capacidad de carga de estas vigas. Para ello se realizaron mezclas de concreto con diferentes composiciones, incluyendo un concreto de control y mezclas reforzadas con fibras de polipropileno (PPF) y fibras de acero (SF). Específicamente, las mezclas contenían diferentes porcentajes de fibras, como 0.1%, 0.2%, 0.5% y 1.0%, y se ajustaron con superplastificantes para mantener la trabajabilidad adecuada. Además, se emplearon diferentes tipos de agregados, como arcilla cocida triturada gruesa y fina, y se utilizó sílice fume como material de reemplazo parcial del cemento. Para las pruebas estructurales, se fabrican vigas con las mezclas preparadas y se someten a ensayos de flexión en una máquina de carga con capacidad de 100 toneladas, siguiendo el procedimiento de ASTM C39. Durante estos ensayos, se registran la fuerza aplicada, las deformaciones mediante transductores de desplazamiento (LVDTs), y se monitorean la propagación y ancho de las grietas. Además, se mide la deformación del acero de refuerzo con galgas extensométricas y se analizan las curvas fuerza-desplazamiento para determinar el comportamiento estructural. Las conclusiones principales indican que la incorporación de fibras de acero (SF) y fibras de polipropileno (PPF) en el concreto ligero reforzado con agregados de ladrillo triturado (CCB) mejora significativamente su comportamiento estructural. Específicamente, la adición de 0.2% PPF incrementó la carga máxima de carga en un 16% y la deformación a la falla en un 24%, mientras que el uso de 0.5% y 1.0% SF aumentó la resistencia a la compresión en aproximadamente un 11.7% y 17.6%, respectivamente. Además, estas fibras

contribuyen a una mayor ductilidad y resistencia a la propagación de grietas, mejorando la capacidad de absorción de energía del material. En conjunto, estos resultados sugieren que el uso de fibras en concreto ligero CCB puede producir elementos estructurales de alto rendimiento, sostenibles y adecuados para aplicaciones en construcción.

En el estudio realizado por X. Wang et al. (2023) investiga cómo diferentes tipos de fibras de acero, específicamente fibras planas y onduladas, ya sea individualmente o en combinación, afectan la resistencia al impacto de vigas de concreto liviano. A través de pruebas de impacto con martillo de caída, el estudio analiza mejoras en la inhibición de grietas, reducción de desplazamientos y aumento de la resistencia al impacto, destacando que la combinación de fibras ofrece un rendimiento superior. En donde, el espécimen A era un diseño patrón sin alguna adición, el A2 contiene un 1% de fibras de acero planas, A3 incorpora un 1% de fibras de acero en forma de onda y el A4 combina fibras planas y en forma de onda en un 1%. El uso de fibras puede aumentar la resistencia a la flexión hasta en un 52.83% y la resistencia a la tracción por separación en un 65.52%, las fibras onduladas son más efectivas en la mejora de la resistencia a la tracción, y la combinación de ambas formas de fibras en mezclas híbridas produce un rendimiento superior, reduciendo el desplazamiento y la deformación residual en las pruebas de impacto. La adición de fibras también ayuda a inhibir la formación y propagación de grietas, mejorando la resistencia al impacto y la ductilidad de las estructuras de concreto liviano.

El estudio presentado por Z. Wang et al. (2023), realiza la investigación de los efectos de diferentes tipos y fracciones de volumen de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Como objetivo se planteó verificar cuál tipo de fibra de acero brinda un mejor comportamiento al diseño de concreto. Para ello emplean 3 tipos de fibra de acero: la fibra de acero ondulado (EW), con extremo en gancho (EEHH) y milled (molienda-EM), de los cuales el EW y el EEHH poseen una resistencia a la tracción de 1000 MPa, mientras que el milled una de 800 MPa. Para la fase experimental realizan 3 especímenes por grupo, por tiempo de curado y por pruebas, siendo de 0.6% y 1.5% total. El porcentaje de 0.6% del volumen se tiene los siguientes resultados: la fuerza a compresión para el EW, EEHH y milled fue de 500.477 kg/cm^2, 493.645 kg/cm^2 y 525.460 kg/cm^2 respectivamente, siendo mayores en un 4.9%, 3.9% y 10.2% al concreto sin adición de fibra de acero. Para la resistencia máxima a la flexión el EW, EEHH y milled fueron de 75.663 kg/cm^2, 80.863 kg/cm^2 y 79.640 kg/cm^2 respectivamente, siendo mayores en un 14%, 21.8% y 20% al

concreto sin adición de fibra de acero; para el reemplazo del 1.5% se tienen los siguientes resultados: la fuerza a compresión para el EW, EEHH y milled fue de 540.246 kg/cm^2, 508.431 kg/cm^2 y 572.979 kg/cm^2 respectivamente, siendo mayores en un 13.3%, 6.6% y 20.1% al concreto sin adición de fibra de acero. Para la resistencia máxima a la flexión el EW, EEHH y milled fueron de 83.821kg/cm^2, 84.942 kg/cm^2 y 84.534 kg/cm^2 respectivamente, siendo mayores en un 26.3%, 28% y 27.3% al concreto sin adición de fibra de acero. Llegando así a la conclusión de que una mayor adición al de fibra de acero mejor las propiedades del concreto, dependiendo de la forma que tenga es que obtiene mejores resultados. Para el caso de la fuerza de compresión, los aceros ondulados presentan un mejor rendimiento, pero cuando se tiene en cuenta la fuerza a la flexión, enfocados a elementos horizontales, el que tiene un mejor comportamiento es el que tiene extremo de gancho.

2.3 Concreto ligero con adición de fibra de acero

En la investigación realizada por Christidis et al. (2021), tienen como objetivo investigar el comportamiento del concreto ligero de piedra pómez con el reforzamiento de fibra de acero con ganchos en los extremos, analizando su comportamiento mediante pruebas típicas de compresión y flexión en 3 puntos. Esto con el fin de poder proponer un diseño unificado para estimar los resultados con relación a la cantidad de fibra. Para ello hacen mención de las propiedades que tienen cada agregado y material que emplean en el diseño, en el caso de la fibra de acero hacen el uso de dos tipos: el SF35 con resistencia a la tracción de 1270 MPa y el SF60 con una resistencia a la tracción de 1160 MPa, ambos con extremo de ganchos pero con longitudes de 35 mm y 60 mm respectivamente; para el uso del agregado ligero realizaron una investigación en la que concluyeron que el uso de la piedra pómez obtiene una mejoría de hasta un 60% de la resistencia a la compresión haciendo uso igual de fibra de acero por lo que optaron en usar este material para considerar así su concreto como ligero. Para la dosifiación del concreto se hizo que para cada tipo de fibra de acero son de 0.5%; 0.75%, 1% y 1.5% con respecto al volumen del concreto, la piedra pómez es de 434 kg por cada m^3, y para el diseño patrón la adición de la fibra es de 0% para poder evaluar el comportamiento de cada diseño. Entrando a la parte experimental, hicieron el uso de probetas cilíndricas de 150*300 mm y elementos prismáticos de medidas de 150*150*600 mm, empleando por cada diseño 3 tipos de cada elemento. Con esto mencionado el diseño patrón obtuvo una resistencia a la compresión media de 26.64 MPa, los diseños de 0.5%, 0.75%, 1% y 1.5% cuando es SF35 obtuvieron 27.63 MPa, 29.98 MPa, 34.55 MPa y 37.75 MPa respectivamente, en el caso del SF60 fueron de 22.16 MPa, 29.73 MPa, 25.56

MPa y 28.53 MPa respectivamente del % de fibra, lo que mostró la gran diferencia de la adición de la fibra de SF35 tiene un mejor resultado desde un 3% a un 42% del diseño patrón y para el SF60 al inicio presenta un valor de 17% menor al patrón pero luego aumentando de entre 7% a 11.5% mostrando que las dimensiones de una fibra no determinan el mejoramiento del mejoramiento de sus propiedades; en el caso de resistencia a la flexión para el diseño patrón se obtuvo un valor de 3.01 MPa, cuando se ve la adición de la fibra en 0.5%, 0.75%, 1% y 1.5% cuando es SF35 se obtiene valores de 3.55 MPa, 4.17 MPa, 4.55 MPa y 5.47 MPa respectivamente, para el uso del SF60 los valores para cada % de fibra fueron de 3.36 MPa, 3.61 MPa, 4.47 MPa y 5.23 MPa por lo que se puede ver un aumento del SF35 de un 18% hasta el 82% de su comportamiento pero para cuando se hace uso del SF60 estos valores solo aumentan de un 12% hasta un 74% en proporción a los % de fibra, mostrando también la influencia que tiene las propiedades mecánicas del tipo de fibra en la adición del concreto ligero. Tras analizar los resultados llegaron a la conclusión que a pesar de que las fibras de acero presentan las mismas formas, la diferencia de dimensiones influye mucho en las propiedades mecánicas no solo en el material, sino también en su adición del concreto ya que en ambas presentan una reducción en su comportamiento como antes mencionado en cada evaluación, además de que al hacer el aumento de % de fibra se aprecia un aumento considerable en el comportamiento del concreto tanto en compresión como en tracción, haciéndolo un uso viable como adición del diseño de concretos.

En el artículo realizado por Hong et al. (2021) se centra en la investigación de las propiedades mecánicas, eléctricas y de blindaje electromagnético de concretos que incorporan agregados ligeros, escoria de acero y fibras de acero. En donde, evalúan cómo su adición de estos materiales afecta su densidad, resistencia, conductividad eléctrica y la capacidad de protección contra interferencias electromagnéticas (EMI). Para ello, diseñaron una mezcla de concreto con diferentes proporciones, incluyendo agregados ligeros, escoria de acero y fibras de acero, se preparan especímenes en moldes, los cuales se remueven después de 24 horas para determinar la densidad en horno y en agua, siguiendo la norma ASTM C567. Obteniendo así que la incorporación de agregados ligeros y fibras de acero en el concreto reduce su resistencia a la compresión y flexión, pero mejora sus propiedades eléctricas y de blindaje EMI, a diferencia de cuando se agrega agregados metálicos haciendo que mejore su resistencia a la flexión y mejora la ductilidad; su densidad del concreto con agregados ligeros se mantiene dentro de los límites para concreto liviano, alcanzando

aproximadamente 2119 kg/m³; la conductividad eléctrica del concreto aumenta con la adición de fibras de acero y componentes metálicos en los agregados en al menos 23 dB cuando se usan fibras de acero. Llegando, así como conclusión que el uso de agregados ligeros, escoria de acero y fibras de acero en el concreto mejoran sus propiedades eléctricas y de blindaje electromagnético, además de mantener una densidad adecuada para aplicaciones estructurales livianas. Aunque estas adiciones disminuyen ligeramente las resistencias mecánicas máximas, mejoran la ductilidad y la capacidad de absorción de energía del concreto.

Para Esmaeili et al. (2023) redactan un artículo donde evalúan las propiedades mecánicas y de fractura del concreto ligero reforzado con fibras de acero, específicamente utilizando agregados de arcilla expandida y fibras de acero. Enfocándose en cómo diferentes volúmenes de fibras afectan características como la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y flexión, así como la energía de fractura y la ductilidad del material. Los resultados muestran que la incorporación de fibras de acero mejora significativamente la ductilidad, la energía de fractura y las propiedades flexurales del concreto, contribuyendo a desarrollar materiales más resistentes, duraderos y con mejor comportamiento estructural. Para la obtención de resultados se realizó una producción de mezclas de concreto ligero con diferentes volúmenes de fibras de acero (0%, 0.66% y 1.15%), teniendo seis tipos de mezclas, incluyendo una mezcla control sin fibras de acero (SF0) y cinco mezclas reforzadas con fibras de acero en diferentes proporciones (SF10, SF20, SF30, SF60 y SF90), que corresponden a contenidos de fibras de 10, 20, 30, 60 y 90 kg/m³, respectivamente, seguido de la realización de ensayos mecánicos y de fractura. Se fabrican especímenes en forma de cilindros y vigas, los cuales son sometidos a pruebas de compresión, flexión y fractura según normas específicas. Además, se evalúan propiedades como la energía de fractura, módulo de elasticidad y ductilidad mediante pruebas de carga y análisis de la propagación de grietas, utilizando técnicas estandarizadas y análisis estadísticos para interpretar los datos obtenidos. Los resultados muestran que la resistencia a la tracción por compresión varía entre diferentes mezclas, con valores promedio que oscilan entre 21.2 y 22.7 N/mm², presentando un coeficiente de variación cercano al 2.4-2.9%. La resistencia a la tracción en rotura en diferentes fracciones de fibra de acero (SF) (0, 10, 20, 30) se sitúa en torno a 12.2 a 13.0 mm, con desviaciones estándar de aproximadamente 0.3 a 0.4 mm. La relación de longitud característica (l) también aumenta con la fracción de SF, alcanzando valores promedio de 0.77 mm para SF30, con un coeficiente de variación del 5.5%. Además, los coeficientes de

variación en la resistencia a la compresión oscilan entre 3.3% y 3.75%, indicando una buena consistencia en los datos. La variabilidad en los resultados de resistencia y longitud sugiere una estabilidad en las propiedades mecánicas de las mezclas analizadas.

En el artículo redactado por Yang et al. (2022) trata sobre el estudio de concreto ligero reforzado con fibras de acero (FRLWAC), enfocándose en cómo diferentes tipos y formas de fibras de acero afectan las propiedades mecánicas, la trabajabilidad y el comportamiento del concreto. Se analizan aspectos como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la ductilidad y la influencia de parámetros como la forma, volumen y calidad de la unión entre fibra y matriz cementicia. El procedimiento empleado en el artículo consiste en la preparación de mezclas de concreto ligero reforzado con diferentes tipos y volúmenes de fibras de acero, incluyendo fibras con extremos de gancho, rectas y con forma de crimp. Se diseñaron varias mezclas con una resistencia a la compresión prevista de 40 MPa y fracciones de volumen de fibra que variaron desde 0% hasta 1.5% en intervalos de 0.5%. Luego, se realizaron ensayos mecánicos, como pruebas de resistencia a la compresión, tracción en corte y flexión, para evaluar las propiedades del concreto reforzado. Se llevaron a cabo pruebas de carga en vigas mediante el método de cuatro puntos para determinar la resistencia a la flexión y la ductilidad. Mostrando así que la resistencia a la compresión del FRLWAC con fibras de acero, alcanzó aproximadamente 43.4 MPa a los 28 días, con una densidad en seco de 1685 kg/m³; la resistencia a la tracción en corte y la resistencia a la flexión aumentaron con la fracción de volumen de fibra (Vf). Por ejemplo, la resistencia a la flexión (f_r) incrementó entre un 6% y un 38% al aumentar Vf, independientemente del tipo de fibra; las fibras con extremos de gancho (CSF(H)) demostraron mayor resistencia a la tracción y ductilidad, mejorando la respuesta en la curva carga-desplazamiento de las vigas, en comparación con fibras rectas o con forma de crimp. En conclusión, la incorporación de fibras de acero, especialmente las de extremos de gancho, mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto ligero reforzado (FRLWAC). En particular, se observó un aumento en la resistencia a la tracción, flexión y ductilidad, con incrementos porcentuales que varían según el tipo y volumen de fibra. Además, las fibras con extremos de gancho demostraron una mayor capacidad de unión con la matriz cementicia, lo que contribuye a un mejor rendimiento estructural. Como último, se pudo observar que la forma y la cantidad de fibra influyen en la trabajabilidad del concreto, siendo las fibras deformadas menos favorables para mantener la trabajabilidad a mayores volúmenes.

En el artículo redactado por Ramazani et al. (2024) evalúan el comportamiento mecánico y la resistencia a la fractura de concreto ligero reforzado con fibras y micropartículas de hidróxidos de doble capa (LDHs). A través de experimentos y modelado multiescala, se analiza cómo la incorporación de micropartículas de LDHs y fibras de acero mejora las propiedades estructurales, como la resistencia a la flexión, la ductilidad y la resistencia a las grietas. Para ello, realizan una combinación de análisis experimental y modelado numérico para evaluar el comportamiento del concreto ligero reforzado con fibras y micropartículas de LDHs. En primer lugar, se realizan ensayos de flexión en muestras de concreto reforzado, donde se miden parámetros como la resistencia y la absorción de energía (toughness) mediante pruebas de tres puntos. Paralelamente, se desarrolla un modelo de elementos finitos en ABAQUS que simula la distribución aleatoria de fibras y micropartículas en el mortero de concreto, empleando modelos de zonas cohesivas y de unión para representar la adhesión de los refuerzos. Luego de los respectivos ensayos se obtuvo que la incorporación de micropartículas de LDHs y fibras de acero mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto ligero reforzado. Específicamente, al aumentar la fracción de LDHs de 0.5% a 1% en peso, se observa un incremento del 12% en la fuerza máxima de carga en comparación con muestras sin LDHs, mientras que un aumento similar en fibras de acero (de 0.5% a 1%) produce un incremento del 5.3% en la misma propiedad. Además, la adición de 1% en peso de LDHs puede aumentar la capacidad de carga en un 39% en comparación con muestras sin LDHs, en escenarios sin fibras de acero. Sin embargo, un exceso de LDHs (por ejemplo, 2%) puede disminuir la resistencia en un 3.3% respecto a 1% de LDHs, debido a una distribución no uniforme y aglomeración de micropartículas. Concluyendo así que la presencia de LDHs y fibras mejora la resistencia a la fractura y la ductilidad del concreto, validando el efecto positivo de estos refuerzos en las propiedades estructurales.

2.4 Efecto sísmico en diseños de concreto ligero adición de fibra

Viendo el tema de cómo influye un diseño de concreto ligero en su comportamiento sísmico se tiene a Hosen et al. (2022) que tienen como objetivo mejorar el comportamiento a la ductilidad del concreto ligero de alta resistencia basado en Concreto Poroso de Obsidiana (POC), incorporando fibras de acero en diferentes fracciones volumétricas. Para lograr esto, se llevó a cabo un programa experimental que incluyó la fabricación y evaluación de especímenes de concreto reforzado con fibras de acero, utilizando materiales como cemento Portland ordinario (OPC), agregados ligeros de POC, polvo de POC y fibras de acero. Los materiales utilizados fueron: cemento OPC tipo I con una gravedad específica de 3.14,

agregados ligeros de POC con tamaño entre 5 y 12.50 mm, polvo de POC con una composición química de 60% SiO_2 y 15% K_2O, y fibras de acero con diferentes fracciones volumétricas (0.50% a 1.50%). Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras alcanzó valores entre 54.16 MPa y 61.26 MPa, con un aumento máximo del 19% respecto a la muestra de referencia sin fibras. Además, según los resultados presentados, los especímenes con fibras de acero, especialmente aquellos con una fracción del 1.0%, demostraron una mayor capacidad de deformación y absorción de energía, el índice de ductilidad por desplazamiento de las muestras con fibras alcanzó un 59%, 126% y 140% por cada diseño con fibra en comparación con las muestras de referencia sin fibras. La deformabilidad del concreto en su punto de máxima carga aumentó hasta un 566%, evidenciando una mayor capacidad de deformación antes de la fractura. Los valores de desplazamiento en el momento de la falla variaron entre 0.0198 y 0.0266, siendo los especímenes con mayor contenido de fibras los que presentaron mayores desplazamientos, lo que indica una respuesta más dúctil y resistente ante cargas extremas.

3. Metodología

El presente capitulo da a conocer el procedimiento detallado que se seguirá para desarrollar correctamente los objetivos de la tesis, así como también detalles sobre el nivel y el diseño de la presente investigación.

3.1 Nivel de Investigación

La investigación es de tipo experimental-explicativa en el cual se determinará el y detallará la influencia en el costo general y la susceptibilidad sísmica de una estructura típica de la zona mediante la evaluación de distintos diseños de concreto ligero.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación se basa en documentos previamente estudiados en el estado del arte. En él se tiene la base teórica con la que se va a diseñar, en este caso, los concretos ligeros estructurales.

Por otro lado, el trabajo de campo consiste en la recopilación de información relacionada a la zona de estudio y la obtención de planos estructurales de una vivienda multifamiliar típica de la zona de estudio.

Finalmente, el trabajo de gabinete se llevará a cabo luego del análisis experimental de las muestras elaboradas luego de ser ensayadas.

3.3 Procedimientos

3.3.1 Descripción de procesos

1. Análisis Granulométrico: Consiste en determinar las propiedades granulométricas de los agregados a utilizar. En este caso: arena fina, agregado grueso convencional y arcilla expandida. En el caso de normativas que regulen el estudio de agregado ligero estructural se va a emplear lo establecido por el estándar ASTM C330, mientras que el estudio del agregado convencional se llevará a cabo empleando normas NTP. En caso alguno de los agregados utilizados no cumpla con los requerimientos normados, se va a tener que reevaluar el uso de algún otro árido para el diseño.
2. Diseño teórico de concretos: Tras el estudio de los agregados y la determinación de sus propiedades granulométricas, se procederá al diseño teórico de las mezclas. El diseño se realizará empleando los métodos ACI 211.1 (ACI, 2009) para concreto convencional y ACI 211.2 (ACI, 2004) para concreto ligero. Estos estándares proponen una metodología para obtener un concreto con una masa unitaria promedio

de 1850 kg/m³, adecuada para aplicaciones estructurales livianas según lo indicado por la norma peruana E.030 (MVCS, 2020b)

3. Elaboración de muestras de concretos: Se van a realizar un total de 9 probetas por cada diseño planteado con dimensiones de 200x100mm para la evaluación a la compresión, 9 vigas para la evaluación de flexión por diseño y 2 probetas adicionales para cada diseño para evaluar la elasticidad del concreto mediante un ensayo normalizado por ASTM. Se tendrá un total de 33 probetas y 27 vigas que se plasman en la **tabla 2**.

Tabla 2

Cantidad de testigos separado por días y tipo

Ensayo	**Probetas**			**Vigas**		
% de Fibra	0.00%	0.75%	1.25%	0.00%	0.75%	1.25%
Compresión						
7 Dias	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00
14 Dias	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00
28 Dias	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00
Flexion						
7 Dias	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00
14 Dias	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00
28 Dias	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00
Elasticidad y Poisson						
28 Dias	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
∑	11.00	11.00	11.00	9.00	9.00	9.00

4. Ensayos experimentales: Se va a realizar ensayos de compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días de resistencia para cada diseño. Las vigas serán ensayas a flexión a los 7, 14 y 28 días de curado. Finalmente se va a evaluar de manera experimental el módulo de elasticidad de las probetas diseñadas para someterlas al ensayo regulado por el estándar ASTM C469 (ASTM International, 2017). Los resultados proyectados son: resistencia a compresión axial, el peso unitario fresco, el asentamiento o slump, módulo de rotura, temperatura en estado fresco, módulo de elasticidad teórico, experimental y el módulo de poisson teórico para cada uno de los diseños.

5. Análisis estructural sísmico de edificación perteneciente a zona de estudio: Mediante el estudio de campo se obtuvieron los planos de una edificación con alto riesgo sísmico. Sobre esta base, se realizará un modelo analítico en el software ETABS para el análisis estructural y sísmico, considerando las cargas en elementos verticales y horizontales según lo estipulado en la Norma E.020 (MVCS, 2020a). Se trabajarán tres variantes del modelo para simular los diseños de concreto ligero con adiciones de fibra de acero (0.00%, 0.75% y 1.25%). Finalmente, se compararán las derivas obtenidas con los valores de la edificación original para verificar la mitigación de la vulnerabilidad sísmica, de acuerdo con los límites establecidos por la Norma E.030 (MVCS, 2020b).
6. Diseño de elementos horizontales de estructura: Posterior al análisis sísmico, se procederá al diseño de vigas y losas aplicando concreto ligero estructural con las tres dosificaciones de fibra propuestas. Este diseño se fundamentará en los requisitos de seguridad y servicio establecidos por la Norma E.060 (MVCS, 2020c) y el código ACI 318-19 (ACI, 2022).
7. Diseño de elementos verticales de estructura: Se va a realizar el diseño de placas y columnas considerando de que el tipo de concreto que se usará en este caso seguirá siendo el convencional según el diseño original.
8. Análisis comparativo final de costos y vulnerabilidad sísmica: Con los resultados de los análisis símicos del paso 5 y los rediseños optimizados del paso 6 y 7 se procederá a cuantificar el acero y el concreto para la comparación en el presupuesto total de los cascos planteados. Para ello, se va a hacer uso de software REVIT que facilite el proceso de cuantificación y representación física de los diseños realizados. El resultado final se verá en la comparación de derivas, cuantificación de materiales y presupuesto requerido para los tres diseños de concreto ligero con distintos porcentajes de fibra de acero adicionado comparado con el diseño original.

4. Marco Teórico

El presente capitulo define y desarrolla cada uno de los conceptos que son de necesidad conocer para el desarrollo de la solución ingenieril. A lo largo de la tesis se desarrollarán los siguientes temas: Propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido, fresco, agregados ligeros y fibras de acero; Estudios de granulometría; Diseños de mezcla; análisis Sísmico estático, dinámico, modal espectral; Diseño de concreto para vigas, losas, columnas y placas. Cada uno de los conceptos abarcados sin detallados mediante normativas internacional, nacionales, estándares y teoría ingenieril.

4.1 Definiciones

A continuación, se definen todos los conceptos fundamentales que se requieren conocer para el entendimiento de la presente tesis.

4.1.1 Concreto Estructural

Según la definición dada por el MVCS (2020c), en su norma E.060, el concreto es una mezcla de cemento portland o cualquier otro tipo de material aglomerante hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Por otro lado, el concreto estructural es toda mezcla que se esté elaborando para ser utilizado en propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y en especial el concreto armado.

4.1.1.1.1 Propiedades Generales

Para el diseño de un concreto estructural, la norma E.060 (MVCS, 2020c) indica las consideraciones físicas y mecánicas que debe poseer el material como mínimo. Las restricciones que determina si el diseño puede ser aplicado en determinado elemento es la resistencia a la compresión y el asentamiento o slump.

El diseño, para cualquier concreto estructural, debe de ser como mínimo 175 kgf/cm^2 (MVCS, 2020c). No obstante, para elementos que se proyectan como parte fundamental de un sistema sismorresistente de una edificación, el Capítulo 21 menciona que es obligatorio que el diseño tenga un valor mínimo de 210 kgf/cm^2.

El asentamiento o Slump es una propiedad del concreto en estado fresco y determina su fluidez. Este posee valores mínimo y máximos recomendados dependiendo del elemento para el cual se vaya a utilizar el diseño. El ACI (2009) divide estos valores dependiendo del concreto estructural que se vaya a diseñar. En la **tabla 3** se muestra los valores de slump recomendado para varios tipos de construcción que recomienda el ACI en el estándar 211.2

para concreto estructural de peso regular, mientras que la **tabla 4** muestra los mismos valores, pero solo para diseños de concreto estructural ligero.

Tabla 3

Valores de Slump recomendados para varios tipos de construcción según ACI 211.1

Estándar	Tipos de Construcción	Slump, in.	
		Max.	Min.
ACI 211.1	Cimentaciones	3	1
	Vigas y Placas	4	1
	Columnas	4	1
	Pavimentos y Losas	3	1
	Concreto en Masa	2	1

Nota. Se puede aumentar 1 pulgada en el caso que se utilice otro tipo de consolidación que no sea vibrado. Adaptado de "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", por American Concrete Institute (ACI), 2009.

Tabla 4

Valores de Slump recomendados para varios tipos de construcción según ACI 211.2.

Estándar	Tipos de Construcción	Slump, in.	
		Max.	Min.
ACI 211.2	Vigas y Placas	4	1
	Columnas	4	1
	Losas de Entrepiso	3	1

Nota. Se puede aumentar 1 pulgada en el caso que se utilice otro tipo de consolidación que no sea vibrado. Adaptado de "Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete", por American Concrete Institute (ACI), 2004.

4.1.2 Concreto Ligero Estructural

Es concreto con agregado liviano que cumple con todas las restricciones de árido para concreto estructural y tiene una densidad de equilibrio, determinada por el ASTM C567, que no excede 1850 kgf/m3 (MVCS, 2020c)

Según ACI (2004), el concreto estructural ligero es concreto elaborado con agregados de baja densidad que tienen un peso seco al aire de no más de 1850 kg/m3 y una resistencia a la compresión a 28 días de más de 17.5 MPa.

4.1.2.1 Propiedades Físicas

Las siguientes propiedades pudieron ser identificadas y recopiladas a partir de los diversos papers anteriormente descritos en el Estado del Arte.

- **Densidad:** Una de las características más destacadas del concreto ligero es su densidad reducida, lo que lo hace significativamente más ligero que las mezclas de concreto convencionales. La densidad suele oscilar entre aproximadamente 1440 kg/m³ a 1920 kg/m³, en comparación con el rango de 2,240 kg/m³ a 2,400 kg/m³ para el concreto de peso normal (MVCS, 2020c).
- **Aislamiento Térmico**: El concreto ligero ofrece propiedades de aislamiento térmico mejoradas en comparación con el concreto convencional. El aire atrapado dentro de los agregados ligeros proporciona aislamiento natural, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde el rendimiento térmico es esencial, como en paredes y techos de edificios.
- **Acústica:** El concreto estructural ligero también posee buenas propiedades de aislamiento acústico debido a su estructura porosa y a los espacios de aire dentro de los agregados ligeros. Esto lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere aislamiento acústico o reducción de ruido.
- **Resistencia al Fuego:** El concreto ligero puede ofrecer una mayor resistencia al fuego debido a su menor conductividad térmica y a las propiedades aislantes de los agregados ligeros.
- **Durabilidad:** La durabilidad a largo plazo del concreto estructural ligero está influenciada por factores como la calidad de los agregados ligeros utilizados, el diseño de la mezcla y la exposición ambiental.

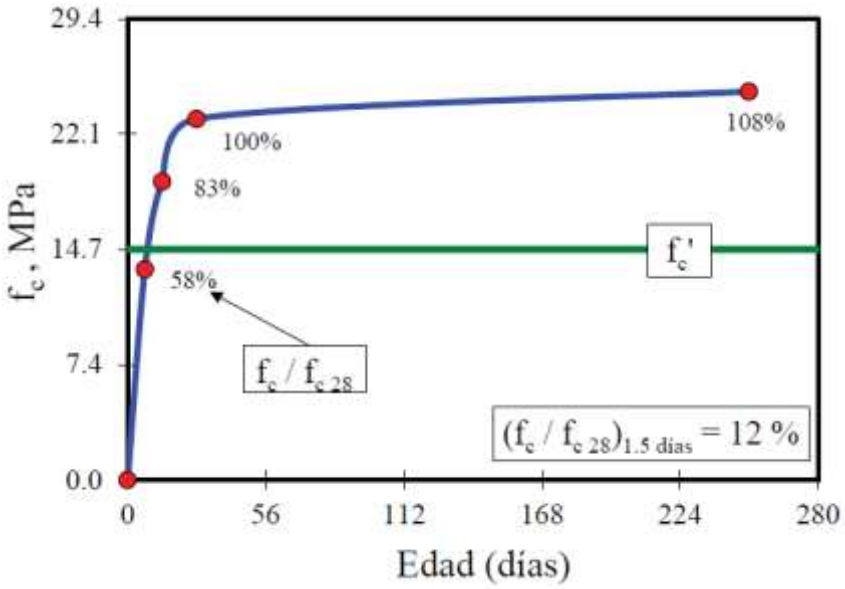
4.1.2.2 Propiedades Mecánicas

- **Resistencia a la Compresión:** A pesar de su menor densidad, el concreto estructural ligero está diseñado para mantener una resistencia a la compresión adecuada para su propósito estructural previsto. La resistencia a la compresión puede variar según el diseño de la mezcla, pero generalmente se encuentra en el rango de 14 a 41 MPa. Al momento de estudiar esta propiedad en concreto ligero, se debe de considerar que la

resistencia temprana tiende a ser más rápida que en los concreto convencionales. En la **figura 18** se muestran los resultados promedios de resistencia a la compresión según la edad de las probetas para concreto convencionales, mientras que en la **figura 19** se aprecia los mismos parámetros para un concreto ligero en el cual la curva de resistencia de diseño a los 28 es mucho es mucho más empinada y por ende los análisis de resistencia a edad temprana no deben ser iguales para ambos diseños.

Figura 18

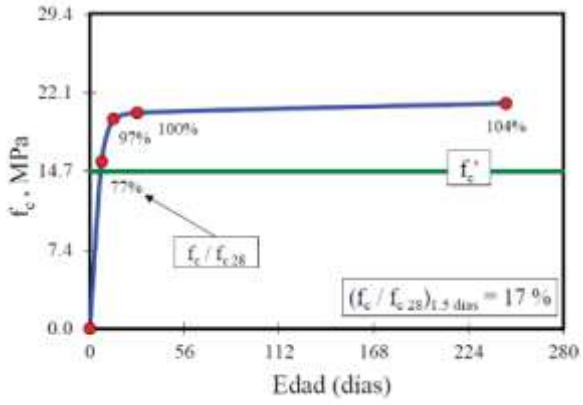
Evolución de la resistencia a compresión de concreto convencional.



Nota. De "Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo", por J. Carrillo, S. M. Alcocer y W. Aperador, 2013 (https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000200012).

Figura 19

Evolución de la resistencia a compresión de concreto ligero.

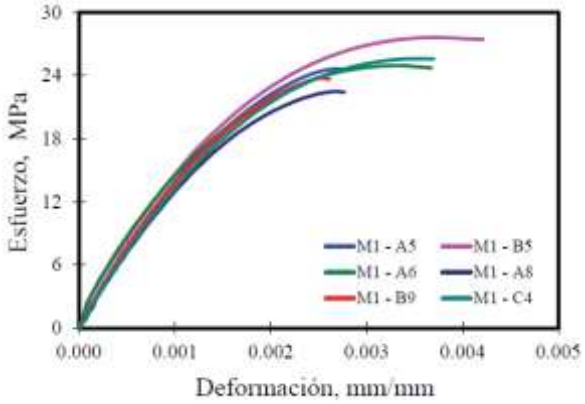


Nota. De "Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo", por J. Carrillo, S. M. Alcocer y W. Aperador, 2013 (https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000200012).

- **Resistencia a la Tracción y Flexión:** El concreto estructural ligero generalmente tiene una resistencia a la tracción más baja en comparación con su resistencia a la compresión. Por otra parte, la resistencia a la flexión también se ve perjudicada por la baja resistencia a la compresión del agregado ligero utilizado que en todos los casos tendrá propiedades mecánicas menos eficientes que un agregado convencional. Según los descrito en el Marco Teórico, la mejor forma de compensar esta falencia es la aplicación de fibras y/o el aumento en las cuantías de acero.
- **Módulo de Elasticidad y Ductilidad:** También conocido como módulo de Young, es una medida de la rigidez o la "dureza" del concreto. El concreto ligero tendrá un módulo de elasticidad más bajo en comparación con el concreto de peso normal debido a su menor densidad y su resistencia a la compresión. Esto significa que es más flexible y se deforma más bajo una carga dada. Se podría calificar al concreto ligero estructural como un material más frágil a comparación que el concreto convencional. En la **figura 20** se aprecia la curva deformación unitaria – esfuerzo de un concreto convencional, una curva que demuestra como este diseño puede deformarse mucho menos con una determinada carga que el concreto ligero de la **figura 21**. Para este último, el estudio de Carrillo et al. (2013) ha determinado un valor aproximado de 0.0025 de deformación unitaria máxima.

Figura 20

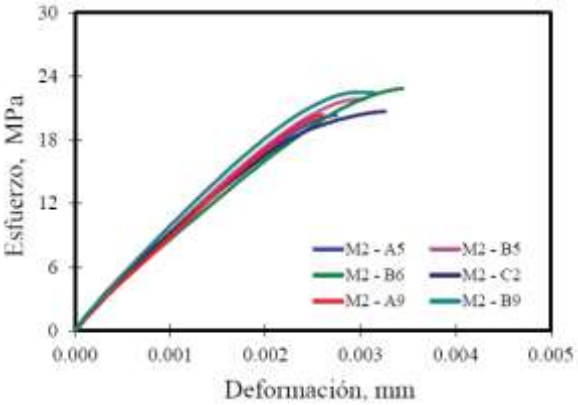
Curvas características esfuerzo-deformación del concreto en compresión de concreto convencional.



Nota. De "Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo", por J. Carrillo, S. M. Alcocer y W. Aperador, 2013 (https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000200012).

Figura 21

Evolución de la resistencia a compresión de concreto ligero.



Nota. De "Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo", por J. Carrillo, S. M. Alcocer y W. Aperador, 2013 (https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000200012).

4.1.3 Agregado Ligero

Los agregados ligeros corresponden a materiales finos o gruesos de baja densidad empleados en la elaboración de concreto estructural ligero, con el propósito de obtener una menor masa volumétrica y una resistencia a compresión limitada. Estos agregados se producen principalmente mediante procesos de expansión, calcinación o fusión incipiente de materiales inorgánicos (ASTM International, 2023a).

Este elemento a conformado sido sección recurrente en diversas investigaciones de concreto ligero estructural y es parte fundamental del diseño ya que, dependiendo de las características físicas, mecánicas y químicas de este, el nivel de calidad del concreto será definido. Existe una gran cantidad de agregados ligeros que pueden ser aplicados con fines estructurales como se aprecia en la **tabla 5** en el cual Newman y Choo (2003) han estudiado las propiedades físicas de una variedad de agregados ligeros.

Por otra parte, el ACI (2023a), en su reporte ACI213R, menciona que los agregados ligeros poseen una reducida densidad por metro cubico debido a sistema celular de poros que integran estos agregados. Los poros cercanos a la superficie son fácilmente permeables y se llenan de agua dentro de las primeras horas de exposición a la humedad, mientras que los poros interiores se llenan muy lentamente y se requieren muchos meses de inmersión para acercarse a la saturación. La **tabla 6** muestra los valores máximos de densidad que deben de tener los agregados ligeros para su uso en el diseño de concreto estructural en base a como se plantea usar estos.

Tabla 5

Agregados Livianos y Propiedades Físicas

Tipo de Agregado	Forma	Absorción de agua (%)	Densidad aparente suelta (kg/m^3)
Arcilla Expandida	Redondeada	12 - 20	350 - 500
Pizarra Expandida	Angular / irregular	10 - 15	560 - 720
Esquisto Expandido	Redondeada	12 - 14	500 - 800
Pumita	Angular / irregular	30 - 40	500 - 800
Ceniza Volante Calcinada	Redondeada	9 - 15	800 - 850

Nota. Adaptado de "Advanced Concrete Technology: Constituent Materials", por J. Newman y B. S. Choo, 2003 (https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-5686-3.X5246-X).

Tabla 6

Requisitos de densidad aparente de ACI Committee 213R-14 para agregados secos, sueltos y livianos.

Tamaño de Agregado y Grupo	Maxima Densidad (kg/m^3)
Agregado Fino	1120
Agregado Grueso	880
Combinación	1040

Nota. De "Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete. ACI PRC-213-14", por American Concrete Institute (ACI), 2023a (https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=213U14&Language=English&Units=US_AND_METRIC).

4.1.3.1 Consideraciones según Comité ACI 213R-14

Al igual que con los concretos convencionales de peso regular, existen los dos mismos factores que tiene un peso fundamental en el diseño:

- Propiedades de los agregados.

Con respecto a este último, el ACI (2023a), en su reporte ACI213R, hace referencia a las siguientes propiedades físicas y mecánicas que deben de tener los agregados ligeros para su uso estructural:

- **Forma de la Partícula y Textura**: La configuración de poros que presenta los agregados ligeros les permite que, a comparación de un diseño de concreto convencional, esté pueda emplear partículas más redondeadas como lo puede ser la arcilla expandida. Está propiedad influye en características del concreto fresco y endurecido tales como la trabajabilidad, el bombeo, la relación agregado fino-grueso, el requerimiento de agua para la mezcla y la cantidad de aglutinante a utilizar.
- **Densidad relativa:** El ACI (2023a) señala que la densidad relativa en agregados livianos es inversamente proporcional al tamaño de la partícula, alcanzando valores superiores en los finos. Generalmente, estos agregados poseen una densidad equivalente a un tercio o dos tercios de la de un agregado convencional; no obstante, valores inferiores a este rango podrían demandar un mayor contenido de cemento para garantizar la resistencia de diseño, afectando potencialmente la densidad final del concreto.
- **Granulometría:** Según el estándar ASTM International (2023a), en su reporte ASTM C330, la granulometría del agregado grueso ligero debe de estar dentro del rango presentado en la **tabla 7** para poder ser aplicado en el diseño de concreto ligero estructural. Dependiendo del TMN del agregado, la gradación del árido debe de ser evaluado.

Tabla 7

Requisitos de Granulometría de Agregados Livianos para Concreto Estructural

Designación de Tamaño Nominal	Porcentaje (Masa) que Pasa Tamices con Aberturas Cuadradas									
	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	300 µm (N°50)	150 µm (N°100)	75 µm (N°200)
Agregado fino:										
4.75 mm a 0	…	…	…	100	85-100	…	40-80	10-35	5-25	…
Agregado grueso:										
25.0 mm a 4.75 mm	95-100	…	25-60	…	0-10	…	…	…	…	0-10
19.0 mm a 4.75 mm	100	90-100	…	10-50	0-15	…	…	…	…	0-10
12.5 mm a 4.75 mm	…	100	90-100	40-80	0-20	0-10	…	…	…	0-10
9.5 mm a 2.36 mm	…	…	100	80-100	5-40	0-20	0-10	…	…	0-10
Agregado combinado de fino y grueso:										
12.5 mm a 0	…	100	95-100	…	50-80	…	…	5-20	2-15	0-10
9.5 mm a 0	…	…	100	90-100	65-90	35-65	…	10-25	5-15	0-10

Nota. Adaptado de “Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete (ASTM C330/C330M-23)”, por ASTM International, 2023a (https://store.astm.org/c0330_c0330m-23.htm).

- **Densidad Aparente Seca Suelta:** El estándar ASTM, dependiendo de si se usará agregado fino o agregado grueso ligero, la **tabla 8** establece las densidades secas máximas que se debe de tener en cuenta.

Tabla 8

Requisitos de Granulometría de Agregados Livianos para Concreto Estructural

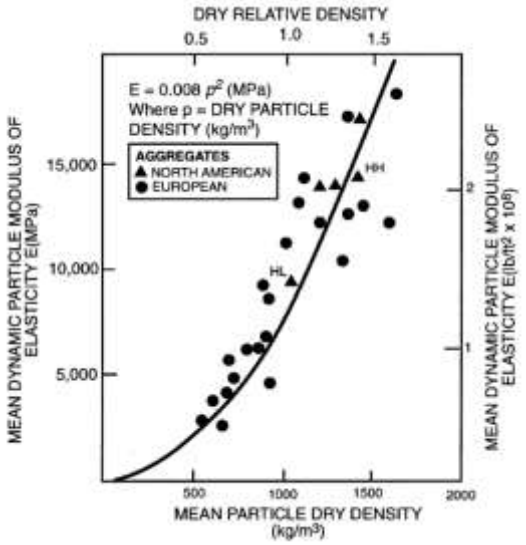
Designación de Tamaño Máximo	**Máxima Densidad Aparente Seca Suelta kg/m^3 (lb/ft^3)**
Agregado fino	1120 (70)
Agregado grueso	880 (55)
Agregado combinado de fino y grueso	1040 (65)

Nota. Adaptado de "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete (ASTM C330/C330M-23)", por ASTM International, 2023a (https://store.astm.org/c0330_c0330m-23.htm).

- **Resistencia a la Compresión - Elasticidad:** La resistencia a la compresión y la elasticidad del concreto dependen de gran manera de las propiedades mecánicas del agregado. En este caso, la elasticidad de las partículas está directamente influenciada según la densidad seca del agregado. En la **figura 22** se puede apreciar como la elasticidad del agregado aumenta mientras más densidad posea en relación con la formula $E = 0.008\rho^2\ (MPa)$ donde la variable es la densidad seca.

Figura 22

Relación entre la densidad media de partículas y el módulo dinámico medio de elasticidad de las partículas de agregados livianos.



Nota. De "State-of-the-Art Report on High-Strength, High-Durability Structural Low-Density Concrete for Applications in Severe Marine Environments", por T. A. Holm y T. W. Bremner, 2000 (https://www.researchgate.net/publication/237475731).

4.1.4 Fibra de Acero

4.1.4.1 Propiedades

En este punto se hace referencia a lo indicado por el ACI (2023b), en su reporte de 544.1R, en el cual señala el uso de la fibra de acero, mencionando así que tiene una alta resistencia y módulo de elasticidad, está protegida contra la corrosión por el ambiente alcalino de la matriz cementicia y su adherencia a la matriz puede ser mejorada por anclaje mecánico o rugosidad superficial.

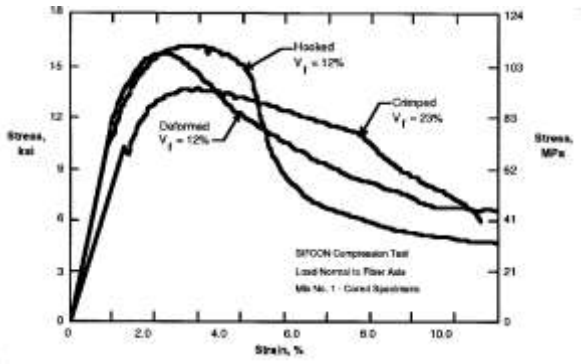
El uso de fibras de acero inoxidable puede ser necesario en aplicaciones refractarias de alta temperatura o ambientes potencialmente corrosivos. El ASTM International (2022), en su reporte ASTM A 820 de especificaciones para el uso de fibras de acero en concreto armado, establece los requisitos mínimos de resistencia a la tracción y flexión para las fibras de acero, así como las tolerancias para la longitud, diámetro (o diámetro equivalente) y relación de aspecto.

Estos valores que debe cumplir la fibra de acero son que la resistencia a la tracción requerido por ASTM A 820 es de 50,000 psi (345 MPa), mientras que el requisito de la especificación JSCE es de 80,000 psi (552 MPa).

La reacción que tienen ante la exposición de temperatura y entornos corrosivos responden de manera distinta como muestra la **figura 23**, tomando en cuenta las aplicaciones que se deben tomar en cuanta al uso de estas fibras.

Figura 23

Efectos típicos del tipo de fibra en la curva tensión-deformación compresión



Nota. De “Stress-strain Properties of SIFCON in Uniaxial Compression and Tension”, por A. E. Naaman y J. R. Homrich, 1987.

4.1.4.2 Tipos

El ASTM International (2022), en su reporte ASTM A 820 de especificaciones para el uso de fibras de acero en concreto armado, clasificándolo para cuatro tipos generales de fibras de acero basados en el producto utilizado en su fabricación:

- Tipo I: alambre estirado en frío.
- Tipo II: alambre estirado en caliente.
- Tipo III: alambre trefilado
- Tipo IV: otras fibras

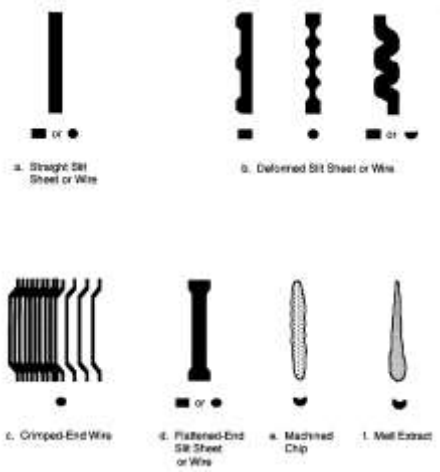
Por otra parte, la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (JSCE) ha clasificado las fibras de acero en función de la forma de su sección transversal:

- Tipo 1: sección cuadrada.
- Tipo 2: sección circular.
- Tipo 3: sección de medialuna.

Estas secciones se ven con mayor claridad en la **figura 24** las distintas formas que toma el alambre a las diferentes maneras de producción. Como viene a ser las secciones que van de 0.006 a 0.025 pulgadas de espesor con 0.010 a 0.080 pulgadas de ancho (**figura 24.a**), fibras de acero onduladas y deformadas (**figura 24.b**), los haces separados en figuras iguales (**figura 24.c**), longitud doblada o agrandada en los extremos (**figura 24.d**), fibras con superficie rugosa con una sección de medialuna (**figura 24.e**), con superficie irregular con sección de medialuna (**figura 24.f**).

Figura 24

Diversas secciones o geometrías de fibra de acero



Nota. Adaptado de "ACI PRC-544.1R-96: Report on Fiber Reinforced Concrete", por American Concrete Institute (ACI), 2023b (https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=544196&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC).

La composición de las fibras de acero generalmente incluye acero al carbono (o acero de bajo carbono, a veces con constituyentes de aleación) o acero inoxidable.

4.1.4.3 Ventajas de Aplicación

Al hacer uso de este material en el concreto tiene distintas ventajas, entre estas incluye:

- Mejora la resistencia a la tracción y la tenacidad del concreto.
- Reduce la fisuración y el agrietamiento del concreto.
- Mejora la resistencia a la fatiga y la durabilidad del concreto.
- Reduce la necesidad de acero de refuerzo convencional.

- Facilita la construcción y reduce los costos de mano de obra.
- Permite la construcción de elementos estructurales más delgados y livianos.
- Mejora la resistencia al impacto y la resistencia al fuego del concreto.
- Reduce la permeabilidad del concreto y mejora su resistencia a la corrosión.
- Permite la construcción de elementos estructurales más resistentes a los terremotos.

En general, la fibra de acero puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto, lo que la hace adecuada para una amplia variedad de aplicaciones estructurales y no estructurales.

4.1.5 Diseño de Mezcla

Según el ACI (2022), el diseño de mezcla es un proceso en el cual se determinar la proporción adecuada para la producción de concreto según parámetros de resistencia y/o durabilidad. Existen diversos tipos de diseños que tienen un enfoque personalizado en otros aspectos del diseño. Para el diseño de mezcla de concreto convencional, el ACI proporciona el método 211.1. La **figura 25** muestra un diagrama resumen del proceso para realizar el método ACI 211.1.

Figura 25

Resumen gráfico de método ACI 211.1.



Nota. La presente es una adaptación propia y resumida del método propuesto ACI 211.1. Adaptado de "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91).", por American Concrete Institute (ACI), 2009 (Https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211191).

4.1.5.1 Descripción de Método ACI 211.2

Existen diversos métodos para la realización del diseño de mezcla de concreto, cada uno de ellos dirigidos específicamente a una característica que el diseñador desea priorizar.

En el caso del concreto ligero estructural, el comité ACI publicó en el año 1998 el documento de practica estándar para el diseño de mezcla de este elemento: El ACI 211.2-98. El propósito de aquel estándar es el de proporcionar una secuencia normalizada de pasos a seguir para el correcto diseño de un concreto ligero con finalidad estructural (ACI, 2004).

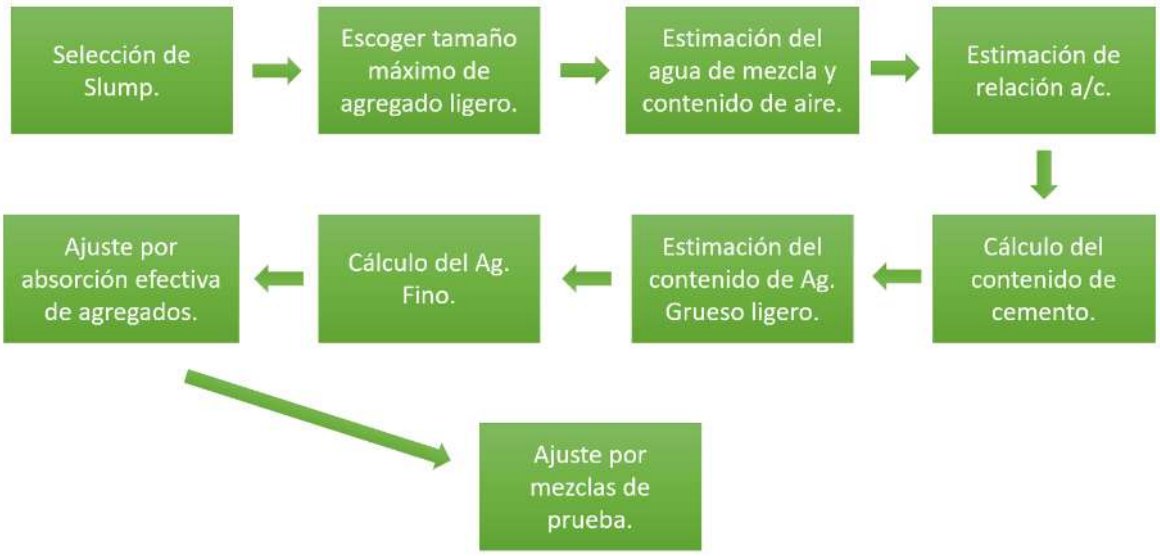
El estándar brinda 2 métodos para poder realizar el diseño: Método 1 (Método del peso) y Método 2 (Método del Volumétrico). A continuación, se describirá paso a paso la aplicación del método 1:

- Elección del slump
- Determinación de tamaño máximo nominal de concreto ligero.
- Estimación de agua de mezcla y contenido de aire.
- Selección aproximada de relación agua/cemento
- Cálculo de contenido de cemento.
- Estimación de agregado grueso ligero.
- Estimación de agregado fino (ligero o convencional)
- Ajustes por humedad y adición de aditivos.

En la **figura 26** se presenta un esquema grafico con los pasos a seguir:

Figura 26

Resumen gráfico de método ACI 211.2.



Nota. La presente es una adaptación propia y resumida del método propuesto ACI 211.2. Adaptado de "Standard practice for selecting proportions for structural lightweight concrete (ACI 211.2-98)", por American Concrete Institute (ACI), 2004 (https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211298&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_Units).

4.1.6 Análisis Sísmico

4.1.6.1 Análisis Estático

El análisis sísmico estático, también llamado método de fuerza lateral equivalente, es una técnica simplificada utilizada para estimar las fuerzas sísmicas que actúan sobre una estructura. Se basa en suponer que la fuerza del sismo se puede representar como una fuerza lateral distribuida a lo largo de la altura de la edificación.

Antes de iniciar el análisis, se debe contar con:

- El modelo estructural de la edificación.
- Datos de cargas gravitacionales, en este caso, Norma E.020
- Zonificación sísmica según normativa local.
- Tipo de suelo.
- Uso de la edificación (residencial, comercial, hospitalario, etc)

- Normativa técnica aplicable, en este caso. Norma E.030.

A continuación, se describirá los lineamientos fundamentales que establece la **norma peruana E.030, Diseño Sismorresistente** (MVCS, 2020b), que se han aplicado para el desarrollo de la presente investigación.

Como primer calculo se debe de determinar el "Peso Sísmico", sumando peso propio de los elementos, cargas muertas permanentes y sobrecargas. Además de tener en cuenta la categoría de la edificación para determinar el porcentaje de sobrecarga que considerará el peso sísmico. Para más detalle, leer la norma E.030, artículo 26.

La determinación del coeficiente sísmico, o coeficiente de cortante basal estático se calcula a partir de los parámetros de peligro sísmico de zonificación descritos del articulo 10 al artículo 23 de la normativa peruana E.030 (MCVS, 2020b). A continuación, se recopila algunas tablas y gráficos relevantes para el cálculo realizado en el desarrollo de la presente tesis.

La **figura 27** muestra las zonas sísmicas del Perú según la susceptibilidad que tienen a sufrir daños por sismos.

Figura 27

Mapa de distribución de Zonas Sísmicas.



Nota. Adaptado de "E.030: Diseño Sismorresistente", por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2020b (https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view).

4.1.6.2 Análisis Dinámico Modal Espectral

El análisis dinámico modal espectral es un procedimiento que permite evaluar la respuesta de una estructura frente a una excitación sísmica idealizada mediante un espectro de respuesta sísmica. Este método se basa en la teoría de vibraciones de múltiples grados de libertad y consiste en:

- Determinar los modos naturales de vibración (formas modales y frecuencias propias).
- Obtener la respuesta espectral modal para cada modo a partir del espectro de diseño para cada eje de análisis.
- Combinar dichas respuestas modales mediante métodos estadísticos como SRSS (Square Root of the Sum of Squares), CQC (Complete Quadratic Combination) o el método "E.030" indicado por la norma peruana del mismo nombre.

Este análisis considera la distribución dinámica de masas, rigideces y amortiguamiento, lo que lo convierte en una herramienta más representativa del comportamiento real de una estructura frente a eventos sísmicos.

4.1.6.2.1 Condiciones de uso obligatorio

El análisis modal espectral es **obligatorio** en los siguientes casos:

- Edificaciones con más de 7 pisos o más de 20 metros de altura.
- Estructuras con irregularidades significativas, tanto en planta como en elevación.
- Edificaciones ubicadas en zonas sísmicas 3 o 4 del territorio peruano.
- Proyectos de infraestructura crítica, hospitales, colegios, entre otros, según su categoría de ocupación.

4.1.6.2.2 Modelamiento y obtención de modos

La norma exige considerar un número suficiente de modos de vibración que represente al menos el 90% de la masa modal efectiva en cada dirección principal. Además, se debe asegurar un modelo estructural representativo del sistema resistente, incluyendo las rigideces reales y la interacción suelo-estructura cuando sea relevante.

4.1.6.2.3 Espectro de diseño

El espectro de diseño sísmico especificado por la norma peruana E.030 depende de:

- Zona sísmica (1 a 4).

- Tipo de suelo (S1 a S5), conforme a sus propiedades geotécnicas.
- Categoría de uso de la edificación (A, B, C, D).
- Factor de reducción de respuesta (R) y el coeficiente de zona (Z).

Este espectro se utiliza para calcular la aceleración espectral asociada a cada modo vibracional.

$$S_d(T) = \frac{S \cdot S_e(T) \cdot g}{R/U} \dots en\ m/s^2 \dots (E1)$$

El factor de zona sísmica S.

- Depende de la ubicación en el Perú.
- Valores típicos: 0.10; 0.25; 0.30 o 0.45

Factor de amplificación espectral $S_e(T)$, define la forma del espectro y depende del periodo T:

$$S_e(T) = \begin{cases} 1 + 1.5\dfrac{T}{T_o} & 0 \le T \le T_o \\ 2.5 & T_o < T \le T_P \\ 2.5\dfrac{T_P}{T} & T_P < T \le T_L \\ 2.5\dfrac{T_P T_L}{T^2} & T > T_L \end{cases}$$

Otros factores:

- g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).
- R: factor de reducción por ductilidad (3 a 8, depende del sistema estructural).
- U: factor de sobre resistencia (≈ 1).

El espectro de diseño en la **figura 28**, para cada período fundamental *T* de vibración (segundos), la aceleración máxima de respuesta que experimentaría un sistema elástico con cierta ductilidad (R) durante un sismo.

Ejes del gráfico vienen siendo:

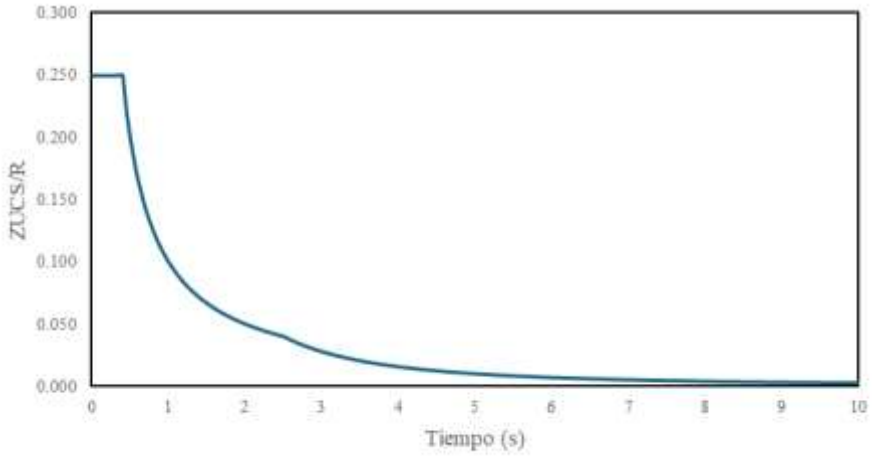
- Eje horizontal (x): Período *T* (segundos).
- Eje vertical (y): Aceleración espectral $S_d(T)$ (normalmente en fracciones de g, o en m/s²).

El espectro de diseño te indica la demanda sísmica que la estructura debe resistir para cada modo o período de vibración.

- Para edificios rígidos (T pequeño): experimentan grandes aceleraciones.
- Para edificios flexibles (T grande): menor aceleración, pero mayor desplazamiento.

Figura 28:

Gráfica representativa del espectro de aceleración en el Eje X



Para usarlo en diseño (no elástico), se reduce usando el factor de ductilidad *R*:

- Revisar ecuación (*E*1)

4.1.6.2.4 Combinación modal

Para combinar las respuestas de los distintos modos, la norma permite:

- El método SRSS, cuando los períodos modales no están próximos.
- El método CQC, recomendado cuando existen modos cercanos en frecuencia (diferencia menor al 10%).
- Método de la Norma E.030.

En ambos casos, se obtiene una respuesta global de fuerzas internas y desplazamientos para efectos del diseño estructural.

4.1.6.2.5 Amplificación de cargas dinámicas

La norma peruana E.030 establece que la base cortante obtenida del análisis modal espectral debe compararse con el valor obtenido por el método estático equivalente. Si la base cortante

espectral es menor al 80% de la obtenida por el método estático, debe multiplicarse por un factor de ajuste hasta alcanzar este umbral para edificaciones regulares, mientras que la norma indica que debe ser menor a un 90% para irregulares.

Esta amplificación solamente se aplica para las cargas sísmicas laterales en ambas direcciones más no para los valores de desplazamiento al momento de hacer un análisis de derivas.

4.1.7 Diseño de Concreto Armado

La Norma E.030 establece que la base cortante obtenida del análisis modal espectral debe compararse con el valor obtenido por el método estático equivalente. Si la base cortante espectral es menor al 80% de la obtenida por el método estático, debe multiplicarse por un factor de ajuste hasta alcanzar este umbral para edificaciones regulares, mientras que la norma indica que debe ser menor a un 90% para irregulares.

Esta amplificación solamente se aplica para las cargas sísmicas laterales en ambas direcciones más no para los valores de desplazamiento al momento de hacer un análisis de derivas.

4.1.7.1 Diseño de Vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales diseñados para resistir cargas transversales mediante flexión, cortante y torsión. En estructuras de concreto armado, su diseño debe garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad bajo las solicitaciones previstas. En el Perú, el diseño de vigas se rige por la norma E.060**,** la cual establece los requisitos mínimos para el análisis, dimensionamiento y armado estructural.

4.1.7.1.1 Consideraciones generales del diseño

Según la Norma E.060, el diseño de vigas debe contemplar los siguientes aspectos:

- Resistencia y estabilidad estructural ante cargas permanentes, variables y sísmicas.
- Compatibilidad con el sistema estructural, considerando continuidad, apoyos y traslapes.
- Control de deformaciones y fisuración, para garantizar funcionalidad y durabilidad.
- Capacidad de ductilidad, especialmente en zonas sísmicas conforme a la Norma E.030 (MVCS, 2020b)

4.1.7.1.2 Cálculo

4.1.7.1.2.1 Estados límites

El diseño se realiza utilizando el método de resistencia última, considerando:

- Estado límite último (ELU): para asegurar la resistencia estructural.
- Estado límite de servicio (ELS): para controlar deflexiones y fisuración.

4.1.7.1.2.2 Factores de carga

Según la E.060, el diseño a flexión y cortante se realiza combinando las cargas con factores de carga como:

- 1.4*CM + 1.7*CV…(E2)
- 1.25(CM+CV)+CS…(E3)
- 1.25(CM+CV)-CS…(E4)
- 0.9CM+CS…(E5)
- 0.9CM-CS…(E6)
- 1.25(CM+CV+CS) …(E7)
- 1.25(CM+CV-CS) …(E8)
- 0.9CM+1.25CS…(E9)
- 0.9CM-1.25CS…(E10)

4.1.7.1.3 Diseño a flexión

4.1.7.1.3.1 Momento nominal resistente

El **momento nominal resistente** de una viga se calcula según la ecuación:

$$M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots en\ kN.m \dots (E11)$$

Donde:

- A_s: área de acero de refuerzo a tensión
- f_y: resistencia del acero
- d: altura útil de la sección
- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$: profundidad del bloque de compresión
- ϕ: factor de reducción de resistencia (0.9 en flexión)

4.1.7.1.3.2 Condiciones mínimas

- El **refuerzo mínimo** en flexión debe cumplir con:

$$A_{smín} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} \cdot b \cdot d \ldots en\ mm^2 \ldots (E12)$$

- El **refuerzo máximo** se limita para asegurar un comportamiento dúctil:

$$\rho_{máx} \leq 0.5 \cdot \rho_{bal}$$

- Si los cálculos de acero de refuerzo exceden el valor máximo permitido se debe realizar un diseño por compresión para vigas doble mente reforzadas.

4.1.7.1.4 Diseño a cortante

4.1.7.1.4.1 Resistencia del concreto y refuerzo transversal

La resistencia nominal al corte se calcula como:

$$V_n = V_c + V_s \ldots en\ kN \ldots (E13)$$

Donde:

- V_c: resistencia del concreto
- V_s: resistencia del acero transversal (estribos)

$$V_c = 0.53 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \ldots en\ kN \ldots (E14)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \ldots en\ kN \ldots (E15)$$

- λ: factor de modificación por concreto ligero
- $\lambda = 1.0\ (concreto\ normal)$
- $\lambda = 0.75\ (concreto\ ligero\ en\ todos\ sus\ componentes)$
- $\lambda = 0.85\ (concreto\ ligero\ con\ arena\ de\ peso\ normal)$
- A_v: área de acero por rama de estribo
- s: espaciamiento entre estribos

El factor de reducción para corte (∅) es 0.85.

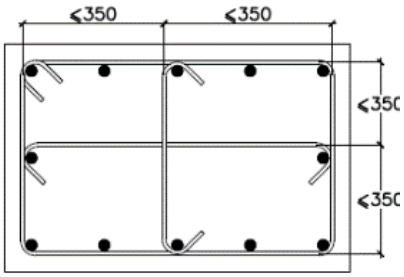
4.1.7.1.4.2 Requisitos de estribos

- Deben colocarse estribos mínimos incluso si el corte es bajo.

- En zonas sísmicas, se deben usar estribos cerrados con ganchos de 135° y separación máxima limitada.
- Los estribos no pueden tener un espaciamiento mayor a 350mm medido desde el eje entre cada refuerzo, como se aprecia en la **figura 29**.

Figura 29

Distancia máxima entre ramas del refuerzo transveral



Nota. De "Norma E.060: Concreto Armado.", por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2020c (https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view).

4.1.7.1.5 Control de deflexiones y fisuración

- La E.060 exige el control de deflexión a largo plazo, considerando fluencia y retracción.
- Se establecen límites de espaciamiento de barras y recubrimientos mínimos para controlar fisuración.

4.1.7.1.6 Control de deflexiones y fisuración

- En zonas sísmicas (zonas 3 y 4), las vigas deben diseñarse con capacidad de formación de rótulas plásticas dúctiles.
- Se exige el cumplimiento del principio de diseño por capacidad: las columnas deben ser más resistentes que las vigas en sus extremos.
- Se deben usar doble capa de acero longitudinal, confinamiento en nudos y anclaje adecuado.

4.1.7.1.7 Diseño por deflexión

El control de deflexiones en vigas es fundamental para asegurar la funcionalidad, confort y durabilidad de la estructura. Para ello se emplea el uso de la norma E.060 con los artículos referentes a esto que establecen los procedimientos y criterios para verificar que las

deformaciones sean compatibles con el uso y no produzcan daños a elementos no estructurales (muros, tabiques, acabados).

4.1.7.1.7.1 Deflexión inmediata

La deflexión inmediata corresponde a la deformación elástica inmediata bajo cargas permanentes y variables aplicadas. Se calcula mediante fórmulas de elasticidad, considerando el módulo de elasticidad del concreto reducido por el efecto de fisuración y la redistribución de esfuerzos.

El módulo de elasticidad del concreto se obtiene como:

$$E_C = 1500\sqrt{f'c} \qquad \text{…(donde } f'c \text{ se expresa en kg/cm²)…(E16)}$$

El momento de inercia efectivo I_e se determina para tener en cuenta la fisuración, y se calcula como:

$$I_e = \frac{{M_{cr}}^3}{{M_s}^3} I_g + \left(1 - \frac{{M_{cr}}^3}{{M_s}^3}\right) I_{cr} \dots en\ cm^4 \dots (E17)$$

Donde:

- M_{cr}: momento de agrietamiento.
- M_s: momento máximo de servicio.
- I_g: momento de inercia bruto.
- I_{cr}: momento de inercia de la sección fisurada.

4.1.7.1.7.2 Deflexión diferida (fluencia)

La deflexión diferida o adicional se debe a la fluencia del concreto bajo cargas permanentes (cargas muertas y parte de la carga viva sostenida).

Se estima aumentando la deflexión inmediata debido a carga sostenida por un factor de fluencia, generalmente entre 2 y 3, dependiendo del tiempo de aplicación de la carga y las condiciones de humedad.

4.1.7.1.7.3 Límites máximos de deflexión

De acuerdo con los artículos 961 y siguientes, las deflexiones máximas permitidas son:

$$\delta \leq \frac{l}{240} \dots en\ mm\ o\ cm \dots (E18)$$

Donde:

- δ: deflexión total bajo la combinación de carga de servicio.
- l: luz libre de la viga.

Adicionalmente, para evitar daños en acabados, se recomienda limitar la deformación adicional después de colocar tabiques y acabados a:

$$\delta_a \leq \frac{l}{480} \dots en\ mm\ o\ cm \dots (E19)$$

4.1.7.1.7.4 Verificación simplificada (Art. 9.6.2)

Como alternativa al cálculo detallado, la norma permite verificar la deflexión mediante la relación luz/altura efectiva las cuales se muestran en la **tabla 9**, siempre que se cumpla con condiciones mínimas de rigidez.

Tabla 9

Espesor mínimo de vigas no preesforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones

Tipo de viga	Espesor mínimo, h
Vigas simplemente apoyadas	L/16
Vigas continuas	L/18.5
Vigas ambos extremos continuos	L/21
En voladizo	L/8

Nota. De "Norma E.060: Concreto Armado.", por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2020c (https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view).

4.1.7.1.7.5 Consideraciones finales

- Se deben considerar los efectos de la fisuración y redistribución de esfuerzos.
- En vigas muy esbeltas o con cargas importantes, se recomienda hacer el cálculo detallado, especialmente para edificios de varios niveles.
- La limitación de deflexión es un requisito de servicio, no de resistencia última.

4.1.7.1.7.6 Resumen (Fórmula básica)

$$\delta = \frac{5wl^4}{384E_cI_e} (para\ viga\ simplemente\ apoyada\ con\ carga\ uniforme \dots (E20)$$

Donde:

- w: carga distribuida de servicio (kg/cm).
- l: luz libre (cm).
- E_c: módulo de elasticidad del concreto (kg/cm²).
- I_e: momento de inercia efectivo (cm⁴).

4.1.7.2 Diseño de Losas Aligeradas

Las **losas aligeradas** son elementos estructurales de concreto armado que se caracterizan por incluir elementos de aligeramiento (bloques de poliestireno expandido, ladrillo o similares) en las zonas donde el concreto no contribuye significativamente a la resistencia estructural. Su función principal es transmitir las cargas gravitacionales hacia las vigas y

columnas, y formar parte del sistema resistente frente a cargas laterales cuando son diafragmas rígidos.

4.1.7.2.1 Tipos de losas aligeradas

Según la forma de trabajo y disposición estructural, las losas aligeradas pueden clasificarse en:

- Losas unidireccionales: transmiten cargas principalmente en una sola dirección.
- Losas bidireccionales: trabajan en dos direcciones perpendiculares, y distribuyen las cargas en ambas.

En ambos casos, el aligeramiento se dispone en las zonas de concreto no funcionales a flexión, sin comprometer la resistencia ni la rigidez de la losa.

4.1.7.2.2 Criterios de diseño según la E.060

El diseño de losas aligeradas debe cumplir con:

- Método de resistencia última (diseño por estados límite).
- Cargas mayoradas: según combinaciones de carga de la norma peruana E.020 (MVCS, 2020a)
- Verificación de flexión, cortante, fisuración y deflexión.

4.1.7.2.2.1 Cargas consideradas

- Carga muerta: peso propio del concreto, aligerantes, recubrimientos, tarrajeo, instalaciones.
- Carga viva: según el uso de la edificación, por ejemplo: 200 kg/m² para vivienda.

4.1.7.2.3 Geometría y detalles constructivos mínimos

Para losas aligeradas:

- Espesor mínimo
    - 1/25 de la luz libre para losas simplemente apoyadas.
    - 1/30 de la luz libre para losas continuas.
    - Espesor mínimo absoluto: 10 cm (zona maciza).
- Ancho de nervio mínimo: 10 cm
- Separación máxima entre nervios: 75 cm.
- Recubrimiento mínimo del acero inferior: 2.0 cm (interior) o 2.5 cm (expuesto).

4.1.7.2.4 Diseño a flexión

4.1.7.2.4.1 Sección efectiva

El cálculo de resistencia a flexión se basa solo en el **nervio** de concreto armado. Se usa la fórmula:

$$M_n = \emptyset \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots en\ N.mm \dots (E21)$$

Donde:

- A_s: área de acero longitudinal.
- f_y: resistencia del acero.
- d: altura útil del nervio.
- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$: profundidad del bloque de compresión en mm.
- ϕ: factor de reducción de resistencia (0.9 en flexión)

4.1.7.2.4.2 Refuerzo mínimo

La norma E.060 establece:

$$A_{smín} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} \cdot b \cdot d \dots en\ mm^2 \dots (E22)$$

Este valor asegura que se controle la fisuración y que haya un mínimo de ductilidad.

4.1.7.2.4.3 Diseño a cortante

El diseño a corte se basa en la resistencia del concreto del **nervio**:

$$V_c = 0.53 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \dots en\ kN \dots (E23)$$

- $\lambda = 1.0\ (concreto\ normal)$
- $\lambda = 0.75\ (concreto\ ligero\ en\ todos\ sus\ componentes)$
- $\lambda = 0.85\ (concreto\ ligero\ con\ arena\ de\ peso\ normal)$

Si el esfuerzo cortante supera esta capacidad, deben colocarse estribos verticales en el nervio, diseñados mediante:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

- A_v: área del estribo por nervio.

- s: espaciamiento máximo permitido, limitado por norma a 3d o 45 cm.

4.1.7.2.5 Refuerzo de temperatura y retracción

En losas aligeradas se deben colocar **varillas superiores y transversales** para controlar la fisuración por retracción y temperatura:

- Acero mínimo:

$$A_{s,min} = 0.0018 \cdot b \cdot t \ldots en\ mm^2 \ldots (E24)$$

- Disposición: mallas de acero de 3/8" o 1/2" con separación ≤ 25 cm.

4.1.7.2.6 Requisitos sísmicos según la E.030

- Las losas deben funcionar como diafragmas rígidos cuando estén conectadas adecuadamente con vigas y muros.
- Se recomienda mantener zonas macizas alrededor de columnas, muros y perímetros para transmitir fuerzas inerciales.

4.1.7.2.7 Control de deflexiones y fisuración

- Se debe verificar que la deflexión total (a corto y largo plazo) no supere L/480.
- Puede usarse el control indirecto por relación espesor/luz, o cálculo de flechas considerando fluencia y retracción.
- En caso la deflexión máxima permitida se vea superada en el diseño, se debe hacer uso de las contra flechas en su ejecución en obra.

4.1.7.3 Diseño de Losas Macizas

Las losas macizas son elementos estructurales planos que transmiten las cargas principalmente por flexión a las vigas y columnas. Según el ACI (2022), en el estándar ACI 318-19, las losas macizas pueden ser diseñadas como losas unidireccionales o bidireccionales, dependiendo de la relación entre sus luces.

Una losa se considera unidireccional si la relación entre la luz mayor l_y y la luz menor l_x es mayor o igual a 2. Si la relación es menor, la losa trabaja como bidireccional, distribuyendo la carga en ambas direcciones.

4.1.7.3.1 Espesor mínimo

El espesor mínimo de las losas macizas debe cumplir con requisitos de esbeltez para controlar la deflexión. Por ejemplo:

- Losa simplemente apoyada:

$$h \geq \frac{l}{20} \dots en\ mm \dots (E25)$$

- Losa en un borde empotrada y en el otro apoyada:

$$h \geq \frac{l}{24} \dots en\ mm \dots (E26)$$

- Losa con ambos bordes empotrados:

$$h \geq \frac{l}{28} \dots en\ mm \dots (E27)$$

- Voladizos:

$$h \geq \frac{l}{10} \dots en\ mm \dots (E28)$$

Donde l es la luz libre menor entre apoyos.

4.1.7.3.2 Análisis de cargas

Las cargas que actúan sobre la losa son:

$$w = CM + CV \dots kN/m^2 \dots (E29)$$

Donde:

- CM= carga muerta (peso propio de la losa, acabados, instalaciones, etc.).
- CV = carga viva.

La carga muerta de la losa incluye su peso propio, estimado como:

$$w_p = t \cdot \gamma_c \dots kN/m^2 \dots (E30)$$

Siendo:

- t = espesor de la losa (m).
- γ_c =peso volumétrico del concreto.

4.1.7.3.3 Análisis estructural

Para losas unidireccionales, se considera que trabajan como vigas por metro de ancho, calculando momentos flectores:

- Losas simplemente apoyadas:

$$M_u \geq \frac{w_u l^2}{8} \dots en\ kN.m \dots (E31)$$

- Losa continua (momento negativo en apoyo):

$$M_u \geq \frac{w_u l^2}{12} \dots en\ kN.m \dots (E32)$$

- Losa continua (momento positivo en centro):

$$M_u \geq \frac{w_u l^2}{16} \dots en\ kN.m \dots (E33)$$

Donde w_u es la carga de diseño factorizada:

$$w_u = (E2)$$

4.1.7.3.4 Diseño a flexión

Se verifica la resistencia última:

$$\phi M_n \geq M_u$$

Donde:

- $\emptyset = 0.9$: factor de reducción en flexión
- $M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots en\ N.mm \dots (E34)$
- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b} \dots en\ mm \dots (E35)$

El área de acero requerida:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \dots en\ mm^2 \dots (E36)$$

Siendo:

- $f'c$: resistencia del concreto (MPa)
- $f_y = límite\ de\ fluencia\ del\ acero$
- d = altura efectiva de la losa (aprox. h−2 cm).

4.1.7.3.5 Cuantía mínima de refuerzo

El ACI 318 exige que el área mínima de acero sea:

$$A_{s,mín} = max\left(\frac{3\sqrt{f'c}}{f_y} bd, 1.4\frac{bd}{f_y}\right) \dots mm^2 \dots (E37)$$

4.1.7.3.6 Verificación de la cortante

La resistencia al cortante de la losa se verifica para que:

$$\phi V_c \geq V_u \dots en\ kN\ o\ N$$

Usualmente, las losas macizas no requieren estribos, ya que la resistencia del concreto V_c suele ser suficiente:

$$V_c = 0.17\sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \dots en\ kN\ o\ N \dots (E38)$$

4.1.7.3.7 Control de deflexión

Se revisa la flecha máxima de servicio. Puede controlarse mediante el espesor mínimo (artículos 9.5.2 y 24.2 del ACI), o se realiza un cálculo detallado de la flecha bajo cargas de servicio.

4.1.7.3.8 Detallado y distribución del refuerzo

- El acero principal se coloca en la dirección de menor luz para losas unidireccionales.
- Se deben respetar las separaciones máximas:

$$Espaciamiento \leq min(3h, 450\ mm)$$

- Se exige acero negativo sobre los apoyos en losas continuas.

El diseño de losas macizas, continuando con lo descrito en el estándar ACI 318-19 (ACI, 2022), se asegura que la losa tenga la resistencia y rigidez necesarias para resistir cargas de servicio y factorizadas, controlando la deflexión y evitando agrietamientos excesivos. Además, garantiza la seguridad estructural y la durabilidad del sistema.

4.1.7.4 Diseño de Muros de Corte

Según Blanco (1994), las placas o muros de corte constituyen el sistema más eficiente para limitar las derivas de entrepiso en zonas de alta sismicidad. Su configuración vertical en concreto armado no solo soporta cargas gravitacionales, sino que actúa como el principal mecanismo de defensa frente a las fuerzas laterales dinámicas producidas por sismos o vientos severos.

4.1.7.4.1 Función estructural de las placas

- Resistir cortantes sísmicos horizontales en planta.
- Mitigar derivas y desplazamientos laterales.
- Contribuir a la rigidez global de la edificación.
- Aportar capacidad de disipación de energía.

4.1.7.4.2 Método de diseño

Se emplea el método de resistencia (LRFD) con los siguientes pasos generales:

- Determinar las cargas sísmicas aplicables.
- Analizar el comportamiento del muro bajo las 9 combinaciones de carga según la norma E.060 (MVCS, 2020c).
- Diseñar el muro como una sección de concreto armado sometida a flexo-compresión y corte.

4.1.7.4.3 Parámetros geométricos mínimos:

- Espesor mínimo del muro:
  - 10 cm en general.
  - ≥ 1/25 de la altura libre entre niveles para sismos.
  - No menor de 15 cm si se considera elemento estructural.
- Relación altura / base:
  - H/L < 2: muro corto, controla el corte.
  - H/L ≥ 2: muro esbelto, controla la flexión.

4.1.7.4.4 Diseño a cortante

Se verifica la resistencia al **corte** V_u, usando:

$$\emptyset V_n \geq V_u \ \ donde \ \ V_n = V_c + V_s$$

- $V_c = (E14)$
- $V_s = (E15)$
- $\emptyset = 0.75 \ (corte)$
- b: espesor del muro
- d: distancia útil (≈ 0.8h)

Si $V_u > V_c$, se requiere refuerzo transversal (estribos o mallas)

4.1.7.4.5 Diseño a flexo-compresión

El muro puede ser modelado como una columna de gran longitud:

$$\emptyset M_n \geq M_u \ \ y \ \ \emptyset P_n \geq P_u$$

- Se utiliza el diagrama de interacción $M_n - P_n$
- Se diseña el refuerzo vertical para soportar la flexión.
- En caso de carga axial alta, se requiere confinamiento en los extremos.

4.1.7.4.6 Requisitos de confinamiento

En zonas sísmicas:

- Los extremos del muro deben tener zonas de confinamiento con estribos cerrados (amarres) para garantizar ductilidad.
- La longitud de confinamiento es:

$$l_c = max(2bw, 0.15Lw, 0.04H) \ldots en\ mm\ o\ m \ldots (E39)$$

Donde:

- bw: espesor del muro
- Lw: longitud del muro
- H: altura total del edificio

4.1.7.4.7 Refuerzo mínimo según E.060

Refuerzo vertical:

$$\rho_{min,v} = 0.0025 \ \ (si\ se\ colocan\ ambas\ caras)$$

Refuerzo horizontal:

$$\rho_{min,h} = 0.002$$

- Se debe colocar al menos dos capas de acero (doble malla) si el muro tiene un espesor ≥ 25 cm o si está expuesto a solicitaciones sísmicas importantes.

4.1.7.4.8 Detallado del refuerzo

- Barras verticales ancladas al cimiento y empalmadas mecánica o soldada mente.
- Refuerzo horizontal como estribos o mallas electrosoldadas.
- Recubrimiento mínimo:
    - 2.0 cm para ambientes secos.

- 2.5 – 4.0 cm para ambientes húmedos o exteriores.

4.1.7.4.9 Consideraciones sísmicas

- El diseño debe garantizar ductilidad, por lo que se privilegia una distribución uniforme de refuerzo, zonas confinadas en extremos y proporción adecuada de altura/longitud.
- En estructuras con sistema de muros portantes, se deben limitar irregularidades y asegurar continuidad estructural.

4.1.7.5 Diseño de Columnas

Las columnas son elementos verticales estructurales que transmiten las cargas de la edificación (muertas, vivas y sísmicas) hacia las cimentaciones. Su adecuada resistencia a compresión axial **y** flexo-compresión es esencial para la estabilidad estructural. El diseño de columnas debe garantizar la capacidad de carga y la ductilidad necesaria para soportar eventos sísmicos sin colapso frágil.

4.1.7.5.1 Clasificación de columnas

- Columnas cortas: su falla se produce por carga axial antes de pandeo.
- Columnas esbeltas: deben verificarse efectos de segundo orden (pandeo).
- Columnas centrales y esquineras: difieren en la distribución de carga y confinamiento.

4.1.7.5.2 Método de diseño

Se usa el método de diseño por resistencia (LRFD), considerando las combinaciones de carga prescritas en la norma peruana.

Las columnas se diseñan frente a:

- Cargas axiales puras (compresión)
- Flexo-compresión: combinación de momentos y fuerzas axiales
- Cortante (si corresponde)
- Condiciones sísmicas específicas

4.1.7.5.3 Diseño de carga axial pura

La resistencia axial de una columna corta se verifica mediante:

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

Donde:

$$P_n = 0.85f'c\left(A_g - A_s\right) + f_y A_s \ldots en\ kN \ldots (E40)$$

- $f'c$: resistencia del concreto (kg/cm²)
- f_y: fluencia del acero (kg/cm²)
- A_g: área bruta
- A_s: área de acero longitudinal
- $\emptyset = 0.65\ a\ 0.75\ (según\ tipo\ de\ refuerzo\ transversal)$

4.1.7.5.4 Diseño a flexo-compresión

En columnas sometidas a momentos debidos a excentricidades o sismo:

- Se determinan los momentos en dos direcciones (si son columnas biaxiales).
- Se evalúa la interacción $M_n - P_n$mediante un diagrama de interacción.
- Se diseña el refuerzo longitudinal que garantice la resistencia combinada.

4.1.7.5.5 Requisitos mínimos de refuerzo

4.1.7.5.5.1 Refuerzo longitudinal

- Mínimo

$$\rho_{min} = 1\%\ del\ área\ bruta$$

- Máximo

$$\rho_{max} = 6\%$$

- Diámetro mínimo: 12 mm
- Uniformemente distribuido, y colocado simétricamente

4.1.7.5.5.2 Refuerzo transversal (estribos o espirales)

- Se usan para:
    - Confinar el núcleo de concreto
    - Resistir pandeo del acero longitudinal
    - Asegurar ductilidad sísmica

Dimensiones mínimas:

- Diámetro mínimo:

$$\geq \frac{1}{4}\ del\ diámetro\ de\ la\ barra\ longitudinal\ o\ 6\ mm\ (el\ mayor)$$

- Separación máxima
  - Min $(12d_b, 25\ cm)$
  - Reducida a 1/3 en zonas confinadas.

4.1.7.5.6 Requisitos sísmicos adicionales

En zonas de alta sismicidad, se requiere:

- Confinamiento especial en zonas críticas: extremos de columnas (longitud = mayor entre el peralte de la viga conectada o 1/6 de la altura libre).
- Mayor densidad de estribos en extremos: Separación ≤ 1/4 del menor lado, y nunca mayor a 10 cm.
- Empalmes soldados o mecánicos para barras longitudinales si es necesario.
- Evitar fallas frágiles antes que en vigas (principio de "columna fuerte, viga débil").

4.1.7.5.7 Verificación de esbeltez

Si la relación de altura libre / dimensión lateral > 12, se deben considerar efectos de pandeo:

- Se realiza un análisis de segundo orden (P-Δ)
- Se calcula un factor de amplificación de momento
- En edificios comunes, puede usarse un coeficiente de reducción para columna no arriostrada
- La condición de esbeltez va a depender si el entrepiso analizado es arriostrado o no arriostrado, para ello se verifica utilizando la siguiente formula estipulada por la norma E.060 (MVCS, 2020c):
  - También se permite suponer como arriostrado (sin desplazamiento lateral) a un entrepiso en la estatura si el índice de estabilidad del entrepiso, Q:

$$Q = \frac{(\sum P_u)\Delta_o}{V_{us} he} \qquad (10-6)$$

Es menor o igual a 0.06.

En la ecuación 10-6:

- $\sum P_u$: Suma de las cargas amplificadas, muertas y vivas, acumuladas desde el extremo superior del edificio hasta el entrepiso considerado.
- Δ_o: Deformación relativa entre el nivel superior y el inferior del entrepiso considerado, debido a las fuerzas laterales amplificadas y calculada de acuerdo con un análisis elástico de Primer Orden.
- V_{us}: Fuerza cortante amplificada en el entrepiso, debido a las cargas laterales.
- he: altura del entrepiso medida piso a piso.

4.1.7.5.8 Detallado del refuerzo

- Recubrimientos mínimos:
  - Interior: 2.0 cm
  - Exteriores o expuestos: ≥ 2.5–4.0 cm
- Nudos columna-viga deben tener continuidad de refuerzo
- Empalmes de barras en zona central, nunca en extremos si hay carga sísmica

5. Objetivos e Hipótesis

5.1 Formulación del Problema

¿Cómo se podría reducir la susceptibilidad sísmica en las edificaciones de concreto armado en San Isidro?

5.2 Hipótesis

El uso de concreto ligero estructural con fibra de acero para el diseño de elementos horizontales en una edificación típica de San Isidro y/o similares reducirá la vulnerabilidad sísmica en un 5% mediante la reducción general del peso propio de la estructura, con un peso sísmico reducido en un 8% concreto convencional, así como también las cargas últimas que se van a ejercer en los elementos estructurales, permitiendo diseños de concreto con 8% menos cuantía de acero para diseños con adición de fibra de acero.

5.3 Objetivos

5.3.1 Objetivo General

Diseñar un concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y determinar la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima.

5.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudio granulométrico de arcilla expandida, arena fina y agregado grueso convencional a utilizar para el diseño de CLE con resistencia de 210 kg/cm^2 con adición de 0.00%, 0.75% y 1.25% de fibra de acero por peso mediante la aplicación de la normativa ACI 211.2-98 (ACI, 2004)
- Determinar las propiedades mecánicas y físicas de cada uno de los diseños realizados mediante la aplicación de ensayos NTP y ASTM.
- Ejecutar un análisis sísmico en una edificación multifamiliar real ubicada en San Isidro mediante uso de software de análisis estructural para el diseño de los elementos horizontales haciendo uso de concreto ligero, y el rediseño de elementos verticales haciendo uso de concreto convencional.
- Elaborar modelos físicos de los diseños realizados en el punto anterior para determinar metrados y presupuesto de las propuestas planteadas.

- Realizar análisis comparativo de los desempeños sísmicos y presupuestos obtenidos con el fin de determinar el porcentaje óptimo de adición de fibra en el concreto ligero estructural.

6. Desarrollo del Diseño

RESUMEN DE CAPITULO:

ETAPA 1 – GRANULOMETRIA Y DISEÑO DE MEZCLA:

El presente capítulo desarrolla de manera detallada el proceso y resultados obtenidos de la propuesta planteada mediante un proceso experimental, analítico y económico entre: concreto convencional, concreto ligero estructural (CLE) con 0.00% de FA, CLE con 0.75% de FA y CLE con 1.25% de FA; aplicado al edificio multifamiliar del caso de estudio. El desarrollo inicia con el diseño teórico del concreto ligero estructural, basado en los ensayos de granulometría de agregados, donde se analizaron arena fina, piedra convencional y arcilla expandida bajo normas ASTM C136, C127, C128 y C29. Los resultados mostraron que el agregado ligero presentó una absorción de 19.40% y un peso unitario suelto de 0.378 g/cm³, mientras que los agregados convencionales mantuvieron pesos unitarios entre 1.44 y 1.63 g/cm³. Con estos datos se procedió a la dosificación del concreto siguiendo ACI 211.2, ajustando el diseño para lograr una resistencia objetivo de 210 kg/cm² e incorporando fibras de acero como refuerzo volumétrico en proporciones de 0.75% y 1.25%, definidas según revisión del estado del arte.

ETAPA 2 – ENSAYOS MECÁNICOS Y FÍSICOS:

Los ensayos físicos y mecánicos posteriores incluyeron slump, peso unitario, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad estático y módulo de rotura, aplicados a probetas curadas 7, 21 y 28 días. Los resultados revelaron que el concreto ligero sin fibra alcanzó un f'c promedio de 246.62 kg/cm² y un peso unitario de 1572 kg/m³, mientras que el diseño con 0.75% de fibra aumentó la resistencia a 295.67 kg/cm² y el de 1.25% llegó a 314.14 kg/cm², evidenciando incrementos directos asociados al refuerzo. Asimismo, el módulo de elasticidad experimental mostró diferencias notables respecto a los valores teóricos: el CLE sin fibra registró 99,500 kg/cm², mientras que el CLE con 1.25% de fibra alcanzó más de 211,000 kg/cm², probando que las fibras mejoran también la rigidez del material. El módulo de rotura aumentó de 33.3 kg/cm² (CLE con 0.00% de FA) a 37.7 kg/cm² (CLE con 1.25% de FA), confirmando la mejora en resistencia a flexión.

ETAPA 3 – ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIO MODELO:

En la tercera etapa se elaboró el modelo analítico para análisis sísmico en ETABS, replicando la edificación real ubicada en la zona de estudio (San Isidro) y generando tres modelos adicionales modificando únicamente las propiedades del concreto. El análisis estático y modal se realizó según la norma E.030, con parámetros de peligro sísmico correspondientes a la zona 4 de Lima, tipo de suelo S1 y categoría C. Los pesos sísmicos evidenciaron reducciones significativas: el modelo convencional presentó un peso sísmico de 5061.71 tn, mientras que el CLE sin fibra lo redujo a 4561.29 tn, y los modelos con fibra oscilaron entre 4575 y 4616 ton, confirmando que la disminución del peso sísmico por uso de agregado ligero es el principal aporte del diseño propuesto. Los periodos fundamentales variaron en función de la rigidez del material, siendo menores para los concretos con mayor contenido de fibra debido al incremento del módulo de elasticidad. En general, se observó una reducción del cortante basal y disminuciones en derivas máximas para diseños con fibra de acero equivalentes a 10% para el diseño de CLE con 1.25% de FA, lo que implica reducción en la vulnerabilidad sísmica de la estructura

ETAPA 4 – DISEÑO ESTRUCTURAL Y METRADOS:

En el diseño comparativo de los elementos horizontales (vigas y losas), el capítulo presenta un análisis detallado de los metrados y cuantías obtenidas para cada uno de los cuatro tipos de concreto. En losas, tanto aligeradas como macizas, el concreto convencional requirió 21,458.49 kg de acero total, mientras que el CLE sin fibra aumento este valor a 23,025.44 kg, y los diseños con fibra mostraron reducciones: 20,488.58 kg para 0.75% y 20,264.26 kg para 1.25%. En las vigas, los metrados mostraron una tendencia similar: el diseño convencional registró 46,360.70 kg, mientras que el CLE con 0.00% bajó a 44,435.30 kg, y los CLE con 0.75% y 1.25% redujeron los valores a 38,741.97 kg y 40,208.81 kg, respectivamente.

De manera similar, en el diseño de los elementos verticales (placas y columnas), los resultados mostraron reducciones claras en la cuantía de acero estructural. En columnas, el metrado total disminuyó desde 6720.93 kg en el concreto convencional hasta 6395.20 kg en el CLE sin fibra, descendiendo nuevamente a 6291.08 kg tanto para el diseño con 0.75% como para el de 1.25% de fibra, lo que representa una mejora de 6.4% respecto al diseño

base. Para placas estructurales (muros de corte), el diseño convencional presentó un metrado de 81,384.07 kg, mientras que el CLE sin fibra se redujo a 77,285.75 kg, y los valores para CLE + 0.75% y CLE + 1.25% descendieron a 75,952.80 kg y 76,034.83 kg, respectivamente.

ETAPA 5 – ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO:

Finalmente, el análisis de costos unitarios consideró mano de obra, equipos y materiales para cada diseño. En todos los casos, se considera que las partidas son de concreto in situ para facilidad de los cálculos, la mano de obra y herramientas no cambian y solo varían los materiales. Los costos directos por m³ revelaron que el CLE con 0.00% presenta un costo mayor que el convencional debido al elevado precio y presentación limitada de la arcilla expandida. Cuando se incorpora fibra de acero, el costo por m³ aumenta levemente debido al precio de la fibra y su dosificación mientras más fibra requiera el diseño.

6.1 Diseño Teórico de Concreto Ligero Estructural

6.1.1 Ensayos de Granulometría

En la **tabla 10** se presenta la lista de ensayos aplicados para cada uno de los agregados a utilizar en el diseño teórico del CLE. El orden de estos ensayos es el mismo en el cual se procederá a describir los resultados el punto 6.1.1.1; 6.1.1.2 y 6.1.1.3. Por otro lado, los estándares que se revisaron para la correcta utilización del agregado grueso ligero (Arcilla Expandida) fueron los ya descritos en el marco teórico: ACI 213R-14 y ASTM C330.

Todos los ensayos físicos de granulometría se realizaron dentro de los laboratorios de de GEOCONTROL PERÚ Y SERVICIOS como se muestra en la **figura 30**.

Tabla 10

Ensayos de Agregados Aplicados

Nombre de Ensayo Granulométrico	Norma / Estandar
Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.	NTP 400.012 / ASTM C136
Contenido de humedad del agregado grueso y fino.	NTP 339.185 / ASTM C566
Peso específico del agregado grueso y fino	NTP 400.021 - 022 / ASTM C127 - C128
Pesos unitarios suelto y compactado	NTP 400.017 / ASTM C2

Figura 30

Laboratorio de Agregados



6.1.1.1 Arena Fina

La arena fina fue extraída de la cantera Trapiche. El material se dejó secar al horno por 24 horas y luego se procedió a realizar los siguientes ensayos:

- Humedad
- Granulometría
- Peso Específico
- Peso Unitario

En la **figura 31** se muestra la introducción de una muestra de 500gr (sin tara) de arena fina para su secado por 24 horas. Posterior a ello se pasó a aplicar en ensayo de granulometría para la determinación del MF y la curva granulometría como se ve en la **figura 32**. La curva granulometría resultante se puede visualizar en la **figura 33**, donde se confirma que el agregado ligero cumple con los parámetros establecidos por la norma ASTM C136.

Por otro lado, el ensayo de peso específico se llevó a cabo según los establecido en el ASTM C128 como se ve en la **figura 34**. De igual manera, los pesos unitarios fueron ensayos realizados según ASTM C29, las cuales se muestran en la **figura 35**, como se ven en la figura 30. Todas las fotografías a continuación fueron tomadas el día 23 de octubre del año 2023.

Figura 31

Colocación agregado fino convencional al horno para ensayo de humedad



Figura 32

Aplicación de ensayo de granulometría para agregado fino convencional



Figura 33

Curva granulométrica de agregado fino convencional

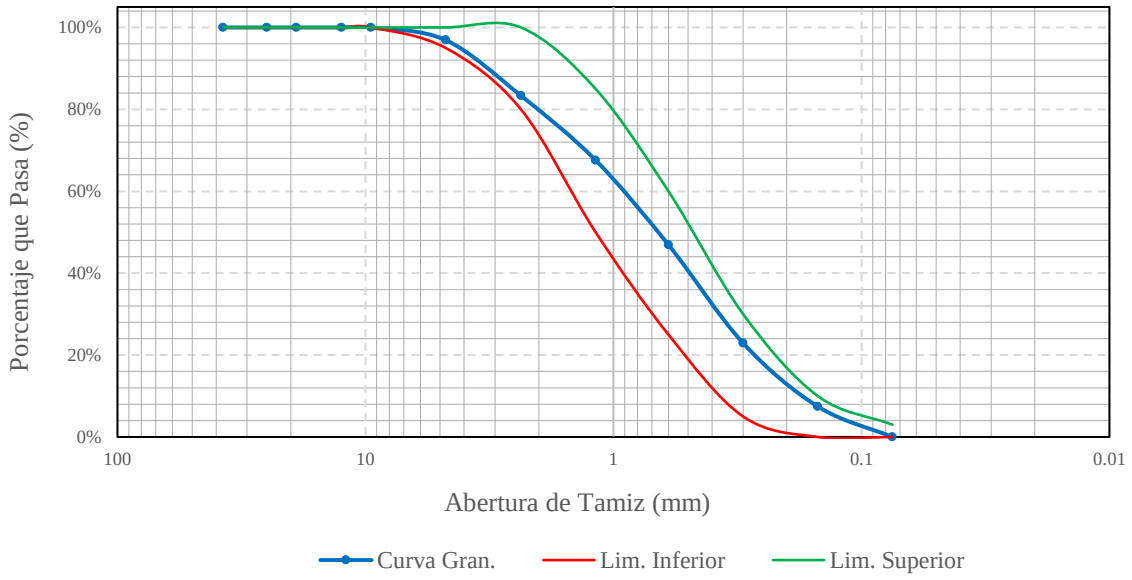


Figura 34

Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino convencional



Figura 35

Ensayo de Peso Unitario de agregado fino convencional



6.1.1.2 Agregado Grueso Convencional

La piedra gruesa fue extraída de la cantera Trapiche. El material se dejó secar al horno por 24 horas y luego se procedió a los ensayos descritos:

- Humedad
- Granulometría
- Peso Específico
- Peso Unitario

Se pasó a aplicar en ensayo de granulometría para la determinación del MF y la curva granulometría como se ve en la **figura 36**. La curva granulometría resultante se puede visualizar en la **figura 37**, donde se confirma que el agregado ligero cumple con los parámetros establecidos por la norma ASTM C136.

Por otro lado, el ensayo de peso específico se llevó a cabo según los establecido en el ASTM C127 como se ve en la **figura 38**. De igual manera, los pesos unitarios fueron ensayos realizados según ASTM C29 como se ven en la **figura 39**. Todas las fotografías a continuación fueron tomadas el día 23 de octubre del año 2023.

Figura 36

Aplicación de Ensayo de Granulometría para Agregado Grueso Convencional



Figura 37

Curva granulométrica de Agregado Grueso Convencional

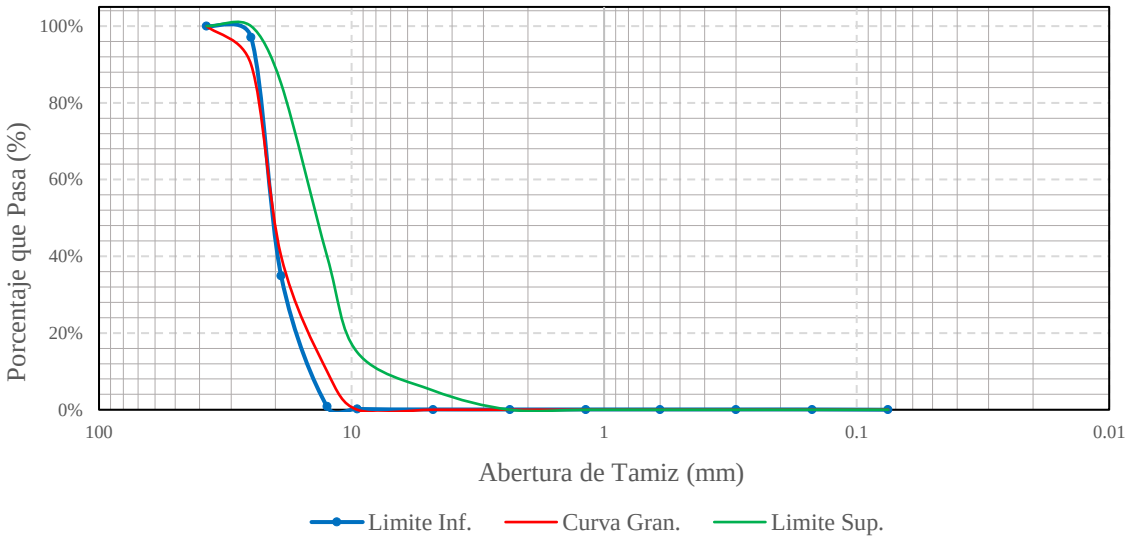


Figura 38

Ensayo de Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Convencional



Figura 39

Ensayo de Peso Unitario de Agregado Grueso Convencional



6.1.1.3 Arcilla Expandida

En la **figura 40** se muestra el agregado ligero que se usará para el diseño de mezcla. En el **Anexo 1** se puede apreciar sus especificaciones técnicas al igual que información sobre el proveedor.

Se pasó a aplicar en ensayo de granulometría para la determinación del MF y la curva granulometría como se ve en la **figura 41**. La curva granulometría resultante se puede visualizar en la **figura 42**, donde se confirma que el agregado ligero cumple con los parámetros establecidos por la norma ASTM C136.

Por otro lado, el ensayo de peso específico se llevó a cabo según los establecido en el ASTM C127. De igual manera, los pesos unitarios fueron ensayos realizados según ASTM C29 como se ven en la **figura 43**. Todas las fotografías a continuación fueron tomadas el día 23 de octubre del año 2023.

Figura 40

Muestra de Arcilla Expandida en Estado Natural



Figura 41

Aplicación de Ensayo de Granulometría para Agregado Grueso Ligero



Figura 42

Curva granulométrica de Agregado Grueso Ligero

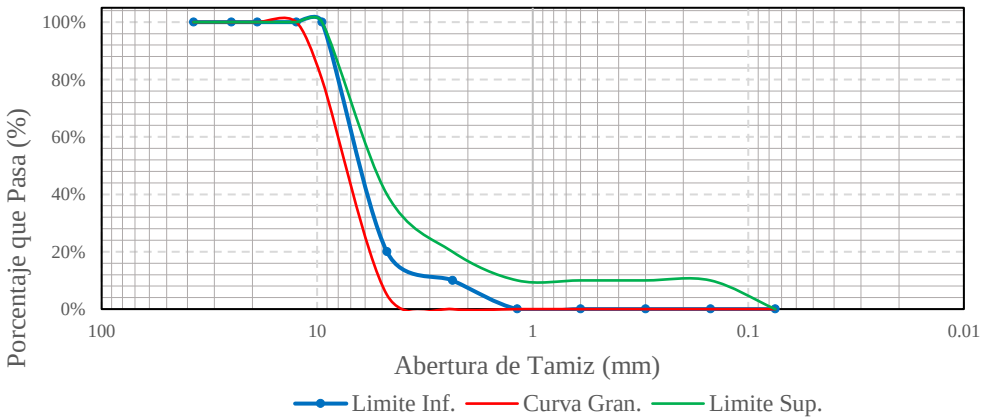


Figura 43

Ensayo de Peso Unitario de Agregado Grueso Ligero



6.1.1.4 Tabla resumen de Ensayos Granulométricos

Finalmente, la **tabla 11** presenta el resumen de resultados de todos los ensayos físicos de los agregados a utilizar en el diseño del concreto.

Tabla 11

Cuadro Resumen de Ensayos Físicos de Agregados

	MF	**Humedad**	**Absorsion**	**P.U.S. (gr/cm^3)**	**P.U.C. (gr/cm3)**	**P.E.**
Agregado Fino Convencional	2.75	0.60%	2.00%	1.632	1.846	2.59
Agregado Grueso Convencional	7.65	0.10%	0.60%	1.444	1.591	2.58
Agregado Grueso Ligero	-	0.00	19.40%	0.378	0.414	0.33

6.1.2 Dosificación de Concreto según ACI 211.2

Para el diseño de mezcla se emplea el procedimiento recomendado por el ACI en el 211.2 con ayuda del laboratorio GEOCONTROL PERÚ SAC con los datos obtenidos en los laboratorios de granulometría y el uso del cemento SOL tipo 1, para ello se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- **Valores de diseño**: En donde se tendrá en cuenta el asentamiento, el tamaño máximo nominal (TMN), relación agua cemento, el agua, total de aire atrapado %, volumen de agregado grueso y la temperatura.
- **Análisis de diseño**: Se ve el factor cemento junto a los volúmenes absolutos del cemento, agua y aire, como también de los agregados fino, gruesos y los que se le vaya a adicionar al diseño.
- **Cantidad de materiales m^3 peso en seco**
- **Corrección por humedad**
- **Contribución de agua de los agregados**
- **Cantidad de materiales m^3 peso húmedo**

Todo esto se ajustará según los resultados de los ensayos de prueba a que se quieran llegar, todo realizando un diseño que llegaba a una resistencia a la compresión (f'c) de 210 kg/cm^2, mostrando los datos obtenidos y el diseño de mezcla de cada uno en el **Anexo 2**.

Para ello se realizó un diseño patrón con la arcilla expandida en su mezcla y dos más en donde se incluyó la fibra de acero como aditivo, la cuál es la base de la tesis para evaluar su comportamiento en diferentes estructuras.

6.1.2.1 Adición de fibra de acero

La adición de la fibra de acero al diseño se realizó en dos distintos porcentajes con respecto al peso de la mezcla por peso húmedo para cada m^3 según. Para ello se realizó un análisis de las distintas fibras de acero que hay en el mercado como también los beneficios que estos traen, para ello se selección la fibra de acero trefilado para reforzamiento del concreto con longitud de 60 mm con extremo de gancho que aumenta la capacidad de soporte, ductilidad y aumenta la tenacidad del concreto; la cuál es vendida por la empresa Sika con nombre de presentación "SikaFiber CHO 80/60 NB" presentada en el **Anexo 3**. Los porcentajes de fibra de acero son los siguientes:

- 0.75% fibra de acero: siendo 12 kg por cada m^3
- 1.25% fibra de acero: siendo 19 kg por cada m^3

6.1.2.2 Tablas de valores de diseño y dosificaciones

Una vez obtenido los datos necesarios se realiza el diseño de tres tipos de concreto con el agregado de la arcilla expansiva y la fibra de acero, conociéndose, así como "Diseño patrón"

para el que no tiene fibra y que tienen fibra de acero se diferenciarán conforme al porcentaje que se le adicionó, obteniendo lo siguiente:

- Diseño patrón:

Tabla 12

Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño patrón de CLE con 0.00% de FA

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	421	Kg/m^3
Agua	233	Lts/m^3
Agregado fino	564	Kg/m^3
Agregado grueso	223	Kg/m^3
Agregado Arcilla Expansiva	114	Kg/m^3

- Diseño 0.75% fibra de acero

Tabla 13

Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño de CLE con 0.75% de FA

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	421	Kg/m^3
Agua	233	Lts/m^3
Agregado fino	564	Kg/m^3
Agregado grueso	223	Kg/m^3
Agregado Arcilla Expansiva	114	Kg/m^3
0.75% fibra de acero	12	Kg/m^3

- Diseño 1.25% fibra de acero

Tabla 14

Cantidad de materiales m^3 por peso seco para diseño de CLE con 1.25% de FA

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	421	Kg/m^3
Agua	233	Lts/m^3
Agregado fino	564	Kg/m^3
Agregado grueso	223	Kg/m^3
Agregado Arcilla Expansiva	114	Kg/m^3
1.25% fibra de acero	19	Kg/m^3

6.2 Resultado de Ensayos Físicos y Mecánicos

6.2.1 Ensayos de concreto Fresco

Tras realizar el diseño se procedió a hacer 3 muestras para cada diseño, las cuáles fueron sometidas a ensayos de concreto fresco para verificar si cumplen con las propiedades deseadas antes de fraguar, viendo su trabajabilidad, homogeneidad de la mezcla y rendimiento.

6.2.1.1 Slump

Este ensayo ayuda a determinar la consistencia del concreto fresco, viendo la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar y terminar el concreto para evitar algún tipo de problema o fallas no deseadas. Se realiza vertiendo en un molde cónico la mezcla en tres capas, donde cada capa será golpeada con una varilla metálica unas 25 veces de manera uniforme que permita la homogeneidad en todo el molde, el asentamiento adecuado para cada estructura se encuentra plasmado en la **Tabla 15** y **Tabla 16**, los resultados obtenidos se plasman en la **Tabla 17.**

Tabla 15

Slump según el estándar ACI 211.2

Estándar	Tipos de Construcción	Slump, pulg.	
		Max.	Min.
ACI 211.2	Vigas y Placas	4	1
	Columnas	4	1
	Losas de Entrepiso	3	1

Nota. De "Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete", por American Concrete Institute (ACI), 2004 (https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211298&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_Units).

Tabla 16

Slump según el estándar ACI 211.1

Estándar	Tipos de Construcción	Slump, pulg.	
		Max.	Min.
ACI 211.1	Cimentaciones	3	1
	Vigas y Placas	4	1
	Columnas	4	1
	Pavimentos y Losas	3	1
	Concreto en Masa	2	1

Nota. De "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", por American Concrete Institute (ACI), 2009 (https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211191&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_Units).

Tabla 17

Resultado promedio de cada diseño

Identificación	Asentamiento	Und.
Diseño Patrón	4	Pulg.
Diseño 0.75% fibra de acero	3 4/9	Pulg.
Diseño 1.25% fibra de acero	3	Pulg.

Mostrando así que los diseños son ideales para vigas, columnas y placas, según el Estándar de la ACI 211.1 y ACI 211.2, los resultados con certificación del laboratorio se mostrarán en el **Anexo 4**.

6.2.1.2 Temperatura

Esta propiedad influye mucho la velocidad de fraguado, resistencia a edades tempranas y en la durabilidad del concreto, para ello se inserta un termómetro adecuado que mida temperaturas entre 0°c a 50°c en la mezcla a unos 75 mm de profundidad por lo menos 2 min y luego anotar el resultado, en la **Tabla 18** indica los rangos típicos de temperatura en el concreto y en la **Tabla 19** los resultados obtenidos de la muestra 1 de cada diseño.

Tabla 18

Rango de temperatura típicos en concreto según la ASTM C1064

Condición	Rango
Temperatura mínima (colocación)	≥ 5 °C
Temperatura máxima (colocación, sin control especial)	≤ 30 °C
Temperatura ideal para curado inicial	10–25 °C

Nota. De "Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete", por ASTM International, 2023c (https://store.astm.org/c1064_c1064m-17.html).

Tabla 19

Resultado promedio de cada diseño

Identificación	Temperatura	Unidad
Diseño patrón	24	°C
Diseño 0.75% de fibra	25.2	°C
Diseño 1.25% de fibra	25.8	°C

Esto demuestra que los diseños de mezcla a la temperatura adecuada para un curado inicial con una colocación sin control especial ya que se encuentran dentro de la media conforme a la ASTM C1064, los resultados con certificación del laboratorio se mostrarán en el **Anexo 5**.

6.2.1.3 Peso Unitario

Determinar el peso unitario expresado en kg/m^3 es importante para verificar la uniformidad de la mezcla, calcular el rendimiento por metro cúbico, evaluar la calidad de los agregados y tener un control del tipo de concreto, que en este caso es un concreto liviano. Para ello, se usa la ASTM C-138 la cuál es un método estándar para la densidad, rendimiento y contenido de aire del concreto fresco.

El procedimiento a base de la norma empleado en el laboratorio inicia pesando el molde (kg), luego de esto de pesa el molde más la muestra (kg) la cuál fue vertida en el recipiente de manera adecuada para que ocupe todo el espacio mediante golpes de martillo de goma y la varilla de acero, además se realiza el cálculo del volumen del molde (m^3) y así realizar la resta de los pesos para obtener el peso de la muestra, la cual se divide entre el volumen del molde. Este procedimiento se realiza para las tres muestras de cada diseño, estas son plasmadas en la **tabla 20, tabla 21 y tabla 22**, estos resultados con certificación y de manera más detallada se muestran en el **Anexo 6**.

Tabla 20

Peso unitario del diseño patrón

Identificación	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
Muestra 1	1570
Muestra 2	1568
Muestra 3	1579

Tabla 21

Peso unitario del diseño de 0.75% de fibra de acero

Identificación	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
Muestra 1	1587
Muestra 2	1592
Muestra 3	1608

Tabla 22

Peso unitario del diseño de 1.25% de fibra de acero

Identificación	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
Muestra 1	1655
Muestra 2	1674
Muestra 3	1663

6.2.2 Ensayos de concreto Endurecido

6.2.2.1 Resistencia a Compresión

Para el desarrollo de este ensayo destructivo se hizo 3 muestras por cada diseño para el día 7; 14 y 21 para obtener una cantidad de resultados adecuados según la ASTM C39 y así tener una media con una mayor tasa de confiabilidad, este ensayo sirve para verificar si el diseño cumple con la resistencia especificada y evaluar la uniformidad de producción.

Además de esto, se realiza un análisis de los tipos de fallas que se obtiene para así evaluar cuan confiable es el diseño establecido y cumpla con los estándares, entre los tipos de fallas se tienen los siguientes:

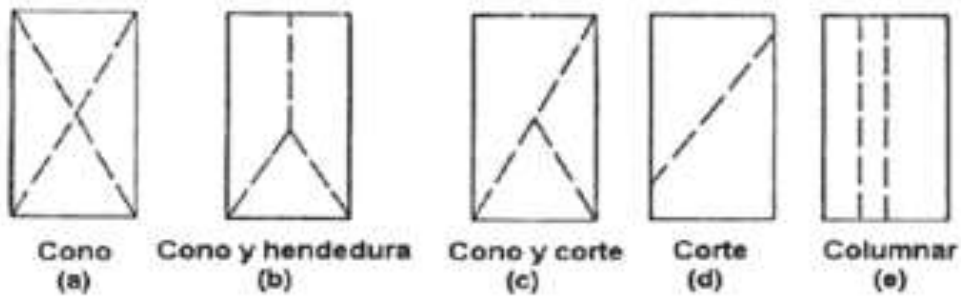
- **Falla tipo Cono**: Representada en la **figura 44.a**, esta es representada en forma de cono desde la parte superior o inferior, con grietas diagonales, una falla típica y aceptada en concreto bien fabricado y correctamente ensayado.
- **Falla tipo Cono y Separación**: Representada en la **figura 44.b**, se representa con una porción cónica en uno de los extremos y, al mismo tiempo, una separación vertical parcial o total del cuerpo, una falla aceptada en caso la carga se haya aplicado de manera concéntrica y se respetó la norma para el armado de la probeta, indicando que el concreto tiene una resistencia adecuada.
- **Falla tipo Cono y Corte**: Representada en la **figura 44.c**, es similar a la falla canónica, pero con una línea de corte más pronunciada en un lado. Causada por ligeras excentricidades en la carga o imperfecciones menores en el acabo de los extremos, es generalmente aceptable.
- **Falla tipo Corte**: Representada en la **figura 44.d**, la probeta se fractura a lo largo de un plano inclinado definido, como si hubiera sido "cortada" diagonalmente. Este tipo de fallas puede ser válida si se cumplieron las condiciones de alineación y velocidad

de carga. Si es muy pronunciada o asimétrica, puede indicar error de montaje o defectos de fabricación de la probeta.

- **Falla tipo Columnar**: Representada en la **figura 44.e**, la probeta se abre a lo largo de su eje con una o más grietas verticales, sin formar conos. Suele indicar problema de muestra o ensayo.

Figura 44

Tipos de fallas de probetas de concreto



Nota. De "Efectos en la resistencia del hormigón simple elaborados con agua residual tratada proveniente de la PTAR Cañaveralejo", por A. S. Calderón y M. J. Burbano, 2016 (https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5976615).

En los ensayos a los 7 días para el diseño patrón y con 0.75% de fibra de acero, como se muestra en las **figuras 45 y 46** respectivamente, se obtuvo una falla de tipo cono y separación, demostrando que el diseño tiene una resistencia adecuada llegando en un promedio de 85% y 99% de la resistencia diseñada en el mismo orden; para el caso del diseño con 1.25% de fibra de acero, representada en la **figura 47**, se aprecia una falla de tipo cono y corte pero tras ver que el resultado daba más del 100% del diseño se considera que este diseño es aceptable.

Figura 45

Rotura de concreto a los 7 días de diseño patrón



Figura 46

Rotura de concreto a los 7 días de diseño 0.75% de fibra de acero



Figura 47

Rotura de concreto a los 7 días de diseño 1.25% de fibra de acero



Para los 28 días se ve tanto en la **figura 48; 49; 50 y 51** para los diseños con fibra de acero presentan fallas de cono y separación, con resultados de resistencia que superaban en 1.5 veces a lo que fue diseñado, en cuanto al diseño patrón según la **tabla 25** se llegaba a obtener un porcentaje no mayor al 120% a su diseño, mostrando así que este tipo de concreto llegaba a obtener resultados favorables.

Figura 48

Rotura de concreto a los 28 días de diseño 0.75% de fibra de acero



Figura 49

Probeta después de su rotura a los 28 días de 0.75% de fibra de acero



Figura 50

Rotura de concreto a los 28 días de diseño 1.25% de fibra de acero



Figura 51

Probeta después de su rotura a los 28 días de 1.25% de fibra de acero



Las tablas en donde se plasman los resultados obtenidos por día, espécimen y diseño se encuentran en la **tabla 23; 24 y 25**, mostrando el progreso de estos en cada ensayo, estos tienen un sello que certifica a los ensayos realizados y que los datos son los obtenidos en el laboratorio en el **Anexo 7.**

Tabla 23

Resistencia a la compresión a los 7 días

Espécimen	Edad (días)	Fuerza máxima (kgf)	Área (cm^2)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	f'c (kgf/cm^2)	%
Patrón 1	7	14313	78.54	182.24	210	86.8
Patrón 2	7	13915.3	78.54	177.17	210	84.4
Patrón 3	7	14775.3	78.54	188.12	210	89.6
0.75% de Adición de FA 1	7	15441.3	78.54	196.60	210	93.6
0.75% de Adición de FA 2	7	16525.5	78.54	210.41	210	100.2
0.75% de Adición de FA 3	7	15866.9	78.54	202.02	210	96.2
1.25% de Adición de FA 1	7	17038.1	78.54	216.94	210	103.3
1.25% de Adición de FA 2	7	17179.4	78.54	218.73	210	104.2
1.25% de Adición de FA 3	7	16167.3	78.54	205.85	210	98.0

Tabla 24

Resistencia a la compresión a los 14 días

Espécimen	Edad (días)	Fuerza máxima (kgf)	Área (cm^2)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	f'c (kgf/cm^2)	%
Patrón 4	14	16856.2	78.54	214.62	210	102.2
Patrón 5	14	17556	78.54	223.53	210	106.4
Patrón 6	14	16955	78.54	215.88	210	102.8
0.75% de Adición de FA 4	14	18185.6	78.54	231.55	210	110.3
0.75% de Adición de FA 5	14	19002.6	78.54	241.95	210	115.2
0.75% de Adición de F6	14	18342.9	78.54	233.55	210	111.2
1.25% de Adición de FA 4	14	19206.8	78.54	244.55	210	116.5
1.25% de Adición de FA 5	14	18256.2	78.54	232.44	210	110.7
1.25% de Adición de FA 6	14	19009.6	78.54	242.04	210	115.3

Tabla 25

Resistencia a la compresión a los 28 días

Espécimen	Edad (días)	Fuerza máxima (kgf)	Área (cm^2)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	f'c (kgf/cm^2)	%
Patrón 7	28	19759.4	78.54	251.58	210	119.8
Patrón 8	28	19700	78.54	250.83	210	119.4
Patrón 9	28	18650	78.54	237.46	210	113.1
0.75% de Adición de FA 7	28	23736.8	78.54	302.23	210	143.9
0.75% de Adición de FA 8	28	22080	78.54	281.13	210	133.9
0.75% de Adición de FA 9	28	23849.7	78.54	303.66	210	144.6
1.25% de Adición de FA 7	28	24917.6	78.54	317.26	210	151.1
1.25% de Adición de FA 8	28	24500	78.54	311.94	210	148.5
1.25% de Adición de F9	28	24600	78.54	313.22	210	149.2

6.2.2.2 Resistencia a Flexión

En este ensayo de realizó un total de 27 vigas de 15x15x50 cm, 3 por cada día de ensayo y diseño, siendo este ensayo en 4 puntos, midiendo la tensión de tracción que provoca la falla en una viga de concreto, siguiendo la ASTM C78, siendo un ensayo importante para estructuras donde el comportamiento a flexión es crítico.

Para un análisis más completo de este ensayo se realiza un análisis de las fallas que se pueden apreciar, estas son:

- **Falla por tracción pura**: Esta es una grieta vertical en el centro o en los puntos de carga, siendo una falla típica y deseada ya que representa la verdadera resistencia a la tracción por flexión del concreto, siendo representada en la **figura 52.**
- **Falla por cortante**: Se encuentran grietas inclinadas cerca de los apoyos de aproximadamente 45°, indicando problemas entre la relación luz-altura y por consecuencia no es una falla ideal para medir la resistencia a flexión, siendo representada en la **figura 53.**

- **Falla combinada**: Se observan grietas verticales con inclinadas hacia los apoyos, puede presentarse si a luz libre de la viga no es suficiente para generar momento puro en toda la zona central, aunque más representativa que la falla puramente por cortante, no es tan "limpia" como la falla por tracción pura para fines de cálculo de módulo de rotura, siendo representada en la **figura 54.**

Figura 52

Falla por tracción pura

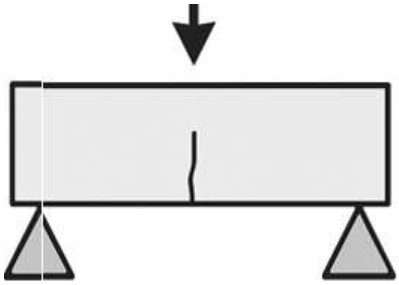


Figura 53

Falla por cortante

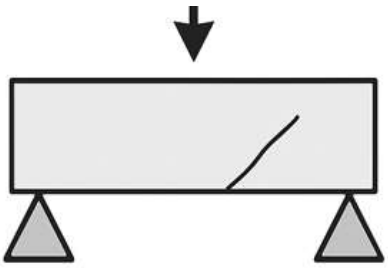
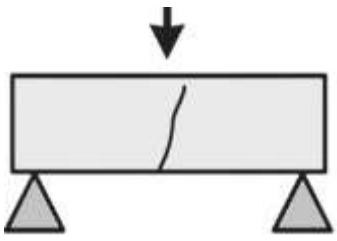


Figura 54

Falla combinada



Para el desarrollo de este ensayo de moldea la viga con las medidas ya establecidas, curándola hasta los 28 días, antes de someterla se mide la sección transversal y la luz entre apoyos (siendo de 45 cm de luz libre para todas las vigas), se coloca el testigo en los apoyos cilíndricos y se aplica una carga creciente de manera continua hasta anotar la carga máxima antes de la fractura, el procedimiento junto a evidencias a los 28 días de vida se puede apreciar en las **figuras 55; 57 y 59.**

En medida que se retiraba cada una de las vigas se pudo observar que para el diseño patrón en la **figura 56** la falla era por tracción pura por la división en vertical que dividía la viga en dos, para el caso de los diseños con 0.75% y 1.25% de FA se ve la misma falla, pero sin que se divida por completo, esto según las **figuras 58 y 60**, como pasó con el anterior diseño, debido a la incorporación de la FA.

Figura 55

Ensayo de Flexión en viga de diseño patrón a los 28 días



Figura 56

Viga después del ensayo de flexión diseño patrón a los 28 días



Figura 57

Ensayo de Flexión en viga de diseño de 0.75% a los 28 días



Figura 58

Viga después del ensayo de flexión diseño 0.75% a los 28 días



Figura 59

Ensayo de Flexión en viga de diseño de 1.25% a los 28 días



Figura 60

Viga después del ensayo de flexión diseño 1.25% a los 28 días



Las tablas en donde se plasman los resultados obtenidos por día, espécimen y diseño se encuentran en la **tabla 26; 27 y** 28, mostrando el progreso de estos en cada ensayo, estos tienen un sello que certifica a los ensayos realizados y que los datos son los obtenidos en el laboratorio en el **Anexo 8.**

Tabla 26

Resistencia a la flexión a los 7 días

Especimen	Edad (días)	Módulo de Rotura (kgf/cm^2)	Luz Libre (cm)	Ubicación de Falla
Patron 7	7	21.9	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 8	7	20.7	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 9	7	21.3	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 7	7	25	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 8	7	23.2	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 9	7	23.4	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 7	7	25.5	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 8	7	26.1	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de F9	7	27.4	45	Dentro del Tercio Medio

Tabla 27

Resistencia a la flexión a los 14 días

Especimen	Edad (días)	Fuerza máxima (kgf)	Área (cm^2)	Ubicación de Falla
Patron 7	14	31.9	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 8	14	29.8	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 9	14	31.8	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 7	14	32.8	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 8	14	34.1	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 9	14	33.9	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 7	14	36	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 8	14	35.1	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de F9	14	36	45	Dentro del Tercio Medio

Tabla 28

Resistencia a la flexión a los 28 días

Especimen	Edad (días)	Fuerza máxima (kgf)	Área (cm^2)	Ubicación de Falla
Patron 7	28	33.3	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 8	28	34.3	45	Dentro del Tercio Medio
Patron 9	28	32.2	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 7	28	35.7	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 8	28	36.4	45	Dentro del Tercio Medio
0.75% de Adición de FA 9	28	35.8	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 7	28	38.4	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de FA 8	28	37.3	45	Dentro del Tercio Medio
1.25% de Adición de F9	28	37.4	45	Dentro del Tercio Medio

6.2.2.3 Ensayo de Elasticidad Lineal

Este ensayo se realiza 2 probetas de 4”x8” por cada diseño solo para cuando llegara a los 28 días de vida, para así obtener el módulo de elasticidad estático del concreto endurecido, el cual representa la relación entre el esfuerzo y deformación unitaria en la zona donde su comportamiento es elástico, en base a la ASTM C469 (ASTM International, 2017), obteniendo datos de la deformación unitaria (mm/mm) y el esfuerzo (kg/m^2) que se van obteniendo en el transcurso del ensayo, los cuáles se ven en la siguiente evidencias mostradas en las **figuras 61; 62 y 63.**

Figura 61

Ensayo de módulo de elasticidad para diseño patrón



Figura 62

Ensayo de módulo de elasticidad para diseño de 0.75% de fibra de acero



Figura 63

Ensayo de módulo de elasticidad para diseño de 1.25% de fibra de acero



Las tablas en donde se plasman los resultados obtenidos por espécimen y diseño se encuentran en la **tabla 29; 30 y 31**, mostrando los resultados de manera más detallada de este ensayo junto a sus gráficas plasmadas en las **figuras 64; 65; 66; 67; 68 y 69**, estos tienen un sello que certifica a los ensayos realizados y que los datos son los obtenidos en el laboratorio en el **Anexo 9.**

Tabla 29

Diseño Patrón Muestra 1 y 2 Resultados

PATRON I			PATRON II		
Deformación Unitaria	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**	**Deformación Unitaria**	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**
0.000000	0.00	-	0.000000	0.00	-
0.000045	6.37	141,555.6	0.000091	6.37	70,000.0
0.000109	12.73	116,789.0	0.000145	12.73	87,793.1
0.000164	19.10	116,463.4	0.000209	19.10	91,387.6
0.000236	25.46	107,881.4	0.000273	25.46	93,260.1
0.000300	31.83	106,100.0	0.000373	31.83	85,335.1
0.000382	38.20	100,000.0	0.000427	38.20	89,461.4
0.000464	44.56	96,034.5	0.000500	44.56	89,120.0
0.000500	50.93	101,860.0	0.000545	50.93	93,449.5
0.000564	57.30	101,595.7	0.000600	57.30	95,500.0
0.000636	63.66	100,094.3	0.000655	63.66	97,190.8
0.000691	70.03	101,345.9	0.000727	70.03	96,327.4
0.000745	76.39	102,536.9	0.000773	76.39	98,822.8
0.000800	82.76	103,450.0	0.000818	82.76	101,173.6
0.000873	89.13	102,096.2	0.000909	89.13	98,052.8
0.000909	95.49	105,049.5	0.000991	95.49	96,357.2
0.001045	101.86	97,473.7	0.001045	101.86	97,473.7
0.001136	108.23	95,272.9	0.001127	108.23	96,033.7
0.001173	114.59	97,689.7	0.001182	114.59	96,945.9
0.001209	120.96	100,049.6	0.001245	120.96	97,156.6
0.001264	127.32	100,727.8	0.001282	127.32	99,313.6
0.001282	133.69	104,282.4	0.001355	133.69	98,664.2
0.001336	140.06	104,835.3	0.001391	140.06	100,690.2
0.001409	146.42	103,917.7	0.001455	146.42	100,632.3
	Prom	104,656.6		***Prom***	94,354.0

Figura 64

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 Patrón - 1

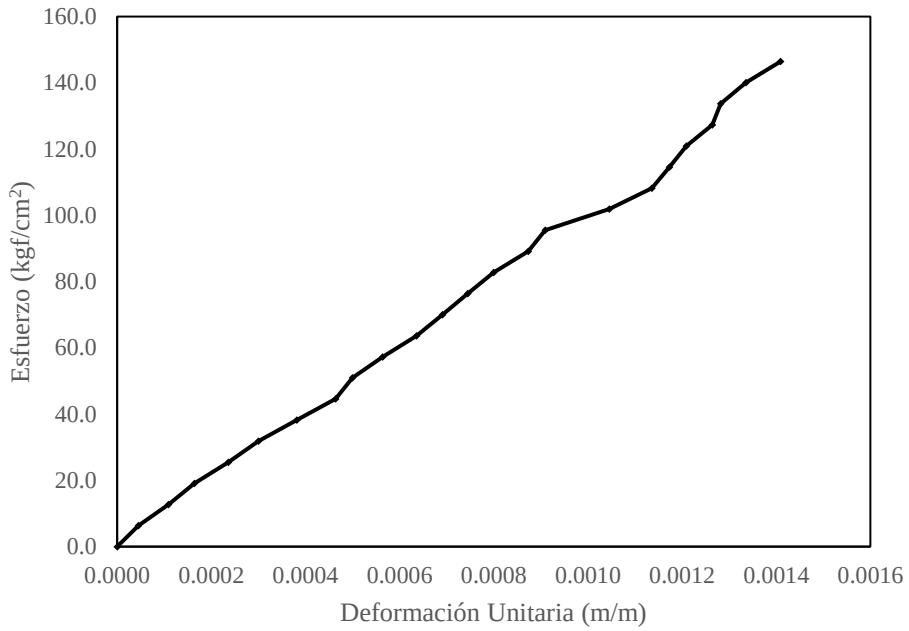


Figura 65

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 Patrón - 2

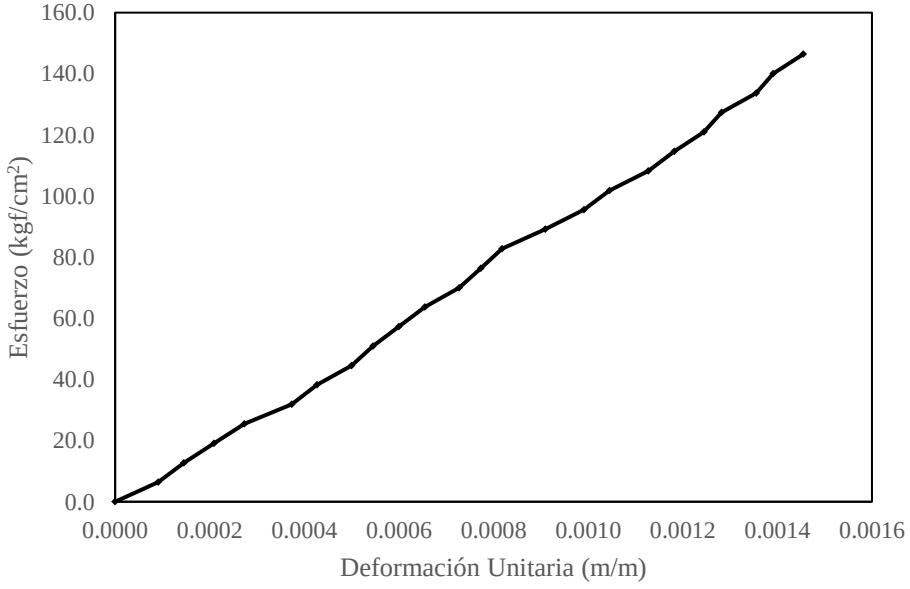


Tabla 30

Diseño 0.75% de fibra de acero Muestra 1 y 2 Resultados

0.75% I			0.75% II		
Deformación Unitaria	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**	**Deformación Unitaria**	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**
0.000000	0.00	-	0.000000	0.00	-
0.000000	6.37	-	0.000000	6.37	-
0.000000	12.73	-	0.000000	12.73	-
0.000115	19.10	166,087.0	0.000102	19.10	187,254.9
0.000146	25.46	174,383.6	0.000136	25.46	187,205.9
0.000173	31.83	183,988.4	0.000171	31.83	186,140.4
0.000207	38.20	184,541.1	0.000211	38.20	181,042.7
0.000242	44.56	184,132.2	0.000258	44.56	172,713.2
0.000269	50.93	189,330.9	0.000299	50.93	170,334.4
0.000305	57.30	187,868.9	0.000335	57.30	171,044.8
0.000352	63.66	180,852.3	0.000382	63.66	166,649.2
0.000407	70.03	172,063.9	0.000437	70.03	160,251.7
0.000431	76.39	177,239.0	0.000461	76.39	165,705.0
0.000461	82.76	179,522.8	0.000495	82.76	167,191.9
0.000482	89.13	184,917.0	0.000516	89.13	172,732.6
0.000535	95.49	178,486.0	0.000548	95.49	174,251.8
0.000590	101.86	172,644.1	0.000583	101.86	174,717.0
0.000632	108.23	171,250.0	0.000620	108.23	174,564.5
0.000663	114.59	172,835.6	0.000665	114.59	172,315.8
0.000687	120.96	176,069.9	0.000700	120.96	172,800.0
0.000747	127.32	170,441.8	0.000742	127.32	171,590.3
0.000768	133.69	174,075.5	0.000771	133.69	173,398.2
0.000838	140.06	167,136.0	0.000839	140.06	166,936.8
0.000908	146.42	161,255.5	0.000901	146.42	162,508.3
	Prom	176,624.8		***Prom***	172,921.4

Figura 66

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 0.75% - 1

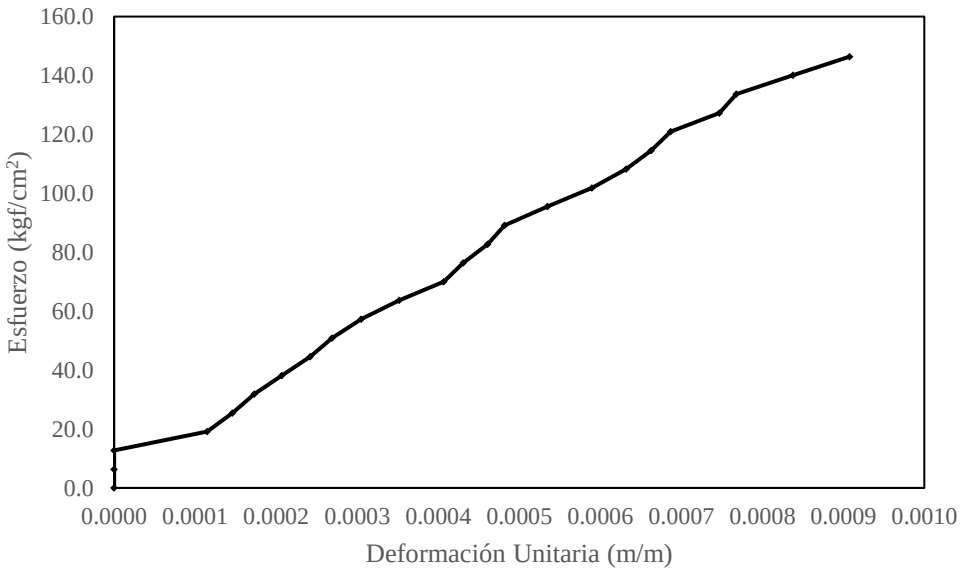


Figura 67

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 0.75% - 2

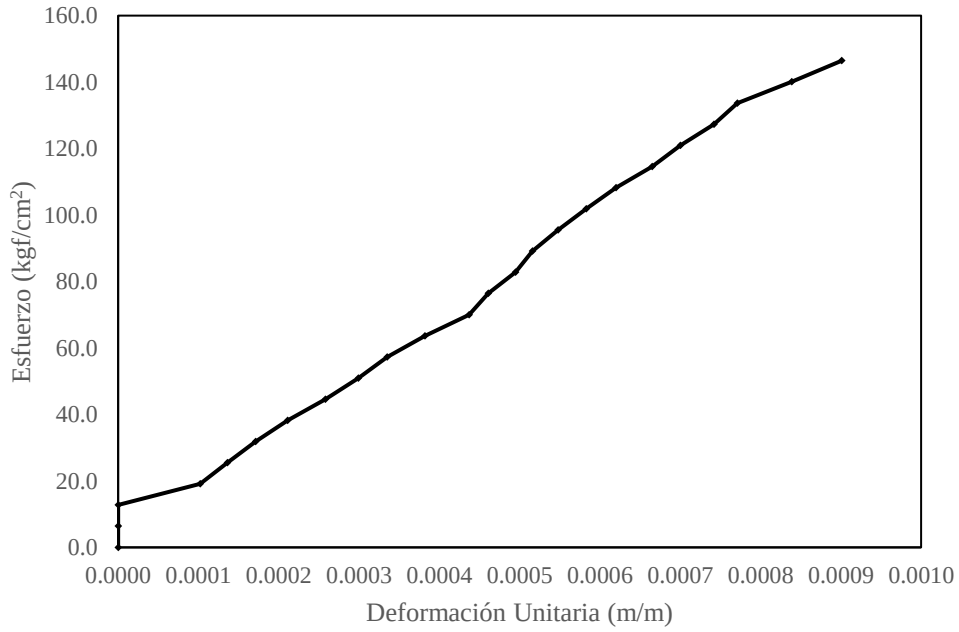


Tabla 31

Diseño 1.25% de fibra de acero Muestra 1 y 2 Resultados

1.25% I			1.25% II		
Deformación Unitaria	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**	**Deformación Unitaria**	**Esfuerzo (kg/cm^2)**	**E (kg/cm^2)**
0.000000	0.00	-	0.000000	0.00	-
0.000000	6.37	-	0.000000	6.37	-
0.000000	12.73	-	0.000000	12.73	-
0.000082	19.10	232,926.8	0.000091	19.10	209,890.1
0.000109	25.46	233,578.0	0.000118	25.46	215,762.7
0.000136	31.83	234,044.1	0.000155	31.83	205,354.8
0.000164	38.20	232,926.8	0.000173	38.20	220,809.2
0.000191	44.56	233,298.4	0.000209	44.56	213,205.7
0.000227	50.93	224,361.2	0.000236	50.93	215,805.1
0.000255	57.30	224,705.9	0.000264	57.30	217,045.5
0.000291	63.66	218,762.9	0.000300	63.66	212,200.0
0.000336	70.03	208,422.6	0.000345	70.03	202,985.5
0.000364	76.39	209,862.6	0.000382	76.39	199,973.8
0.000382	82.76	216,649.2	0.000418	82.76	197,990.4
0.000427	89.13	208,735.4	0.000445	89.13	200,292.1
0.000464	95.49	205,797.4	0.000482	95.49	198,112.0
0.000500	101.86	203,720.0	0.000509	101.86	200,117.9
0.000536	108.23	201,921.6	0.000527	108.23	205,370.0
0.000564	114.59	203,173.8	0.000555	114.59	206,468.5
0.000591	120.96	204,670.1	0.000582	120.96	207,835.1
0.000609	127.32	209,064.0	0.000618	127.32	206,019.4
0.000627	133.69	213,221.7	0.000645	133.69	207,271.3
0.000655	140.06	213,832.1	0.000682	140.06	205,366.6
0.000700	146.42	209,171.4	0.000718	146.42	203,927.6
	Prom	216,326.0		***Prom***	207,228.7

Figura 68

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 1.25% - 1

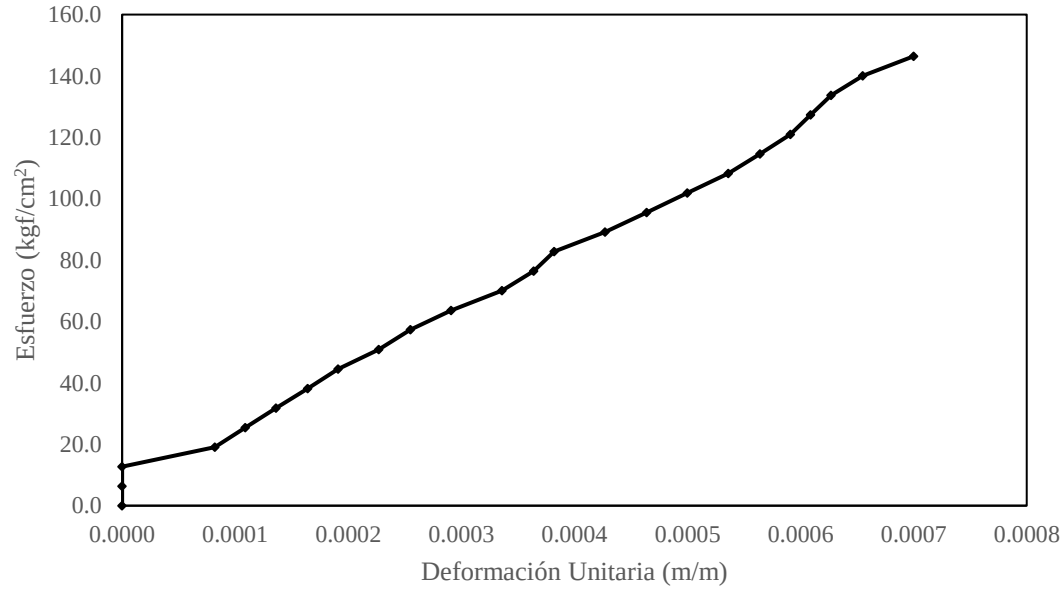
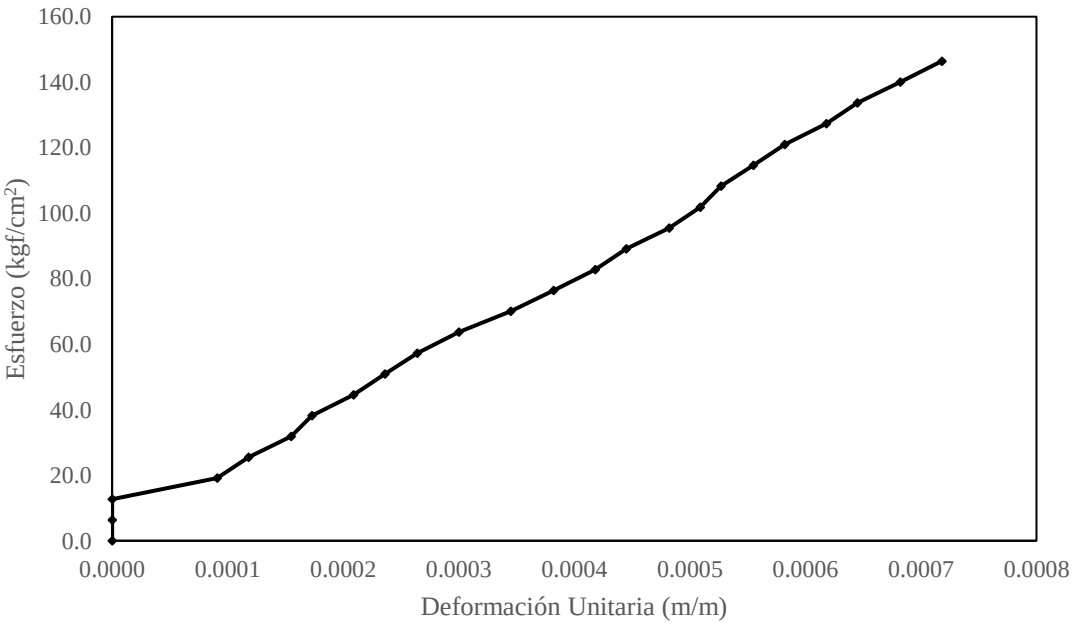


Figura 69

Gráfica de Módulo de Elasticidad Estático ASTM C469 de 1.25% - 2



6.2.3 Tabla Resumen

La tabla resumen donde se muestra los resultados de los ensayos destructivos de los testigos, mostrando el promedio para cada diseño se muestra en la **tabla 32** y se muestra los datos más necesarios para el desarrollo de la presente tesis. Adicionalmente, se realizó un cálculo del módulo de elasticidad según la E.060 en donde se usa la siguiente formula:

$$Ec = (wc)^{1.5} 0.136 \sqrt{f'c}$$

Donde:

- wc = Viene siendo el peso unitario del concreto
- f'c = La resistencia a la compresión alcanzada del concreto

Para así ver la diferencia que hay entre realizar el cálculo a mano del módulo de elasticidad con su resultado experimental en donde se encuentra sometida a diferentes factores externos.

Tabla 32

Tabla resumen de los resultados a los 28 días

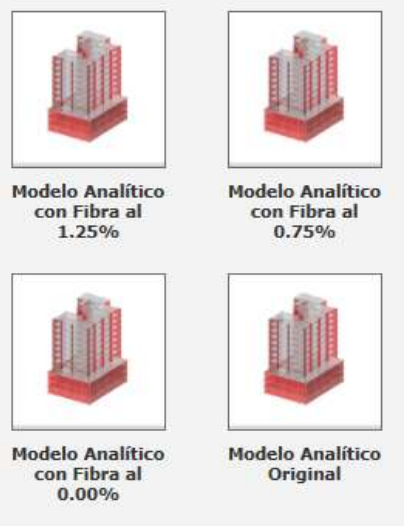
Adición de FA (%)	**f'c (kgf/cm^2)**	**Peso unitario (kgf/m^3)**	**Módulo de elasticidad por E.060 (kgf/cm^2)**	**Módulo de elasticidad Experimental (kgf/cm^2)**	**Módulo de corte por E.060 (kgf/cm^2)**	**Módulo de rotura (kgf/cm^2)**
0.00	246.62	1572.3	133159.7	99,505.28	43263.2	33.3
0.75	295.67	1595.7	149059.0	174,773.11	75988.3	36.0
1.25	314.14	1664.0	163617.7	211,777.37	92077.1	37.7

6.3 Modelo analítico para análisis sísmico – ETABS

Para el modelado de la edificación seleccionada se hizo uso del software ETABS v20.3.0. Los modelos elaborados parten en base de un archivo principal brindado por el calculista de la obra original del cual se crearon 3 copias, cada una con el diseño de CLE con FA como se ve en la **figura 70**:

Figura 70

Modelos analíticos de estructura original con concreto convencional y estructuras con CLE con FA.



Como consideraciones adicionales para el modelado y las configuraciones en la simulación se tomó lo siguiente:

- No se realizó el análisis de segundo orden para ningún elemento para simplificación en los cálculos de fuerzas sísmicas
- Todos los elementos de área horizontal (losas) se trabajaron con un modelo de "Membrana", lo que asegura un comportamiento de diafragma rígido para todos los niveles como exige la norma E.030
- El criterio de combinación de cargas dinámicas y desplazamientos utilizado fue el recomendado por la norma E.030:

$$r = 0{,}25 \cdot \sum_{i=1}^{m} |r_i| + 0{,}75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m} |r_i^2|}$$

- Se trabajó el análisis estático inicial con la consigna de tratarse de una edificación con irregularidad en altura, así como también un sistema de muros estructurales para las dos direcciones. Estos valores serán corroborados en el análisis dinámico.
- Se hizo uso de las combinaciones de carga exigidas por la norma E.060 para el diseño de concreto armado.
- El metrado de cargas fue dividido en dos: cargas según E.020 añadidas de manera manual en el software (tabiquería, acabados, sobrecarga, cielo raso y elemento

aligerante) y el peso propio del concreto que fue metrado de manera automatizada por este.

- Se utilizó una excentricidad de diafragma de 5% para los momentos accidentales
- El análisis modal se está realizando mediante el método de los Eigenvalores
- Según el planteamiento original, todos los elementos horizontales se diseñarán con concreto 210 kgf/cm^2 (con la excepción del diseño con 0.75% y 1.25%), y los elementos verticales con concreto 280 kgf/cm^2

6.3.1 Configuración de materiales y secciones

La configuración del concreto convencional, así como los diseños de CLE con F.A. con las propiedades mecánicas obtenidas se pueden verificar en las **figuras 71 al 75** a continuación:

Figura 71

Configuración de Concreto Convencional, f'c=210 kgf/cm^2.

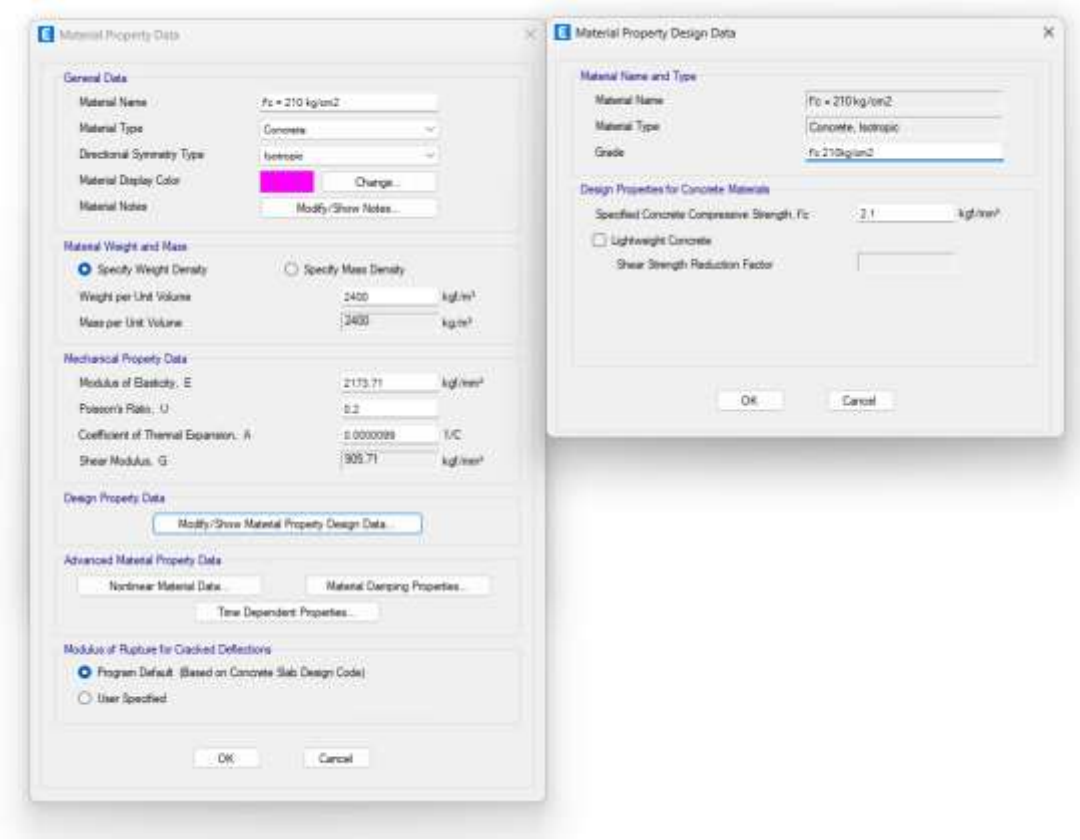


Figura 72

Configuración de Concreto Convencional, f'c=280 kgf/cm^2.

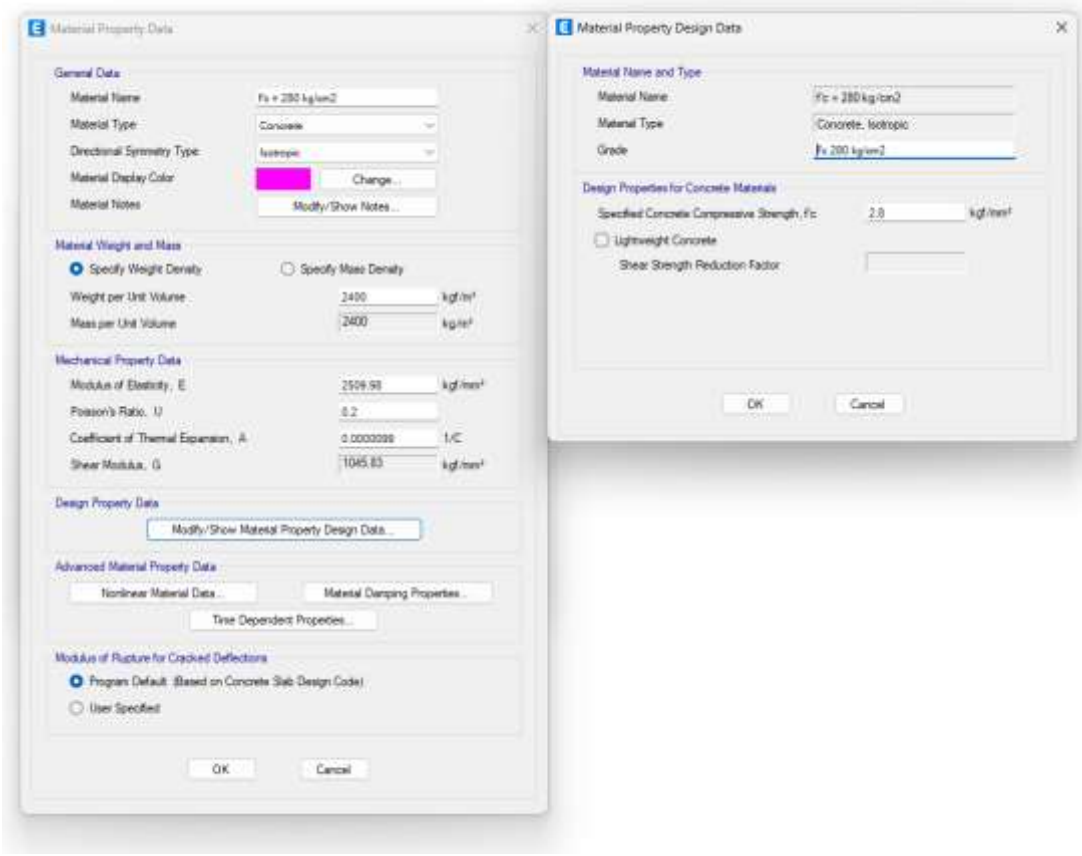


Figura 73

Configuración de CLE con 0.00% de F.A., f'c=210 kgf/cm^2.

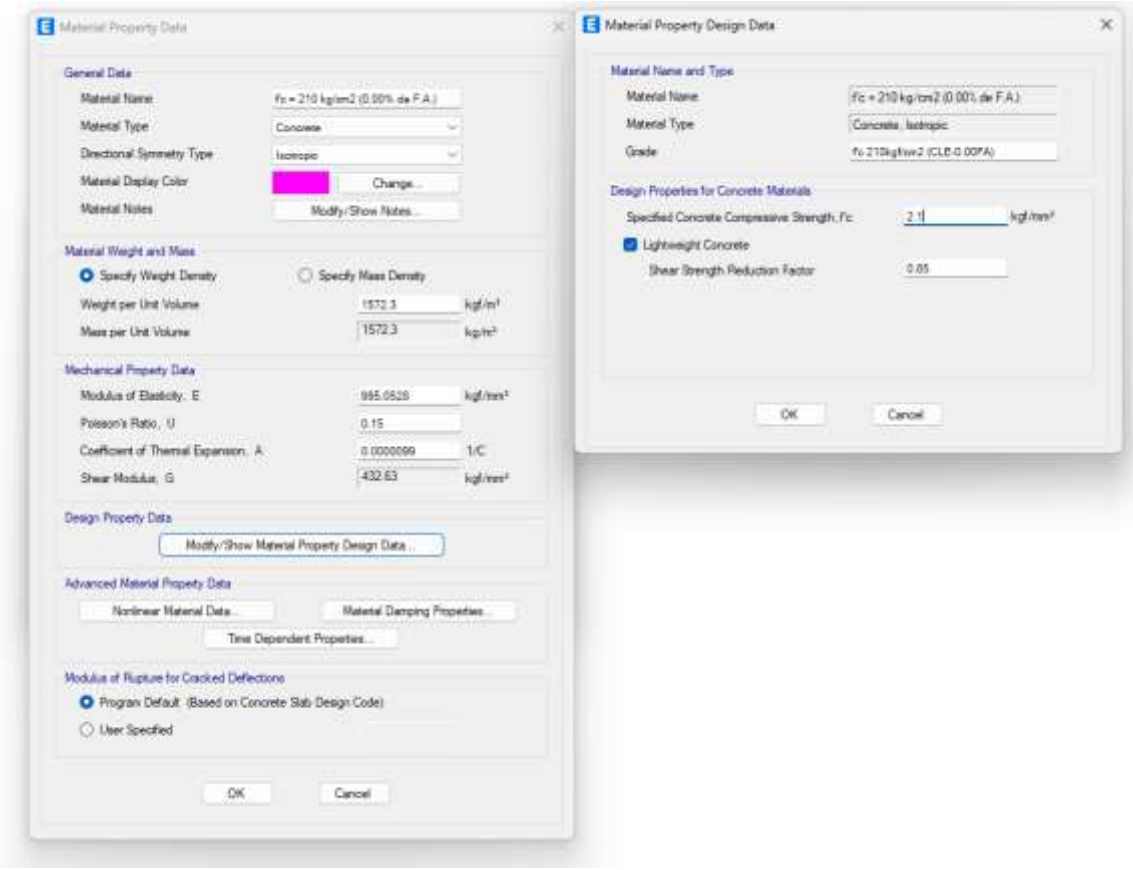


Figura 74

Configuración de CLE con 0.75% de F.A., f'c=280 kgf/cm^2.

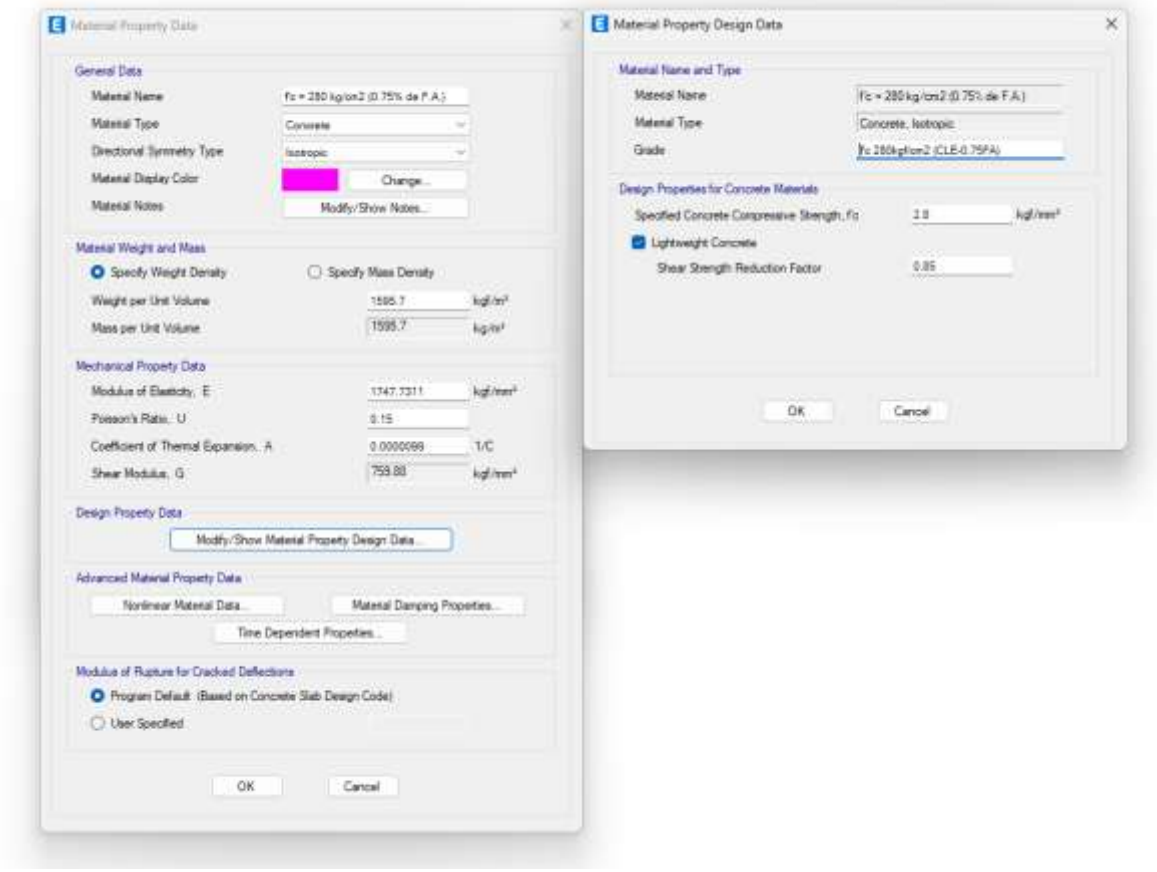
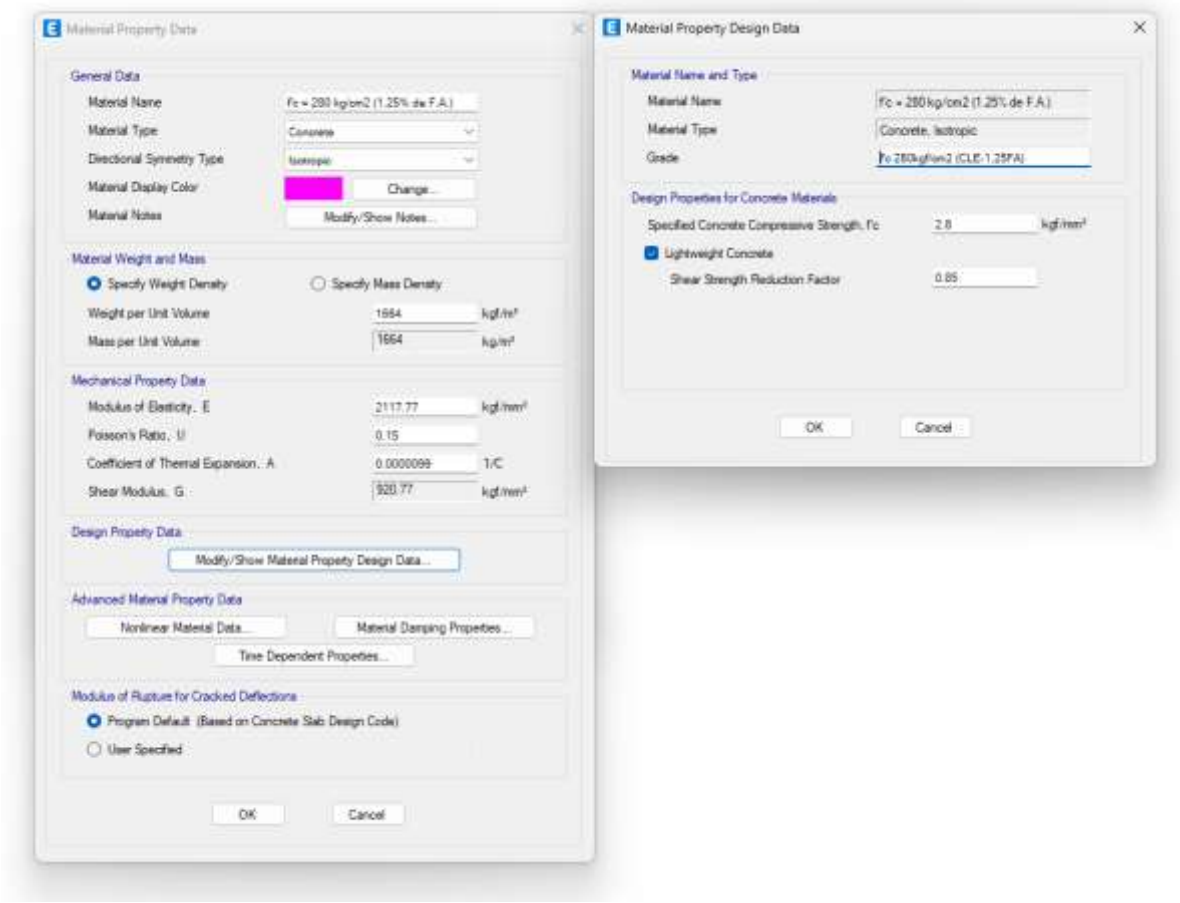


Figura 75

Configuración de CLE con 1.25% de F.A., f'c=280 kgf/cm^2.



La **tabla 33** muestra las secciones de vigas utilizadas en la estructuración del edificio. La **tabla 34** muestra las secciones de losas utilizadas en la estructuración del edificio, así como también en la **figura 76** aprecia la configuración de las losas aligeradas. La **tabla 35** muestra las secciones de placas utilizadas en la estructuración del edificio, así como también en la **tabla 36** aprecia las secciones de columnas. Cada elemento fue identificado con un código, mismo que se respetará al momento de la realización del modelo físico en REVIT para un procesamiento de información más fluido y ordenado.

Tabla 33

Secciones de vigas para estructuración.

Tipo de Viga	Código
Chata	V-10x25
Peraltada	V-15x55
Peraltada	V-15x70
Chata	V-22x25
Chata	V-25x20
Chata	V-25x25
Chata	V-40x20
Chata	V-40x25
Peraltada	V-20x55
Peraltada	V-20x70
Peraltada	V-25x55
Peraltada	V-25x70
Peraltada	V-35x55
Peraltada	V-40x55

Tabla 34

Secciones de losas para estructuración.

Tipo de Losa	Código
Aligerada	LA - 20
Aligerada	LA - 25
Maciza	LM - 20

Figura 76

Configuración de losa aligerada y vigueta para estructura.

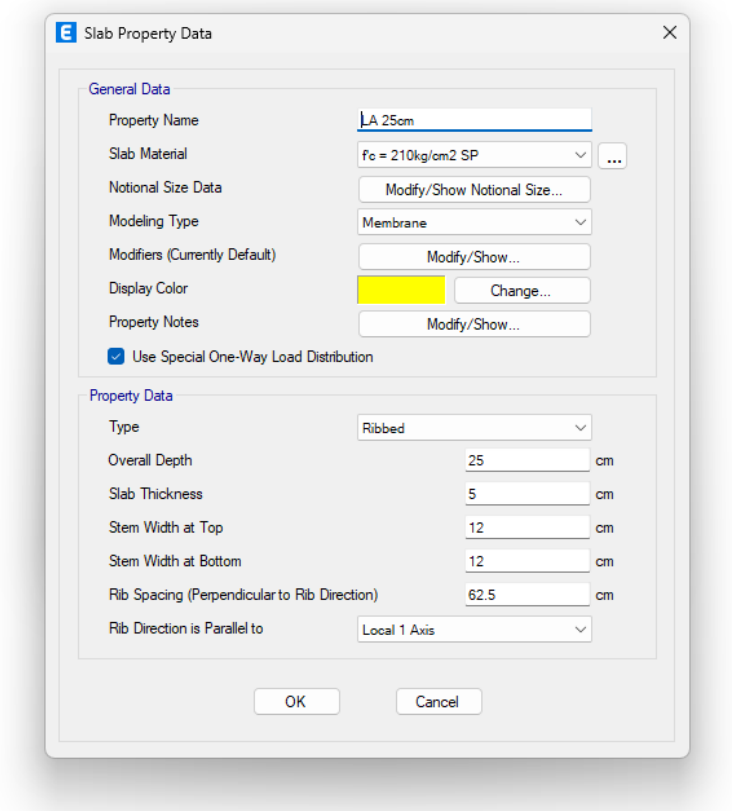


Tabla 35

Secciones de placas para estructuración.

Código
PL1 - 20
PL1 - 27
PL2 - 20
PL2 - 27
PL3 - 25
PL4 - 25
PL5 - 25
PL6 - 20
PL6 - 27
PL7 - 15

Tabla 36

Secciones de columnas para estructuración.

Código
C-25x110
C-60x25
C-20x100

El metrado de cargas gravitacionales aplicadas se puede apreciar en la **tabla 37 al 40**, donde los valores variaron según el nivel y el uso de cada techo.

Tabla 37

Metrado de cargas para losas de Sótano.

Carga en Losas (Sótano)		**Carga Muerta (kgf/m^2)**					**Carga Viva (kgf/m^2)**	
Tipo de Losa	**Espesor**	**Tabiquería**	**Acabados**	**Polietileno**	**Cielo Raso**	**Total**	**Sobrecarga**	**Total**
Aligerado	20	150	100	30	50	**330**	250	**250**
	25	150	100	30	50	**330**	250	**250**
Macizo	20	150	100		50	**300**	250	**250**

Tabla 38

Metrado de cargas para losas de Entrepisos.

Carga en Losas (Entrepisos)		**Carga Muerta (kgf/m^2)**					**Carga Viva (kgf/m^2)**	
Tipo de Losa	**Espesor**	**Tabiquería**	**Acabados**	**Polietileno**	**Cielo Raso**	**Total**	**Sobrecarga**	**Total**
Aligerado	25	150	100	30	50	**330**	200	**200**
Macizo	20	150	100		50	**300**	200	**200**

Tabla 39

Metrado de cargas para losa de Azotea.

Carga en Losas (Azotea)		**Carga Muerta (kgf/m^2)**					**Carga Viva (kgf/m^2)**	
Tipo de Losa	**Espesor**	**Tabiquería**	**Acabados**	**Polietileno**	**Cielo Raso**	**Total**	**Sobrecarga**	**Total**
Aligerado	25		100	30	50	**180**	100	**100**
Macizo	20		100		50	**150**	100	**100**

Tabla 40

Metrado de cargas para losas de Techo.

Carga en Losas (Techo)			Carga Muerta (kgf/m^2)				Carga Viva (kgf/m^2)	
Tipo de Losa	**Espesor**	**Tabiquería**	**Acabados**	**Polietileno**	**Cielo Raso**	**Total**	**Sobrecarga**	**Total**
Macizo	20		100		50	**150**	1000	**1000**

6.3.2 Análisis Sísmico Estático

Para todos los modelos analíticos planteados se usaron los parámetros mostrados en la **tabla 41**, así como también los coeficientes de cortante basal indicado por la norma E.030 en la **tabla 42** y el expediente técnico de la estructura original.

Tabla 41

Parámetros de Peligro Sísmico por Zonificación de estructura trabajada.

Características	Ubicación	Tipo de Suelo	Uso	Sistema Estructural
Generales	Lima - San Isidro	Grava Pobremente Gradada con Arena	Vivienda Multifamiliar	Placas
Sísmicas	Zona 4	S1	Categoría C	Muros Estructurales

Tabla 42

Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación para ambas direcciones.

Coeficiente de Cortante Basal	
Z	0.45
U	1.00
C	2.50
S	1.00
C_T	60.00
h_n	35.25
T_P	0.40
T_L	2.50
Ia	0.75
Ip	1.00
R_o	6.00

Se introdujo inicialmente al software el valor del periodo estimado por la siguiente fórmula propuesta por la E.030:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

El cual dio como resultado para todos los diseños:

$$T = 0.5875s$$

El peso sísmico se obtuvo mediante la suma de 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva debido a ser una estructura de categoría “C”.

Con todo ello, se obtuvieron los pesos sísmicos totales para los tres diseños especificados en la **tabla 43**:

Tabla 43

Pesos sísmicos totales según diseño de concreto estructural.

Diseño de Concreto	Peso Sísmico (ton)
Convencional	5061.71
CLE con 0.00% de FA	4561.29
CLE con 0.75% de FA	4575.33
CLE con 1.25% de FA	4616.33

Los periodos fundamentales obtenidos mediante el método de los Eigenvalores fueron los especificados en la **tabla 44**:

Tabla 44

Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación.

Diseño de Concreto	Periodo Fundamental (s)	
	Eje X	Eje Y
Convencional	0.52	0.88
CLE con 0.00% de FA	0.52	0.92
CLE con 0.75% de FA	0.50	0.85
CLE con 1.25% de FA	0.49	0.84

Con los valores finales de los periodos se pudo reevaluar el coeficiente de cortante basal para cada dirección, obteniendo así lo indicado en la **tabla 45**, además del valor de cortante basal estático final en la **tabla 46** obtenida luego de introducir la información obtenida al software como se aprecia en la **figura 77**:

Tabla 45

Coeficientes de Cortante Basal Estática para edificación.

Diseño de Concreto	Coeficiente de Cortante Basal Estática	
	Eje X	Eje Y
Convencional	0.170	0.114
CLE con 0.00% de FA	0.170	0.109
CLE con 0.75% de FA	0.170	0.117
CLE con 1.25% de FA	0.170	0.119

Figura 77

Configuración de cargas sísmicas estáticas en ETABS para eje X.



Tabla 46

Valores de Cortante Basal Estática para edificación.

Diseño de Concreto	Cortante Basal Estática (tonf)	
	Eje X	Eje Y
Convencional	839.30	562.17
CLE con 0.00% de FA	754.15	520.64
CLE con 0.75% de FA	756.53	521.84
CLE con 1.25% de FA	763.50	533.37

6.3.3 Análisis Sísmico Dinámico Modal-Espectral

El espectro de diseño para ambas direcciones fue trazado según los parámetros establecidos por la E.030 como se aprecia en la **figura 78**, y posteriormente si introducción al software en la **figura 79**:

Figura 78

Espectro de aceleración sísmico para estructura en ambos ejes.

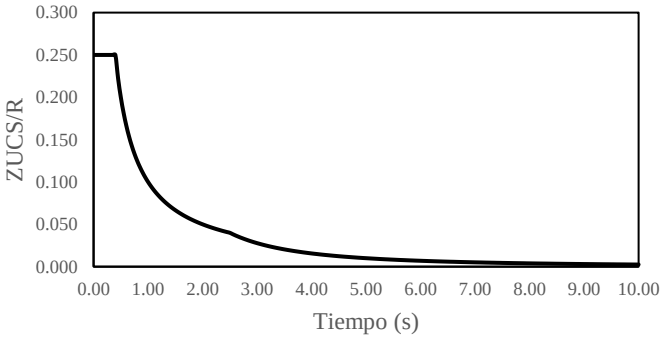
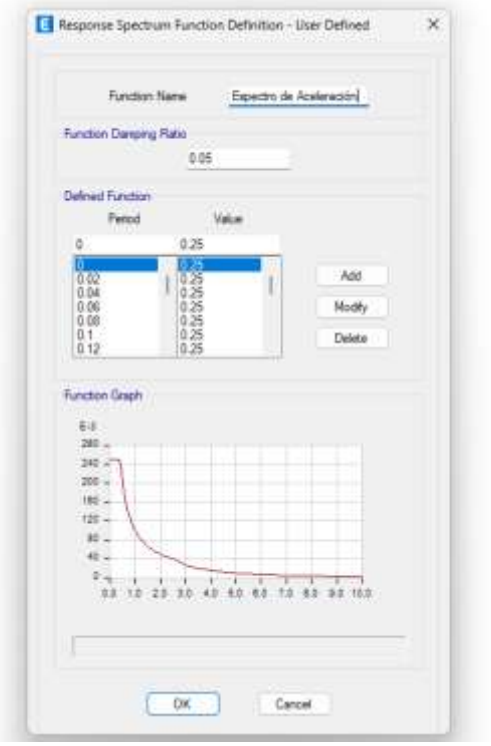


Figura 79

Espectro de aceleración sísmico para estructura en ambos ejes en el software.



La configuración de las cargas gravitacionales, cargas sísmicas estáticas, análisis modal y cargas símicas dinámicas se muestran en la **figura 80**. Adicional a ello, en la **figura 81** se puede corroborar la combinación de cargas según la norma E.030 para todos los diseños.

Figura 80

Listado de casos de carga para estructura.

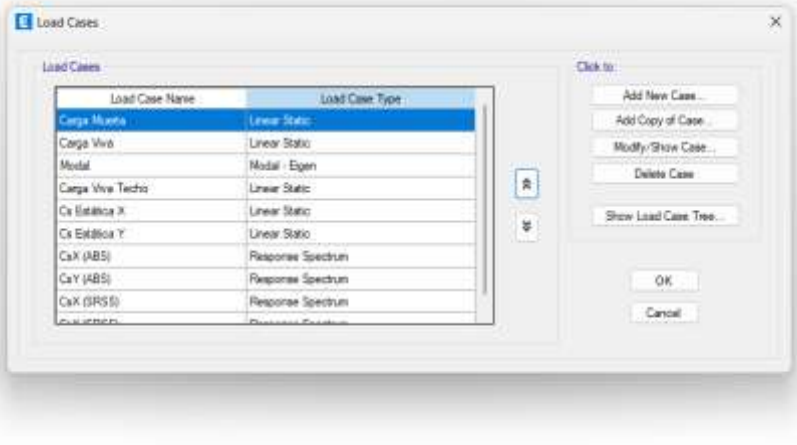
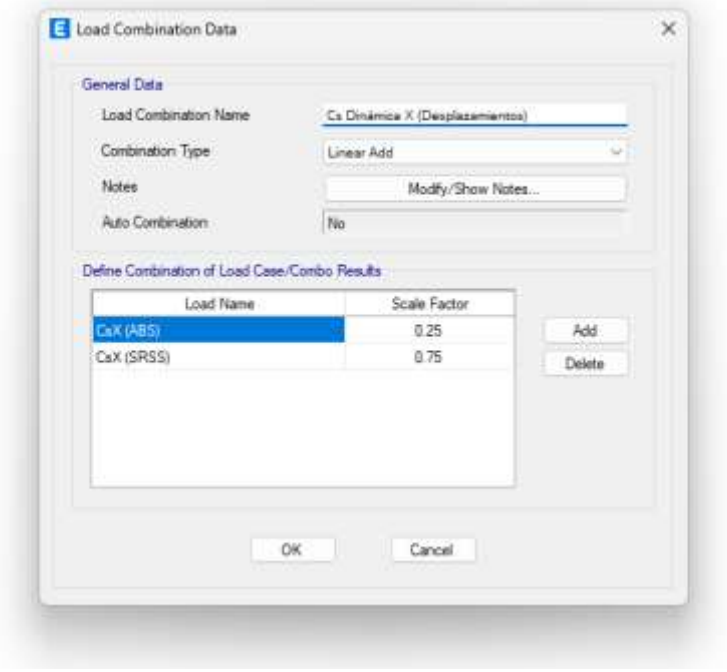


Figura 81

Combinación de cargas sísmicas dinámicas según E.030.



Finalmente, las combinaciones de cargas ultimas para el diseño de concreto armado según E.060, además de las siguientes combinaciones adicionales:

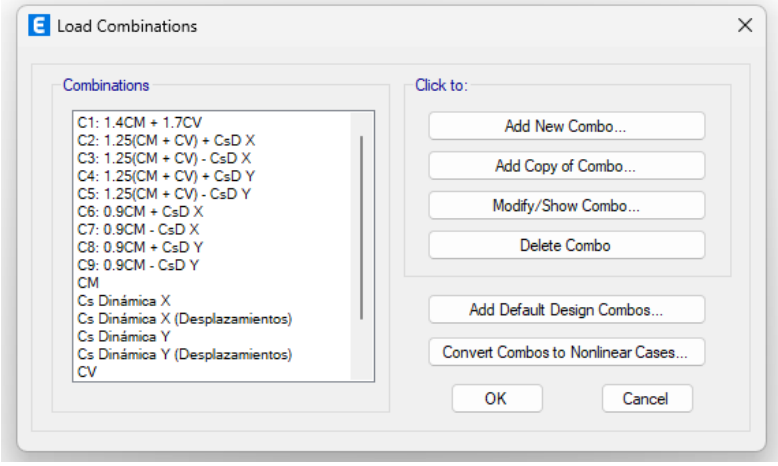
- CM: Sumatoria de cargas añadidas manualmente + peso propio de estructura
- CV: Sumatoria de sobrecargas de entrepiso + sobrecarga de techo

- Cs Dinámica (Desplazamientos): Cargas dinámicas aplicadas sin factor de mayoración por relación estática/dinámica mayor igual a 90%. Está combinación se debe usar para el análisis de desplazamientos y derivas únicamente.
- Cs Dinámica: Cargas dinámicas con factor de mayoración por relación estática/dinámica mayor igual a 90%. Está combinación se usa exclusivamente para el diseño de elementos estructurales y combinaciones de carga ultima.
- Cargas de Servicio: Suma de CM + CV. Está combinación de usa exclusivamente para el análisis de deflexiones de losas y vigas.
- Envolvente de cargas: Envolvente de todas las combinaciones mencionadas y mostradas para valores de carga máximas positivas y negativas.

Las cuáles son mostradas en la **figura 82** que son insertadas en el software.

Figura 82

Listado de combinación de cargas utilizadas para diseño y análisis.



Para en análisis de irregularidades se evaluó las propiedades de:

- Irregularidad por Piso Blando
- Irregularidad por Piso Débil
- Irregularidad de Masa
- Irregularidad Torsional

Los datos y los cálculos de rigideces, desplazamientos máximos, peso por entrepiso y cortantes se pueden verificar revisando el **ANEXO 10**, **ANEXO 11 y ANEXO 12** para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. Para todos los diseños realizados, incluyendo el diseño original de la estructura, la **tabla 47** y la **tabla 48** muestran

el resumen de los factores de irregularidad por altura e irregularidad por planta respectivamente.

Tabla 47

Factores de reducción finales por irregularidad en altura.

Propiedad Analizada	Eje	
	X	Y
Piso Blando	1	1
Piso Debil	1	1
Extrema Piso Blando	1	1
Extrema Piso Debil	1	1
Masa o Peso	1	1
Geométrica Vetical	1	1
Discontinuidad	1	1
Discontinuidad Extrema	1	1

Tabla 48

Factores de reducción finales por irregularidad en planta.

Propiedad Analizada	Eje	
	X	Y
Torsional	0.75	0.75
Torsional Extrema	1	1
Esquinas Entrantes	1	1
Discontinuidad Diafragma	1	1
Sistemas Paralelos	1	1

6.3.4 Resultados de análisis sísmico

A continuación, se procede a determinar los valores finales de desplazamientos, cortantes dinámicas y derivas para los tres diseños en comparación con la estructura original. En la **figura 83, figura 84, figura 85 y figura 86** se muestra la distribución de las fuerzas cortantes en cada nivel de la estructura para el diseño con conceto convencional, CLE con 0.00% FA, 0.75% FA y 1.25% FA para el eje X respectivamente, mientras que la f**igura 87, figura 88, figura 89 y figura 90** para el eje Y.

Figura 83

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de concreto convencional.

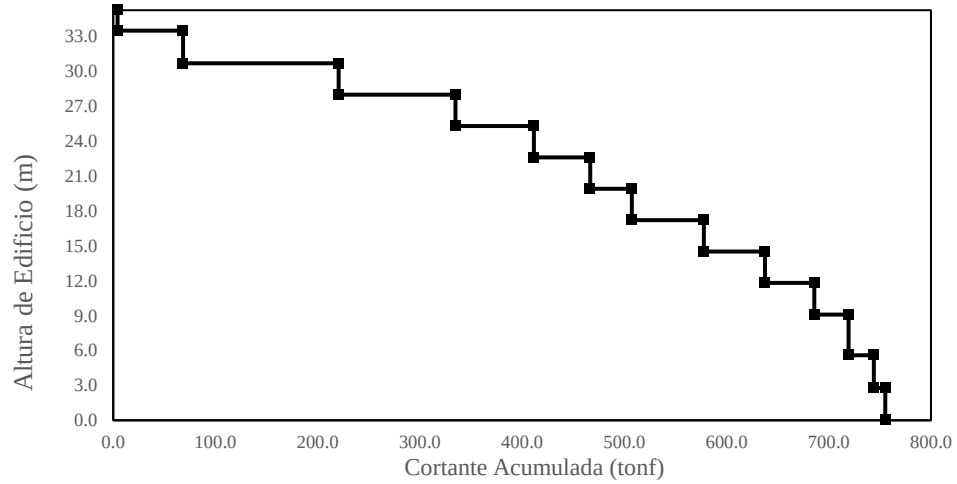


Figura 84

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de concreto convencional.

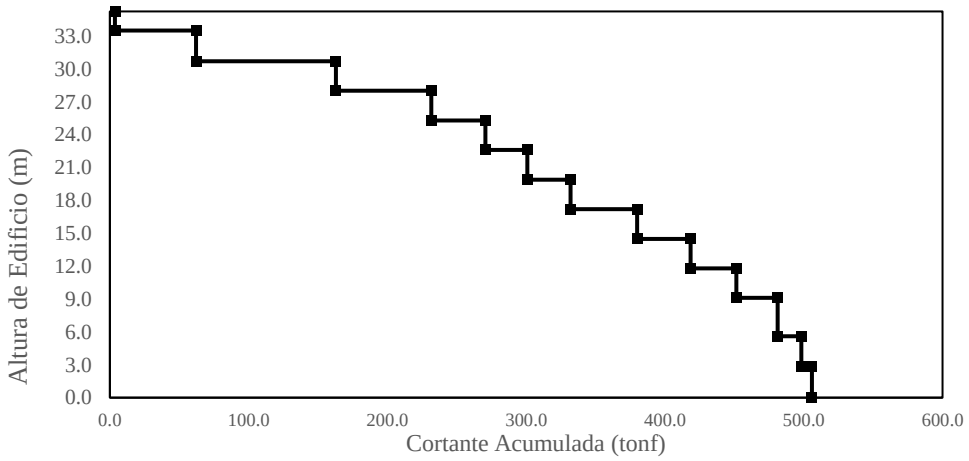


Figura 85

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 0.00% de FA.

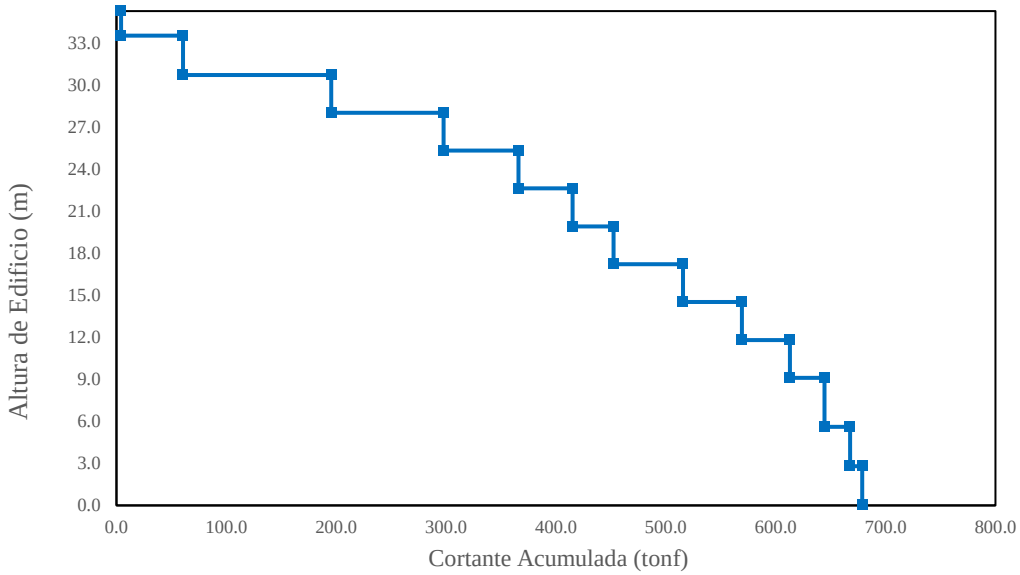


Figura 86

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 0.00% de FA.

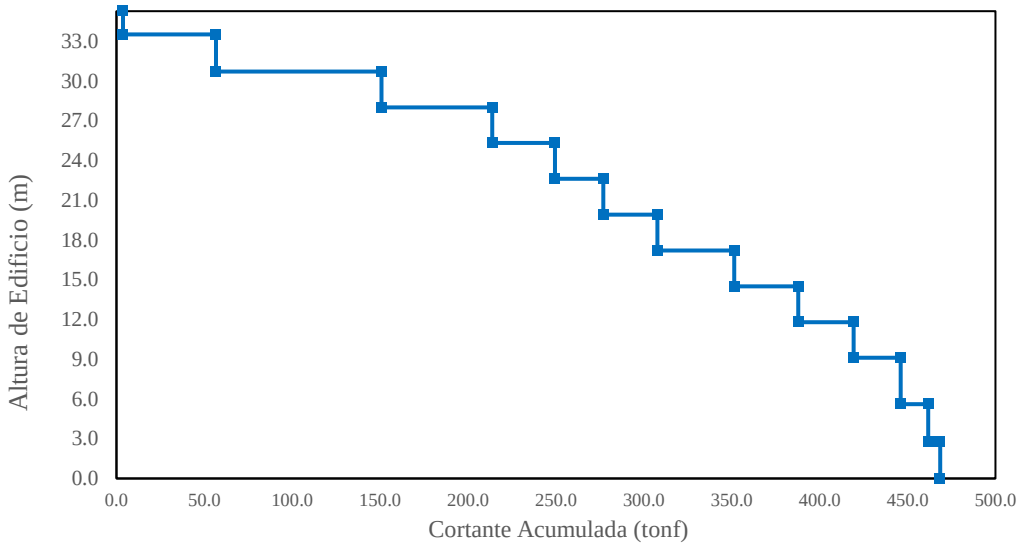


Figura 87

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 0.75% de FA

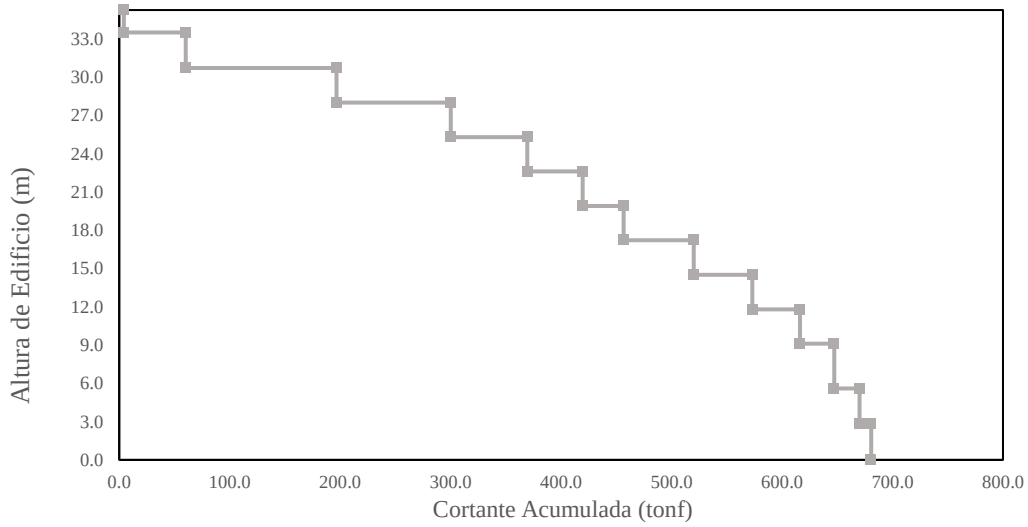


Figura 88

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 0.75% de FA

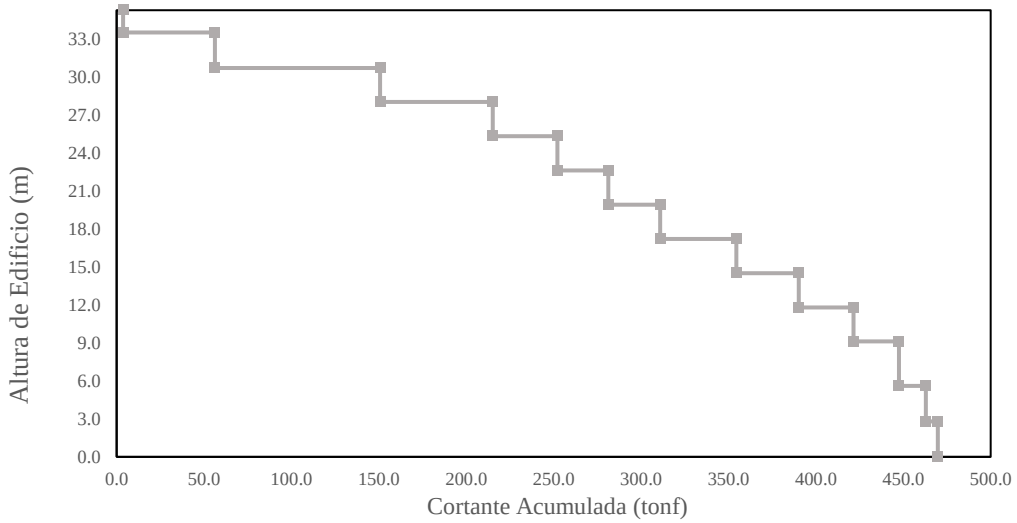


Figura 89

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en X para diseño estructural de CLE con 1.25% de FA

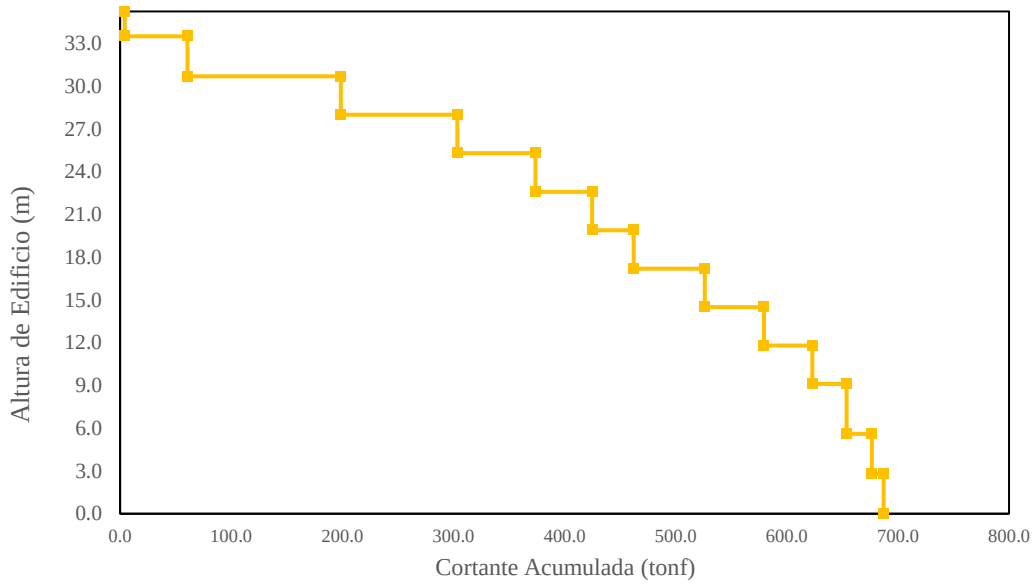
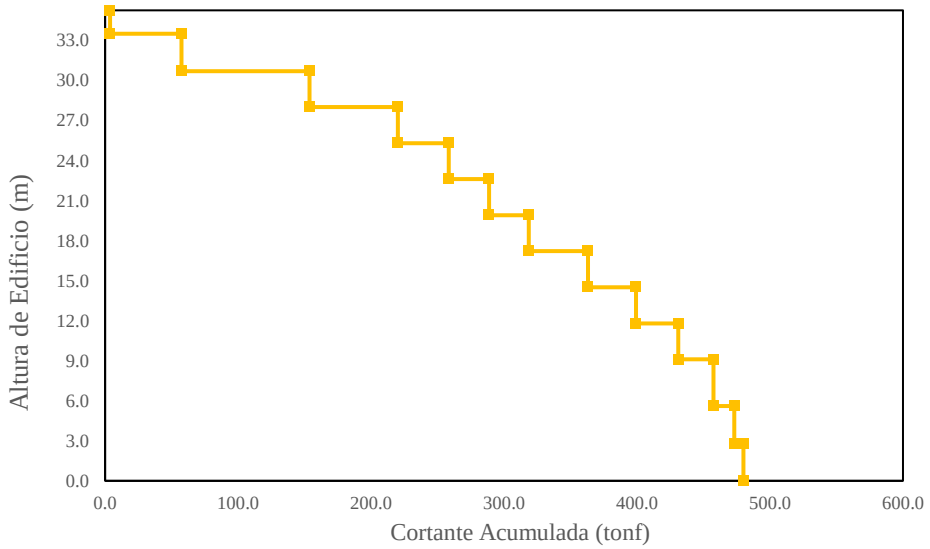


Figura 90

Fuerzas Cortantes en aplicadas por sismo en Y para diseño estructural de CLE con 1.25% de FA



Los cálculos detallados del análisis el cálculo de peligro sísmico por zonificación, al igual que la determinación de la cortante basal para los diseños de conceto convencional, CLE con

0.00% FA, 0.75% FA y 1.25% FA se pueden verificar en el **ANEXO 13, ANEXO 14, ANEXO 15** y **ANEXO 16** respectivamente.

Para la determinación de las derivas se tomó en cuenta el siguiente valor para el factor R:

$$R = I_A \cdot I_P \cdot R_O$$

Donde el valor final para todos los elementos diseños en ambas direcciones, considerando irregularidad torsional, fue de 4.50. El valor mencionado se reduce al 0.85 para el cálculo de deriva inelástica para edificación irregular. En la **tabla 49, tabla 50, tabla 51 y tabla 52** se muestra los valores de desplazamientos en el centro de masa y derivas inelásticas en cada nivel de la estructura para el diseño con conceto convencional, CLE con 0.00% FA, 0.75% FA y 1.25% FA para el eje X respectivamente, mientras que la **tabla 53, tabla 54, tabla 55 y tabla 56** para el eje Y. De igual manera, la **figura 91, figura 92, figura 93 y figura 94** muestran la distribución de las derivas inelásticas en cada nivel para el diseño con conceto convencional, CLE con 0.00% FA, 0.75% FA y 1.25% FA para el eje X respectivamente, mientras que la **figura 95, figura 96, figura 97 y figura 98** para el eje Y.

Tabla 49

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de concreto convencional.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	16.96	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	16.96	2.16	33.50	2.80	0.0029
Piso 8	19.12	2.49	30.70	2.70	0.0035
Piso 7	16.63	2.51	28.00	2.70	0.0036
Piso 6	14.12	2.45	25.30	2.70	0.0035
Piso 5	11.67	2.54	22.60	2.70	0.0036
Piso 4	9.13	2.52	19.90	2.70	0.0036
Piso 3	6.61	2.42	17.20	2.70	0.0034
Piso 2	4.20	2.14	14.50	2.70	0.0030
Piso 1	2.06	1.54	11.80	2.70	0.0022
Sótano 1	0.52	0.28	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.24	0.14	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.10	0.10	2.80	2.80	0.0001

Figura 91:

Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de concreto convencional

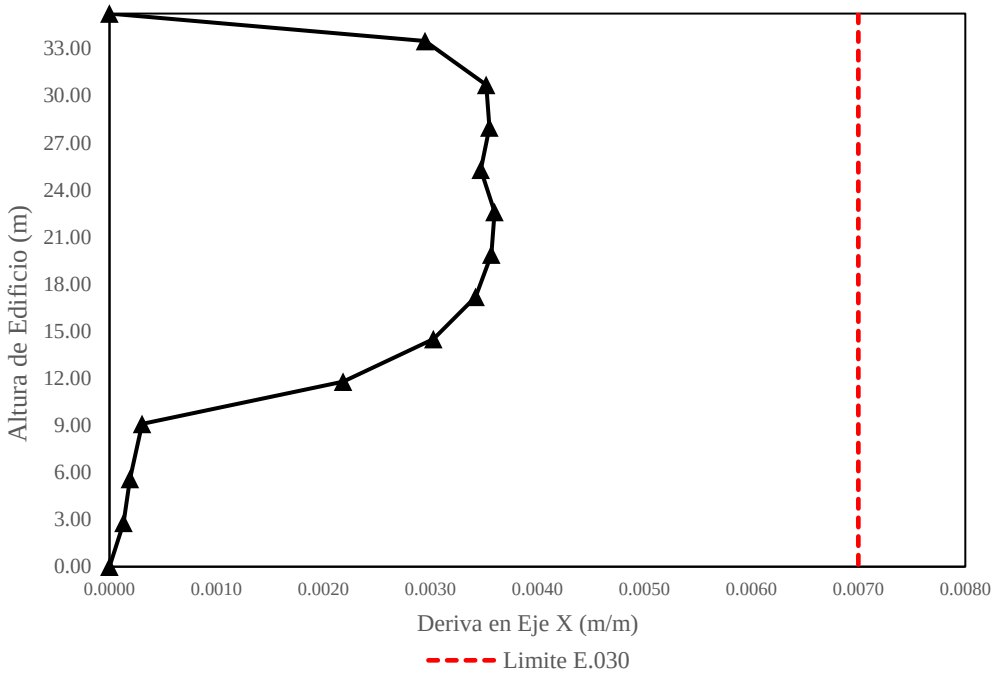


Tabla 50:

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de concreto convencional.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	32.89	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	32.89	2.19	33.50	2.80	0.0030
Piso 8	35.08	4.73	30.70	2.70	0.0067
Piso 7	30.35	4.70	28.00	2.70	0.0067
Piso 6	25.65	4.61	25.30	2.70	0.0065
Piso 5	21.04	4.75	22.60	2.70	0.0067
Piso 4	16.29	4.68	19.90	2.70	0.0066
Piso 3	11.61	4.44	17.20	2.70	0.0063
Piso 2	7.17	3.77	14.50	2.70	0.0053
Piso 1	3.40	2.76	11.80	2.70	0.0039
Sótano 1	0.63	0.34	9.10	3.50	0.0004
Sótano 2	0.29	0.17	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.12	0.12	2.80	2.80	0.0002

Figura 92

Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de concreto convencional

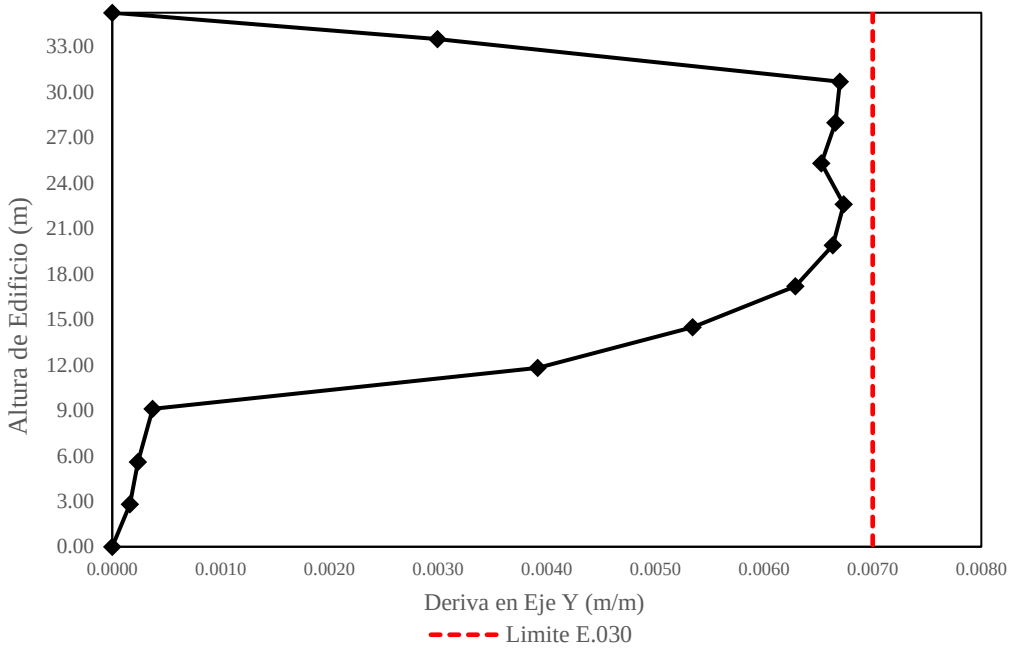


Tabla 51

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.00% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	16.42	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	16.42	2.31	33.50	2.80	0.0032
Piso 8	18.73	2.54	30.70	2.70	0.0036
Piso 7	16.19	2.53	28.00	2.70	0.0036
Piso 6	13.65	2.47	25.30	2.70	0.0035
Piso 5	11.19	2.52	22.60	2.70	0.0036
Piso 4	8.66	2.46	19.90	2.70	0.0035
Piso 3	6.20	2.33	17.20	2.70	0.0033
Piso 2	3.87	2.01	14.50	2.70	0.0028
Piso 1	1.86	1.41	11.80	2.70	0.0020
Sótano 1	0.45	0.25	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.21	0.12	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.08	0.08	2.80	2.80	0.0001

Figura 93

Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.00% FA

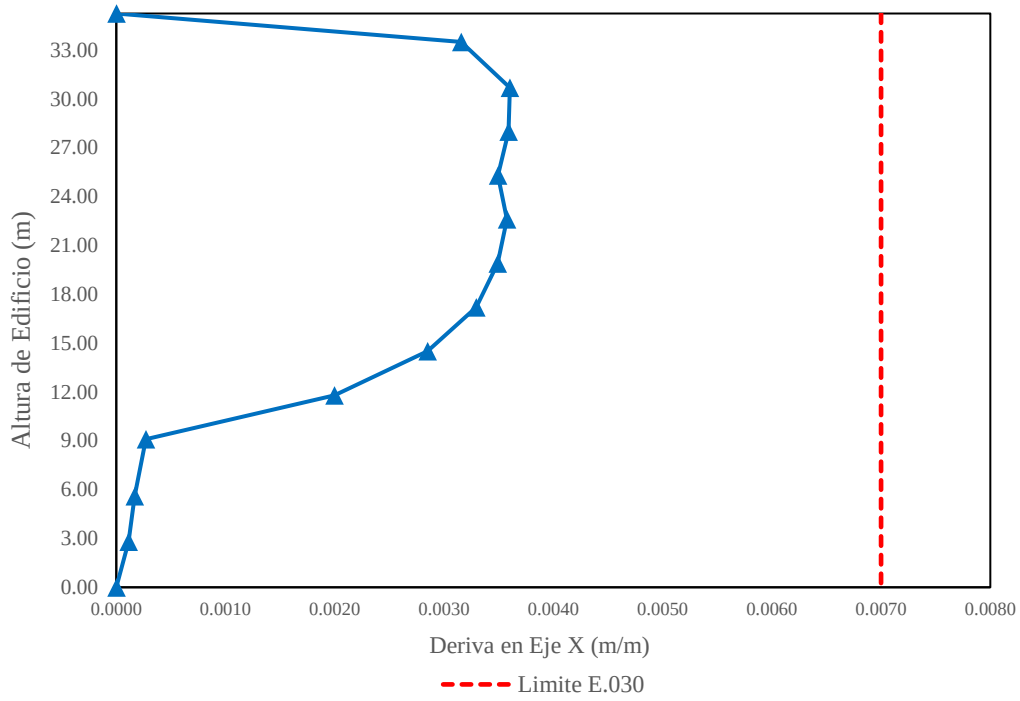


Tabla 52

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.00% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	32.40	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	32.40	2.13	33.50	2.80	0.0029
Piso 8	34.53	4.86	30.70	2.70	0.0069
Piso 7	29.67	4.77	28.00	2.70	0.0068
Piso 6	24.90	4.67	25.30	2.70	0.0066
Piso 5	20.23	4.75	22.60	2.70	0.0067
Piso 4	15.48	4.60	19.90	2.70	0.0065
Piso 3	10.88	4.27	17.20	2.70	0.0060
Piso 2	6.61	3.55	14.50	2.70	0.0050
Piso 1	3.06	2.51	11.80	2.70	0.0036
Sótano 1	0.55	0.30	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.25	0.15	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.10	0.10	2.80	2.80	0.0001

Figura 94

Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.00% FA

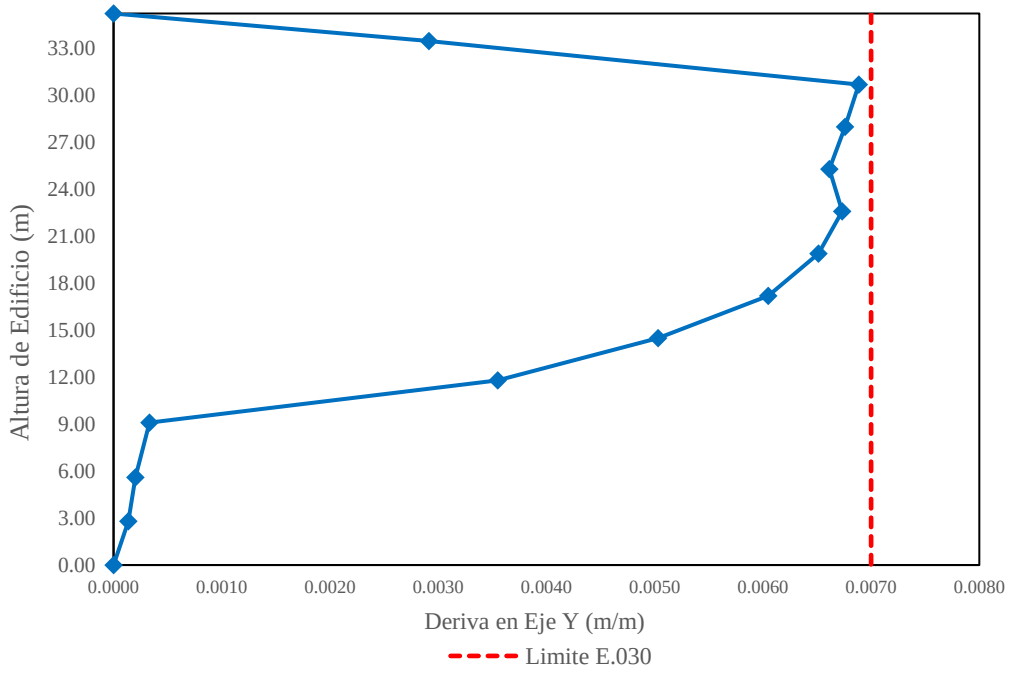


Tabla 53

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.75% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	15.33	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	15.33	2.05	33.50	2.80	0.0028
Piso 8	17.38	2.28	30.70	2.70	0.0032
Piso 7	15.10	2.30	28.00	2.70	0.0033
Piso 6	12.81	2.25	25.30	2.70	0.0032
Piso 5	10.56	2.32	22.60	2.70	0.0033
Piso 4	8.24	2.29	19.90	2.70	0.0032
Piso 3	5.94	2.19	17.20	2.70	0.0031
Piso 2	3.75	1.92	14.50	2.70	0.0027
Piso 1	1.83	1.38	11.80	2.70	0.0019
Sótano 1	0.45	0.25	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.21	0.12	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.08	0.08	2.80	2.80	0.0001

Figura 95

Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 0.75% FA

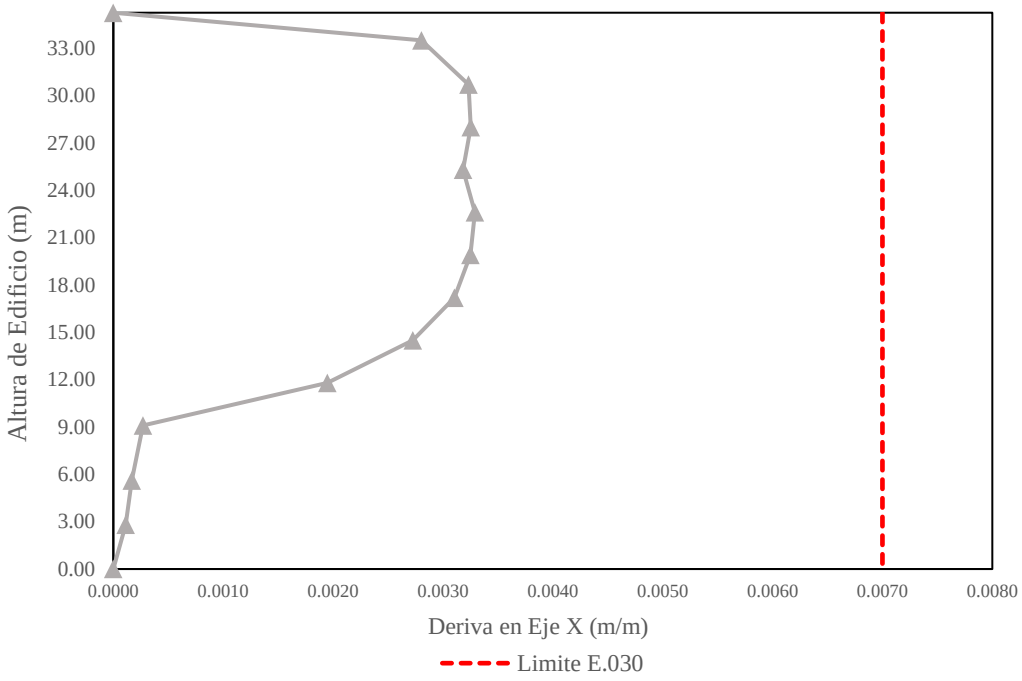


Tabla 54

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.75% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	30.01	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	30.01	1.97	33.50	2.80	0.0027
Piso 8	31.98	4.35	30.70	2.70	0.0062
Piso 7	27.63	4.32	28.00	2.70	0.0061
Piso 6	23.31	4.24	25.30	2.70	0.0060
Piso 5	19.08	4.36	22.60	2.70	0.0062
Piso 4	14.71	4.27	19.90	2.70	0.0061
Piso 3	10.44	4.02	17.20	2.70	0.0057
Piso 2	6.42	3.40	14.50	2.70	0.0048
Piso 1	3.02	2.46	11.80	2.70	0.0035
Sótano 1	0.56	0.30	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.25	0.15	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.10	0.10	2.80	2.80	0.0001

Figura 96

Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 0.75% FA

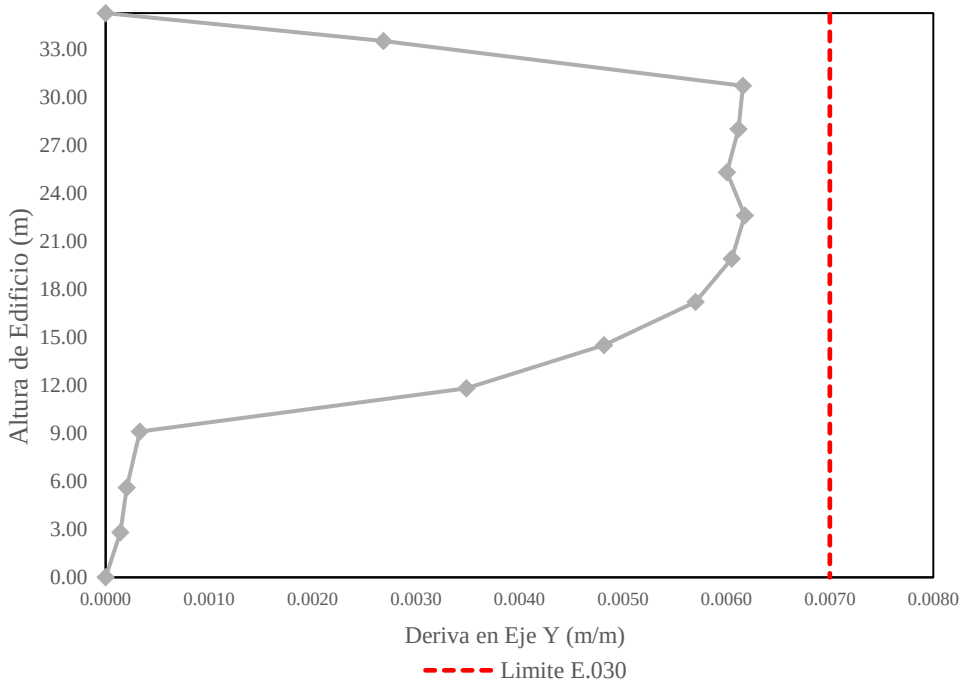


Tabla 55

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 1.25% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	15.10	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	15.10	1.98	33.50	2.80	0.0027
Piso 8	17.07	2.22	30.70	2.70	0.0031
Piso 7	14.86	2.24	28.00	2.70	0.0032
Piso 6	12.62	2.19	25.30	2.70	0.0031
Piso 5	10.43	2.27	22.60	2.70	0.0032
Piso 4	8.15	2.25	19.90	2.70	0.0032
Piso 3	5.90	2.16	17.20	2.70	0.0031
Piso 2	3.74	1.91	14.50	2.70	0.0027
Piso 1	1.83	1.37	11.80	2.70	0.0019
Sótano 1	0.46	0.25	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.21	0.12	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.08	0.08	2.80	2.80	0.0001

Figura 97

Distribución de derivas inelásticas en el eje X para estructura de CLE con 1.25% FA

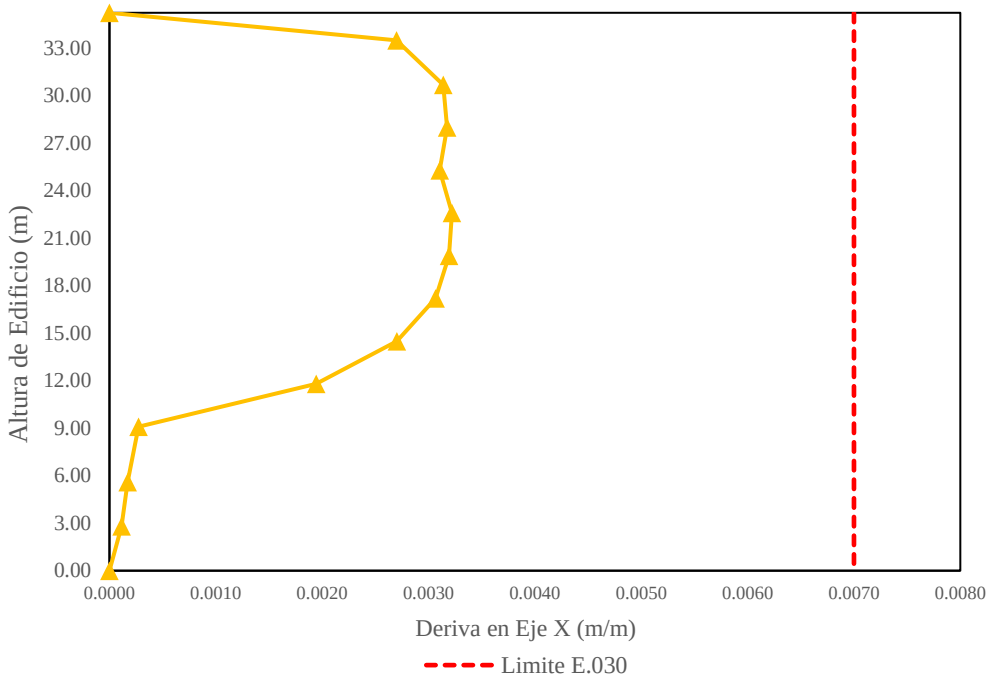


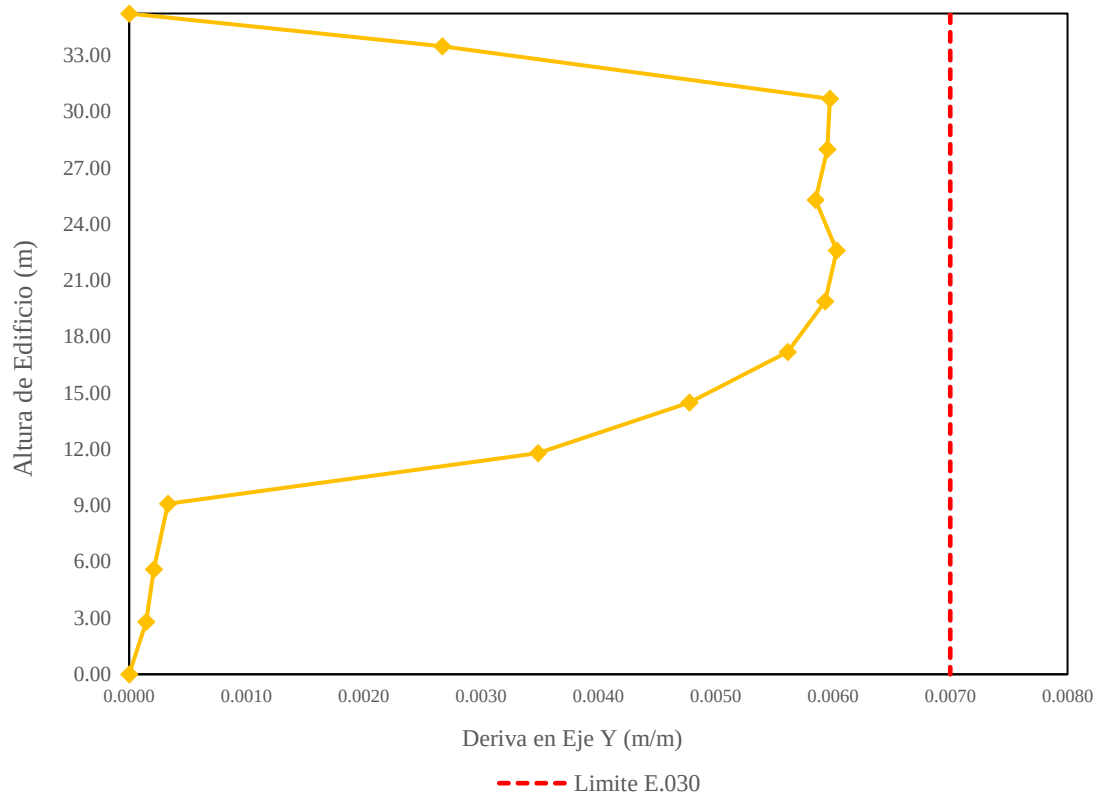
Tabla 56

Valores de desplazamientos absolutos, relativos y derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 1.25% de FA.

Nivel	D_{ix} (mm)	d_{ix} (mm)	H_i (m)	h_{ei} (m)	deriva (m/m)
Techo ASC	29.40	0.00	35.25	1.75	0.0000
Azotea	29.40	1.95	33.50	2.80	0.0027
Piso 8	31.35	4.22	30.70	2.70	0.0060
Piso 7	27.13	4.20	28.00	2.70	0.0060
Piso 6	22.93	4.13	25.30	2.70	0.0059
Piso 5	18.80	4.26	22.60	2.70	0.0060
Piso 4	14.54	4.19	19.90	2.70	0.0059
Piso 3	10.36	3.96	17.20	2.70	0.0056
Piso 2	6.39	3.37	14.50	2.70	0.0048
Piso 1	3.02	2.46	11.80	2.70	0.0035
Sótano 1	0.56	0.30	9.10	3.50	0.0003
Sótano 2	0.26	0.15	5.60	2.80	0.0002
Sótano 3	0.11	0.11	2.80	2.80	0.0001

Figura 98

Distribución de derivas inelásticas en el eje Y para estructura de CLE con 1.25% FA



6.4 Diseño de elementos horizontales

6.4.1 Vigas

Para el diseño de vigas se tuvieron las siguientes consideraciones:

- El recubrimiento fue de 4cm para vigas peraltadas, mientras que en las vigas chatas se consideró recubrimiento igual que losas, 2cm.

6.4.1.1 Secciones

Las secciones trabajadas se agrupan en la **tabla 57**. De igual manera, la distribución de estos elementos se puede verificar en la **figura 99, figura 100 y figura 101** para azotea, entrepisos y sótanos respectivamente.

Tabla 57

Listado de vigas diseñadas.

Viga	Azotea	Entrepisos	Sótano 1	Sótano 2-3
VCH 25x20 (1-Sot)	-	-	X	X
VCH 25x25 (1-Sot)	-	-	X	-
VP 15x55 (1-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (1-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (2-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (3-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (4-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (5-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (6-Sot)	-	-	X	X
VP 25x55 (7-Sot)	-	-	X	X
VP 40x55 (1-Sot)	-	-	X	X
VP 40x55 (2-Sot)	-	-	X	X
VCH 25x25 (1)	-	X	-	-
VCH 25x25 (2)	-	X	-	-
VCH 25x25 (3)	-	X	-	-
VCH 25x25 (4)	-	X	-	-
VCH 25x25 (5)	-	X	-	-
VCH 25x25 (6)	-	X	-	-
VCH 40x25 (1)	-	X	-	-
VCH 40x25 (2)	-	X	-	-
VP 15x55 (1)	-	X	-	-
VP 20x55 (1)	-	X	-	-
VP 20x70 (1)	-	X	-	-
VP 25x55 (1)	-	X	-	-
VP 25x55 (2)	-	X	-	-
VP 25x55 (3)	-	X	-	-
VP 25x55 (4)	-	X	-	-
VP 25x55 (5)	-	X	-	-
VP 25x55 (6)	-	X	-	-
VP 25x55 (7)	-	X	-	-
VP 25x55 (8)	-	X	-	-
VP 40x55 (1)	-	X	-	-
VP 15x55 (1-Az)	X	-	-	-
VP 25x70 (1-Az)	X	-	-	-
VP 25x70 (2-Az)	X	-	-	-
VP 25x70 (3-Az)	X	-	-	-
VP 25x70 (4-Az)	X	-	-	-
VP 20x55 (1-Az)	X	-	-	-
VP 20x70 (1-Az)	X	-	-	-

Viga	Azotea	Entrepisos	Sótano 1	Sótano 2-3
VP 25x55 (1-Az)	X	-	-	-
VCH 25x25 (1-Az)	X	-	-	-
VCH 25x25 (2-Az)	X	-	-	-

Figura 99

Vista en Planta, azotea, de vigas diseñadas.

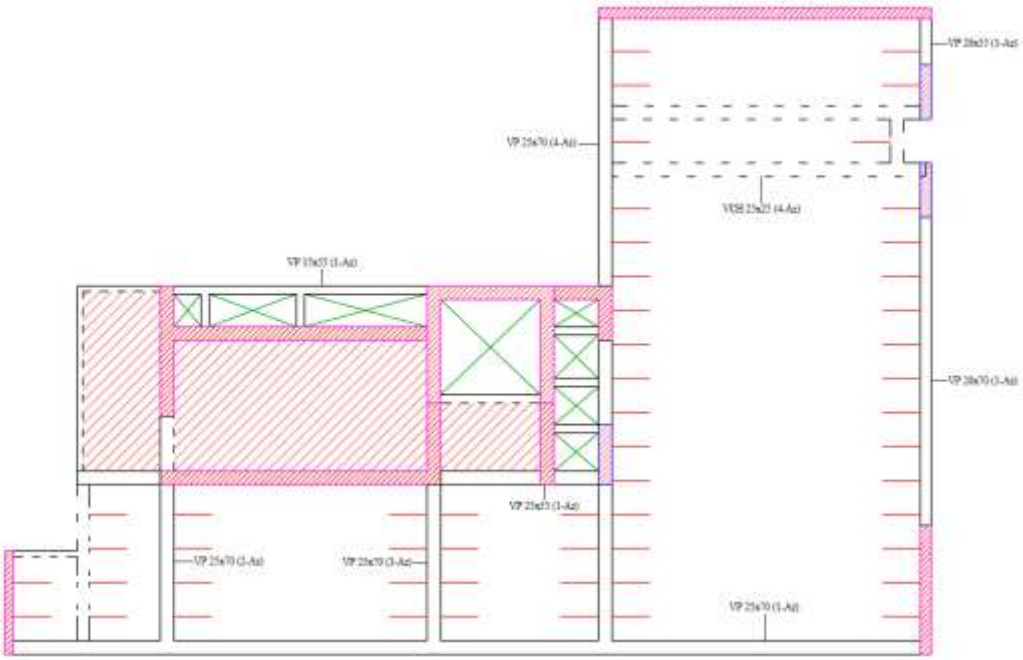


Figura 100

Vista en Planta, entrepisos, de vigas diseñadas.

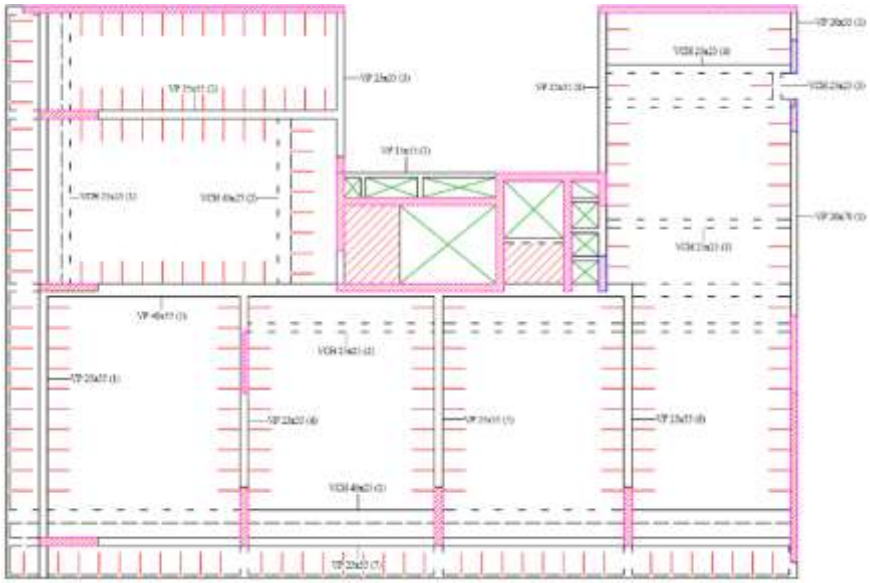
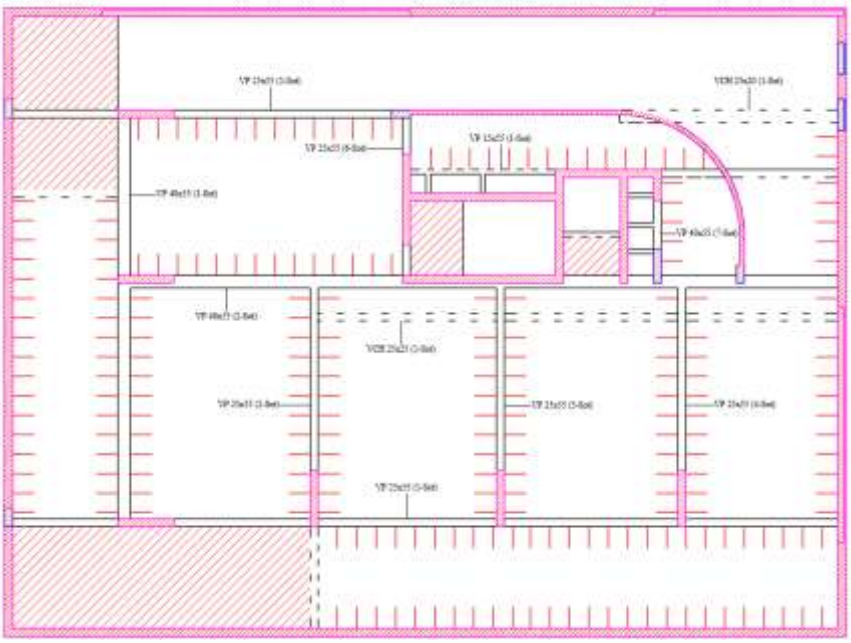


Figura 101

Vista en Planta, sótanos, de vigas diseñadas.



6.4.1.2 Diseño por flexión, corte y deflexión

Para la determinación de momentos últimos y envolventes de diseño se hizo uso de los modelos analíticos en su totalidad al igual que las cortantes de diseño. Por otro lado, los valores de deflexión máxima fueron determinado de manera manual a partir de una plantilla propia de MATHCAD programado según indicaciones del E.060.

- Envolvente de Momentos Últimos (ETABS)
- Cortantes Máximas (ETABS – Calculo Manual)
- Deflexiones Máximas (Calculo Manual)

En base a ello, el diseño fue realizado para tres zonas de un tramo de viga:

- Extremo Izquierdo
- Zona Central
- Extremo Derecho

A modo de ejemplo, la siguiente sección muestra los resultados brindados por el software respecto a las siguientes vigas:

- VP 40x55 (1-Sot)

La **figura 102, figura 103 y figura 104** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada con diseño de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25%. De igual manera, la **figura 105, figura 106 y figura 107** muestra el grafico de fuerzas cortantes máximas para la viga en cuestión. La viga se divide en un total de 2 tramos, por lo cual la misma distribución de gráficos se repite para ambos tramos (**Figura 108 a la figura 113**). El diseño completo de este elemento se puede verificar desde el **ANEXO 17** hasta el **ANEXO 20** para todos los diseños.

Figura 102

DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

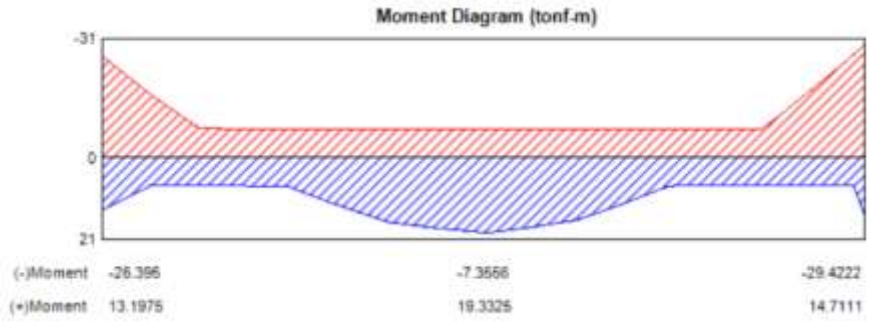


Figura 103

DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

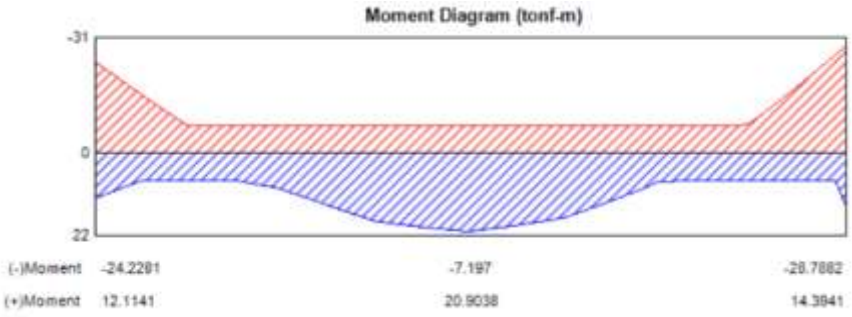


Figura 104

DMF de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA.

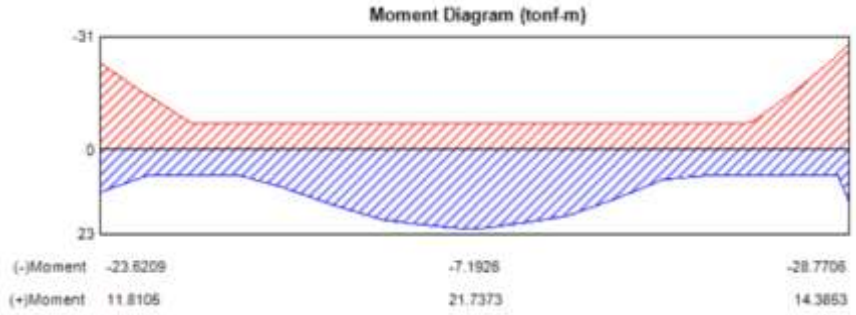


Figura 105

DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

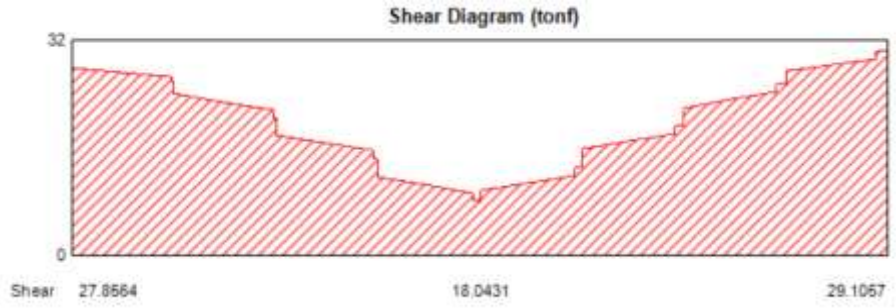


Figura 106

DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

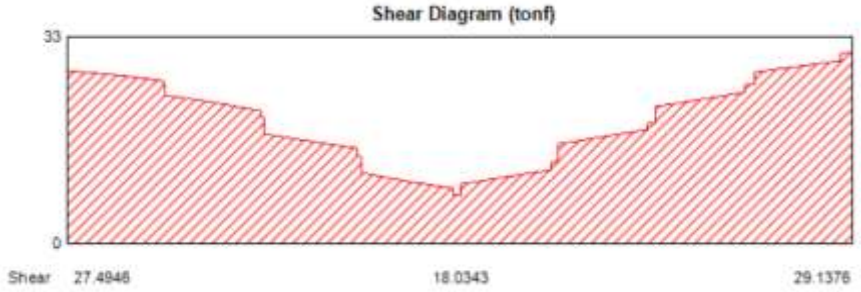


Figura 107

DFC de tramo 1 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA.

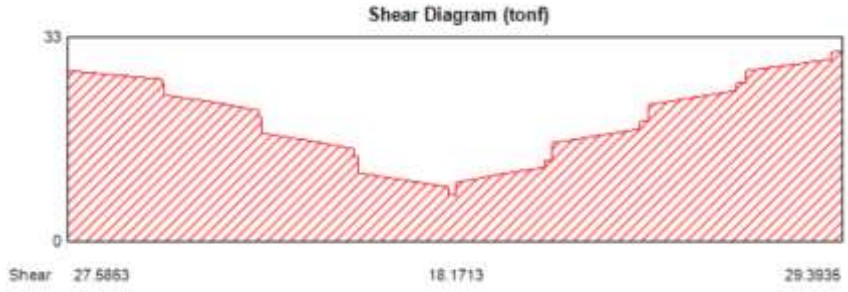


Figura 108

DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

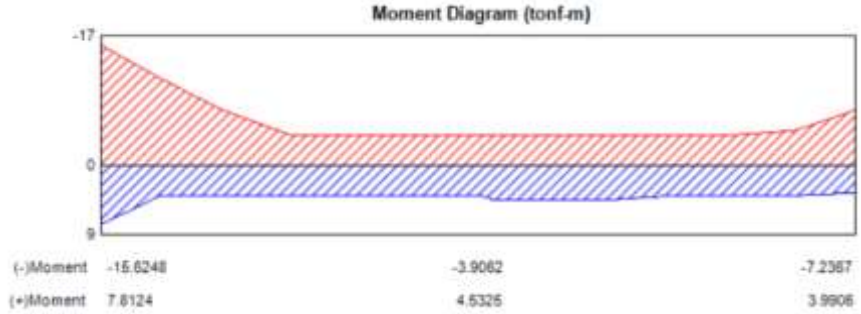


Figura 109

DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

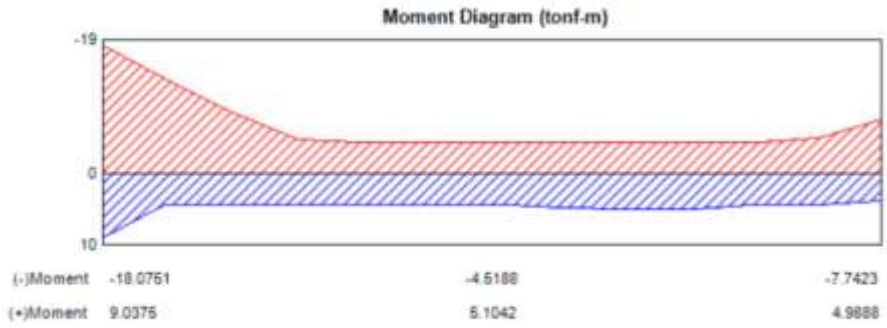


Figura 110

DMF de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA.

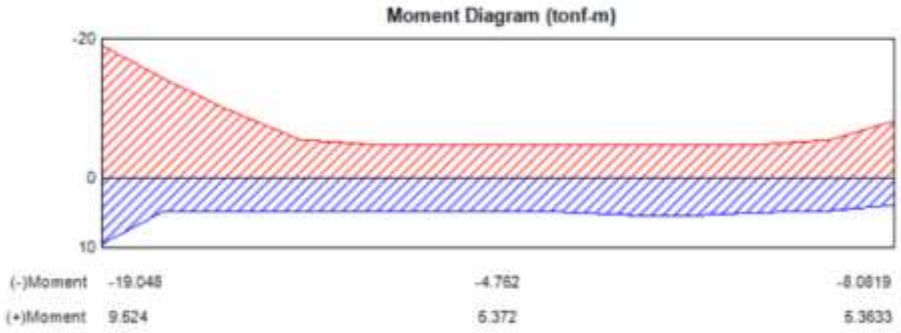


Figura 111

DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

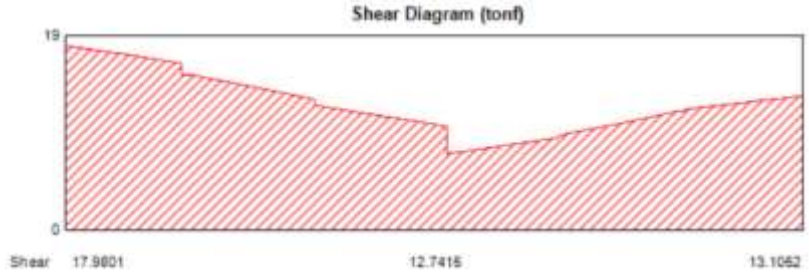


Figura 112

DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

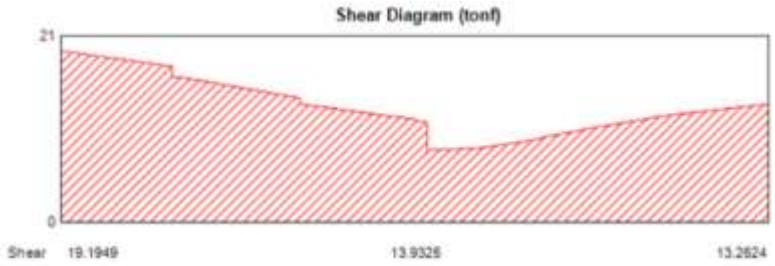
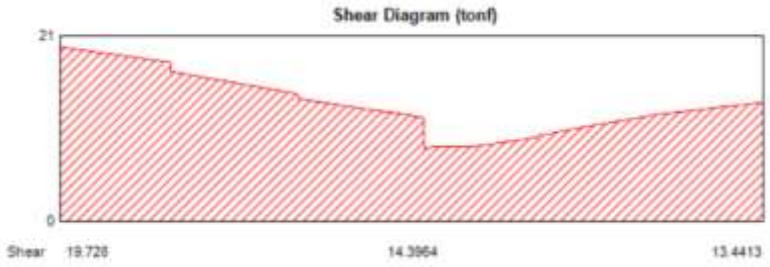


Figura 113

DFC de tramo 2 de VP 40x55 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA.



- VP 25x55 (2-Sot)

La **figura 114, figura 115 y figura 116** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. De igual manera, la **figura 117, figura 118 y figura 119** muestra el grafico de fuerzas cortantes máximas para la viga en cuestión. El diseño completo de este elemento se puede verificar desde el **ANEXO 21** hasta el **ANEXO 24** para todos los diseños.

Figura 114

DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

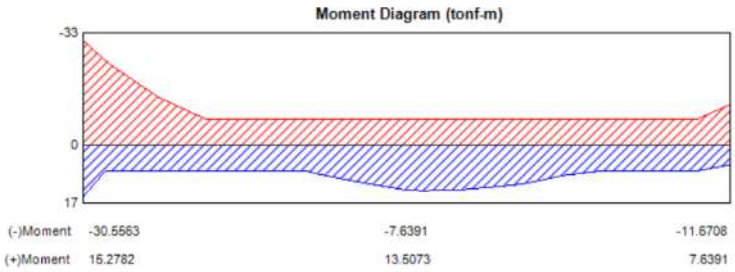


Figura 115

DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

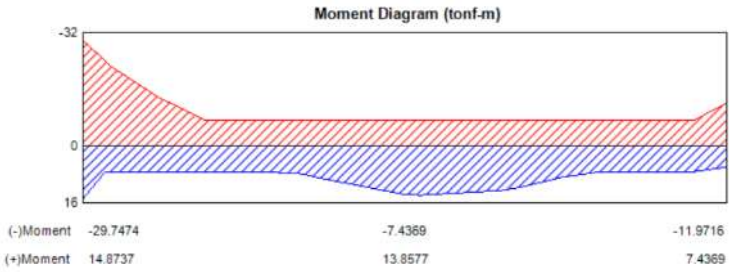


Figura 116

DMF de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 1.25% de FA.

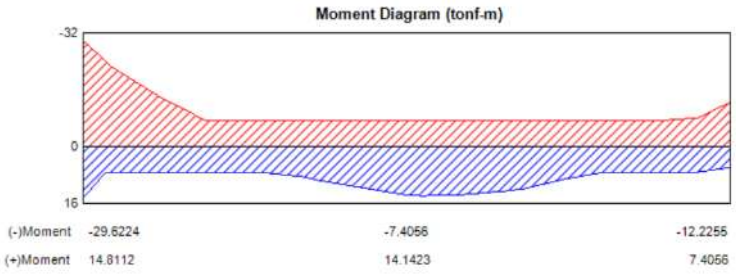


Figura 117

DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

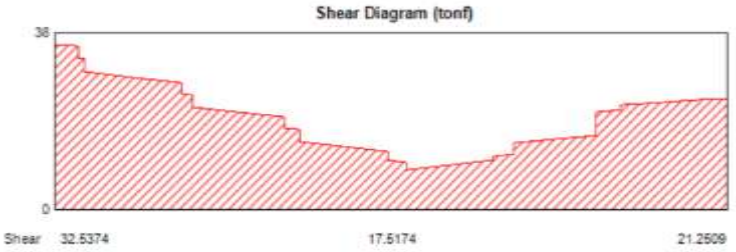


Figura 118

DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

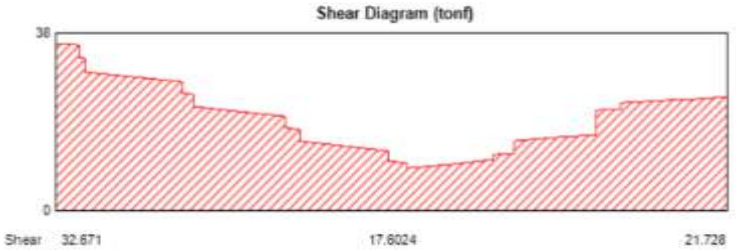
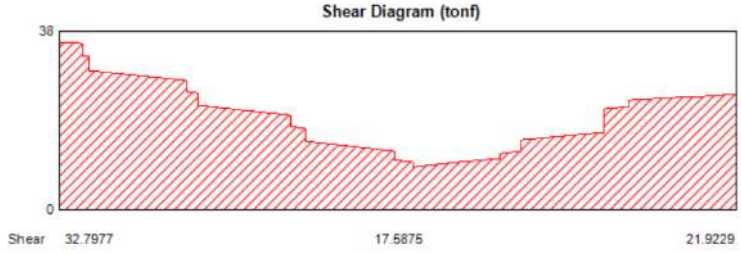


Figura 119

DFC de VP 25x55 (2-Sot) de CLE con 1.25% de FA.



- VCH 25x25 (1-Sot)

La **figura 120, figura 122 y figura 124** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada con diseño de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25%, mientras que la **figura 121, figura 123 y figura 125** muestra las fuerzas cortantes. El trabajo con las vigas chatas fue realizado únicamente utilizando cargas gravitacionales por combinación ultima n°1 como parte de la losa. Para el caso de las fuerzas cortantes en vigas chatas, se priorizó los resultados obtenidos por calculo manual mediante el metrado de cargas realizado en MATHCAD. El diseño completo de este elemento se puede verificar desde el **ANEXO 25** hasta el **ANEXO 28** para todos los diseños.

Figura 120

DMF de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

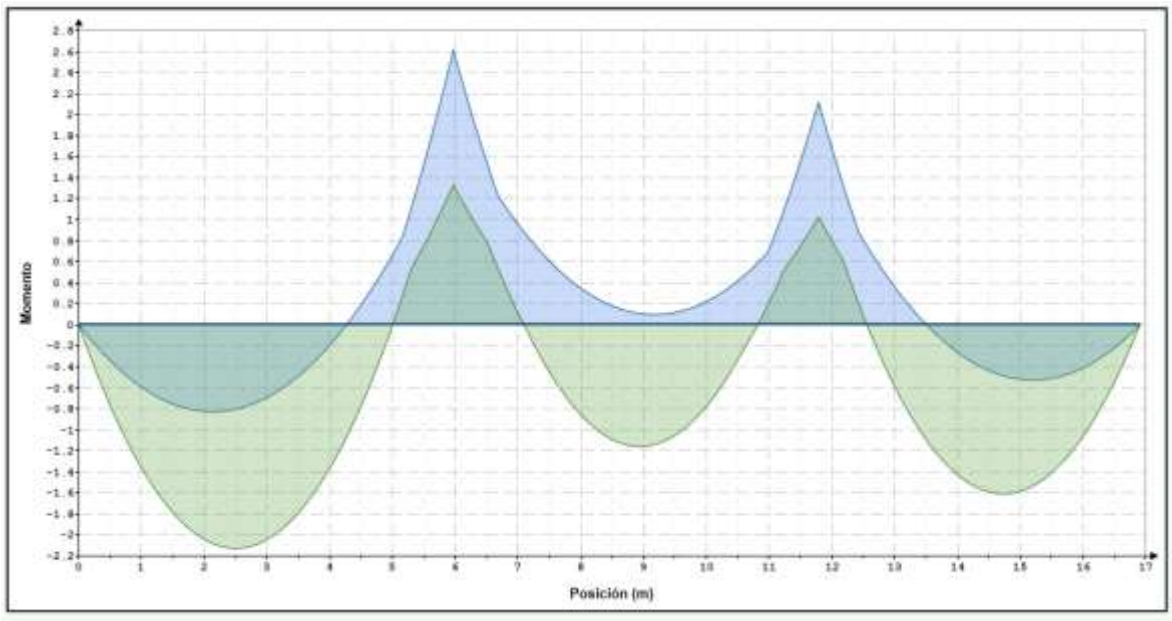


Figura 121

DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

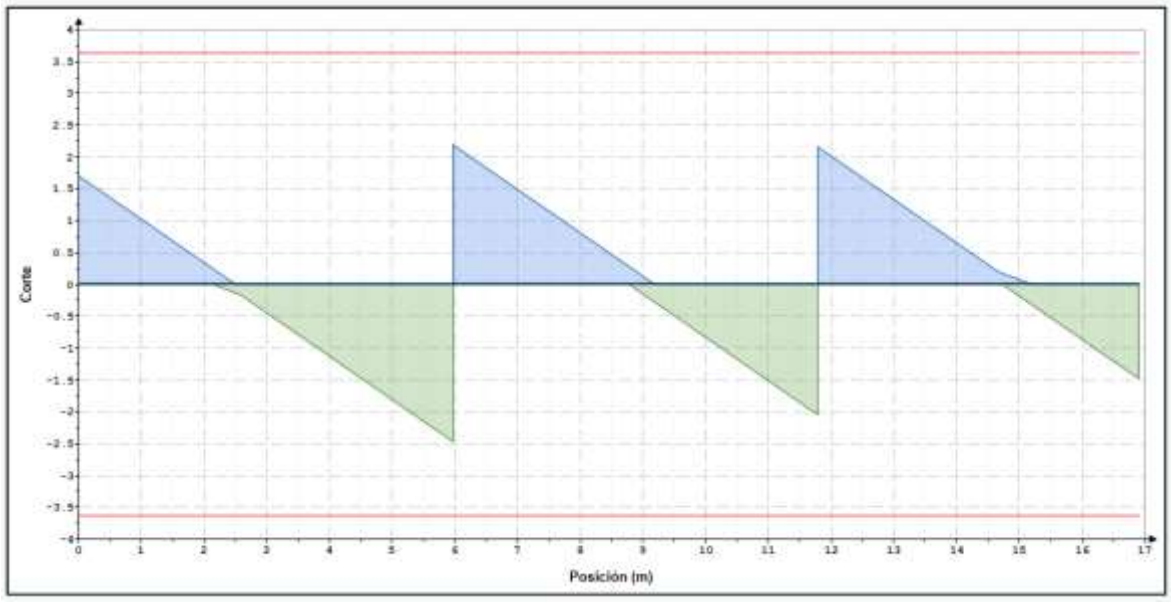


Figura 122

DMF de tramo 1 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

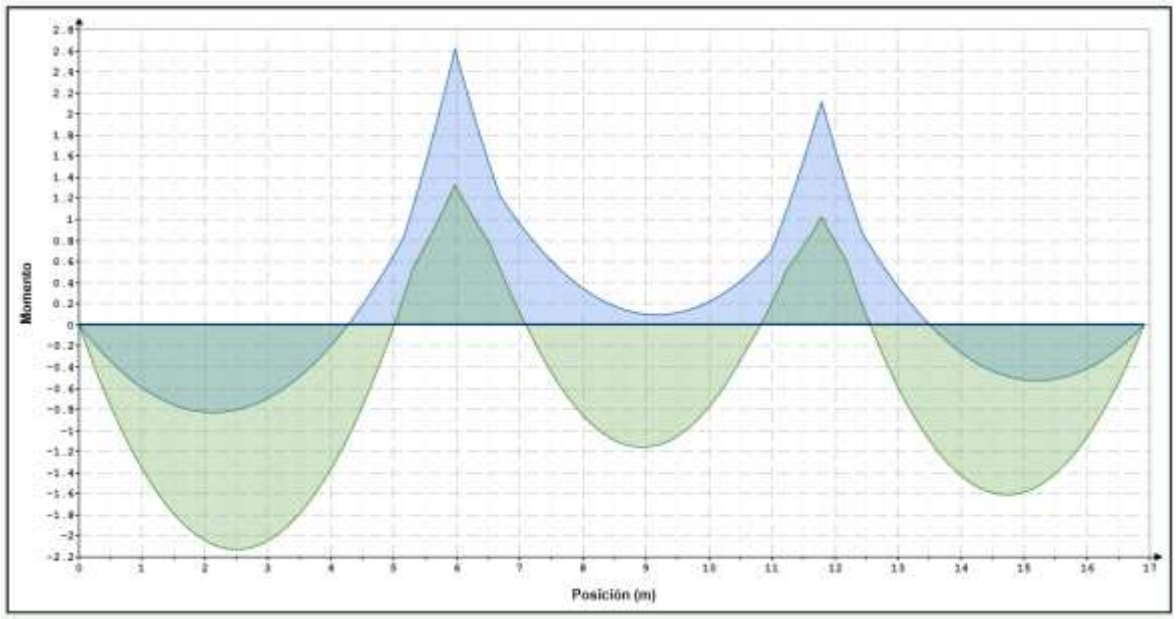


Figura 123

DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.00% de FA.

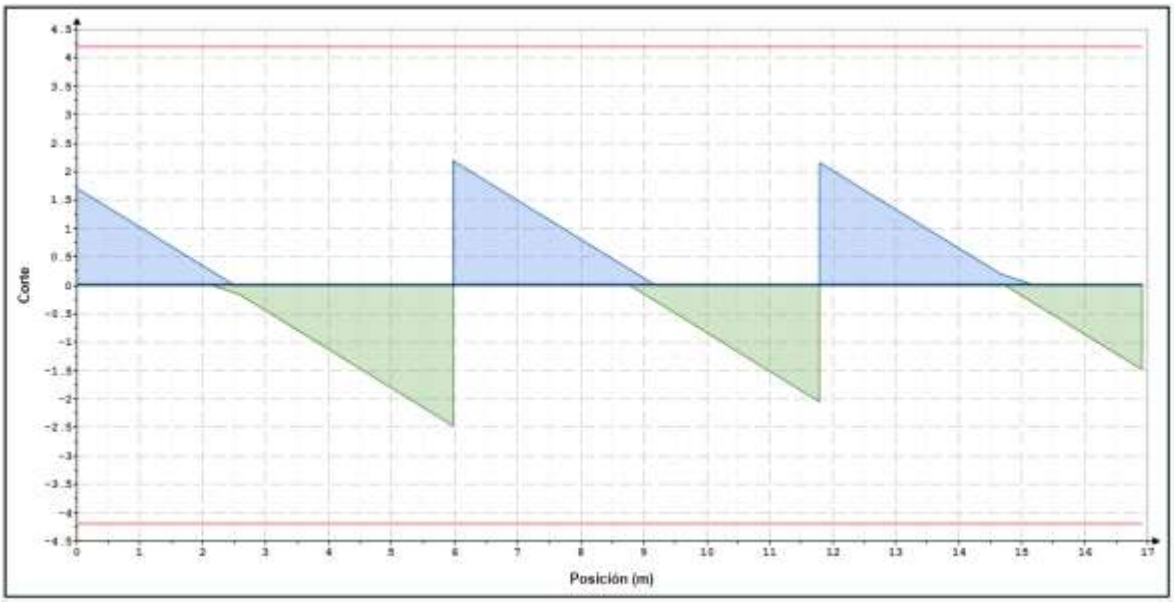


Figura 124

DMF de tramo 1 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 0.75% de FA.

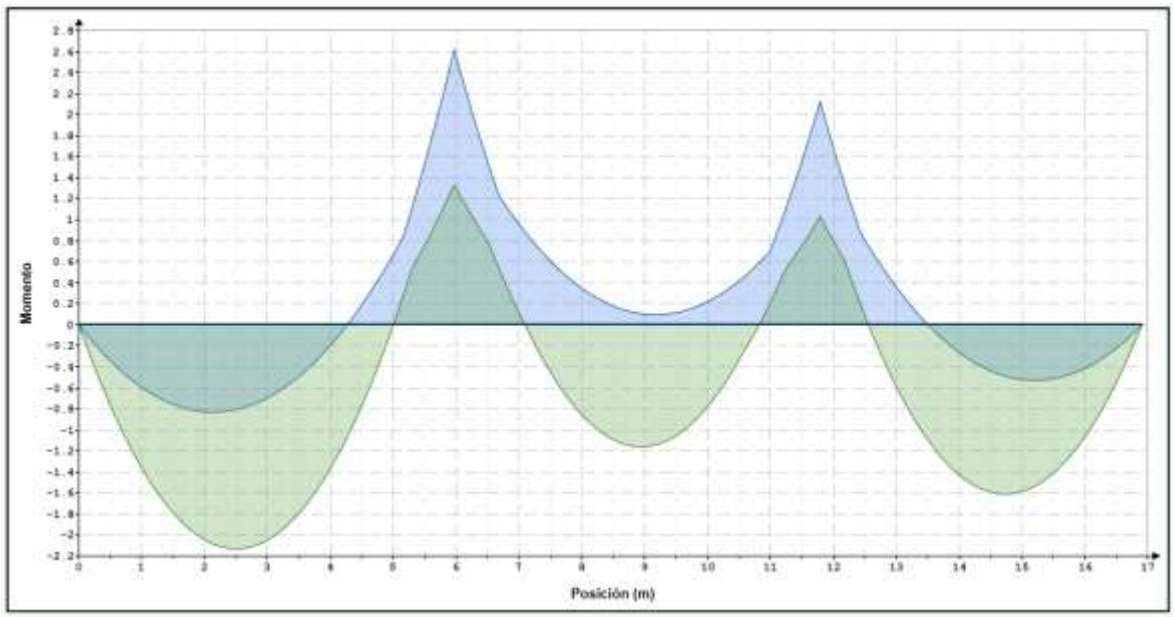
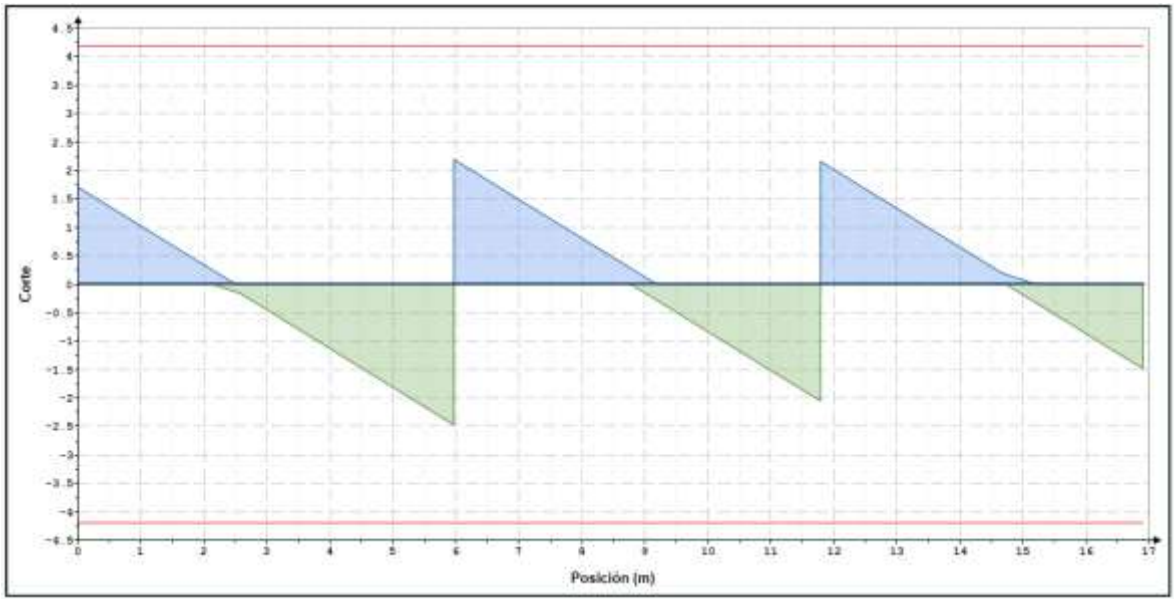


Figura 125

DFC de tramo 1 al 3 de VCH 25x25 (1-Sot) de CLE con 1.25% de FA.



- VP 25x55 (5)

La **figura 126, figura 127 y figura 128** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. De igual manera, la **figura 129, figura 130 y figura 131** muestra el grafico de fuerzas cortantes máximas para la viga en cuestión. El diseño completo de este elemento se puede verificar desde el **ANEXO 29** hasta el **ANEXO 32** para todos los diseños.

Figura 126

DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 0.00% de FA.

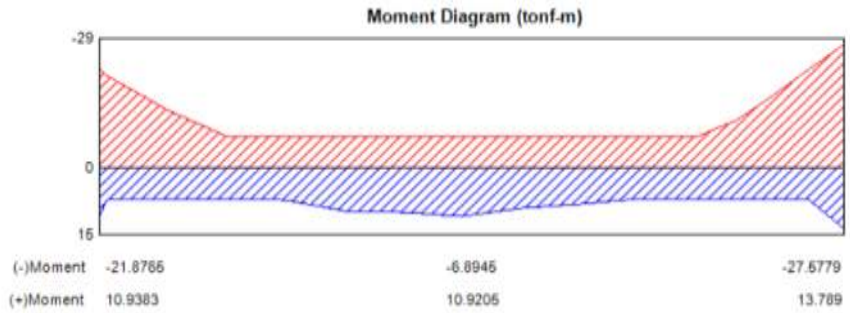


Figura 127

DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 0.75% de FA.

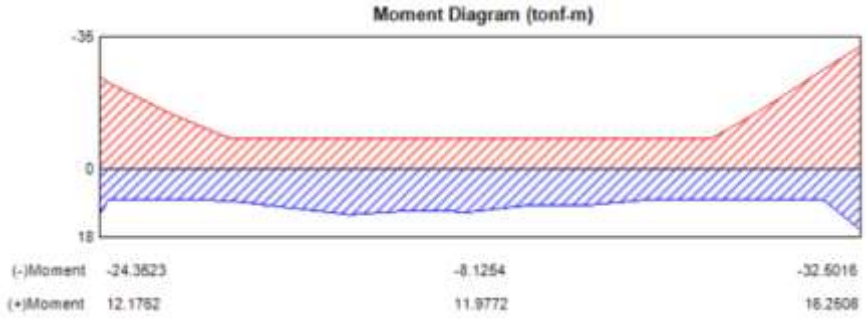


Figura 128

DMF de VP 25x55 (5) de CLE con 1.25% de FA.

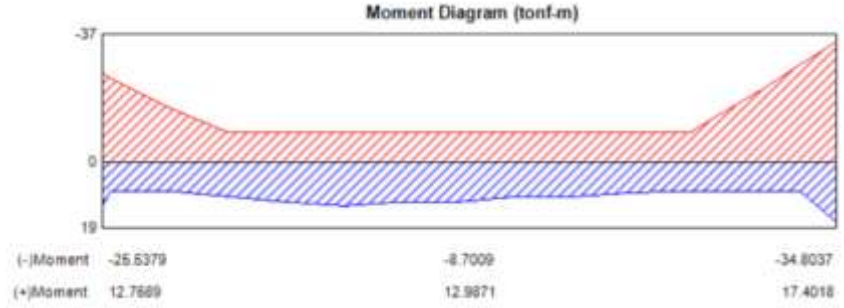


Figura 129

DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 0.00% de FA.

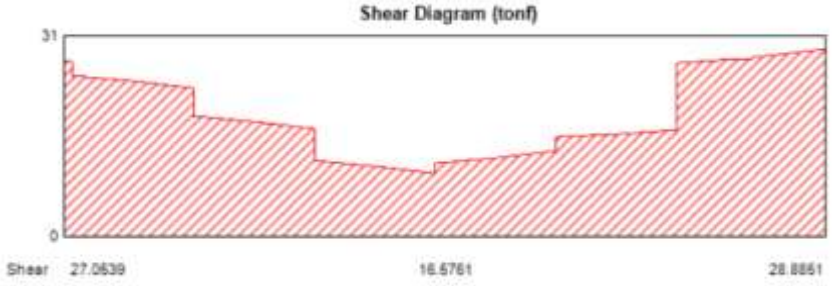


Figura 130

DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 0.75% de FA.

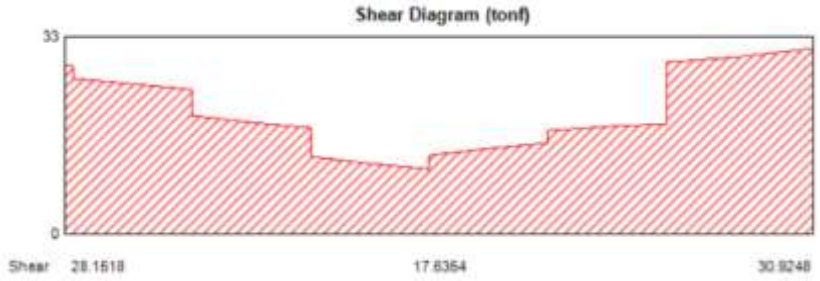
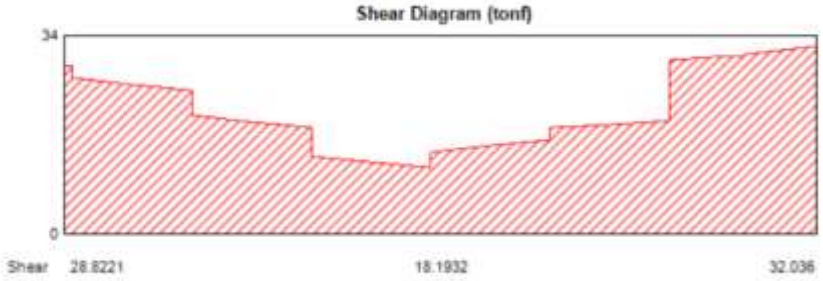


Figura 131

DFC de VP 25x55 (5) de CLE con 1.25% de FA.



- VCH 25x25 (1)

La **figura 132, figura 134 y figura 136** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada con diseño de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25%. De igual manera, la **figura 133, figura 135 y figura 137** muestra el grafico de fuerzas cortantes máximas para la viga en cuestión. La viga se divide en un total de 2 tramos, por lo cual la misma distribución de gráficos se repite para ambos tramos. El diseño completo de este elemento se puede verificar desde el **ANEXO 33** hasta el **ANEXO 36** para todos los diseños.

Figura 132

DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA.

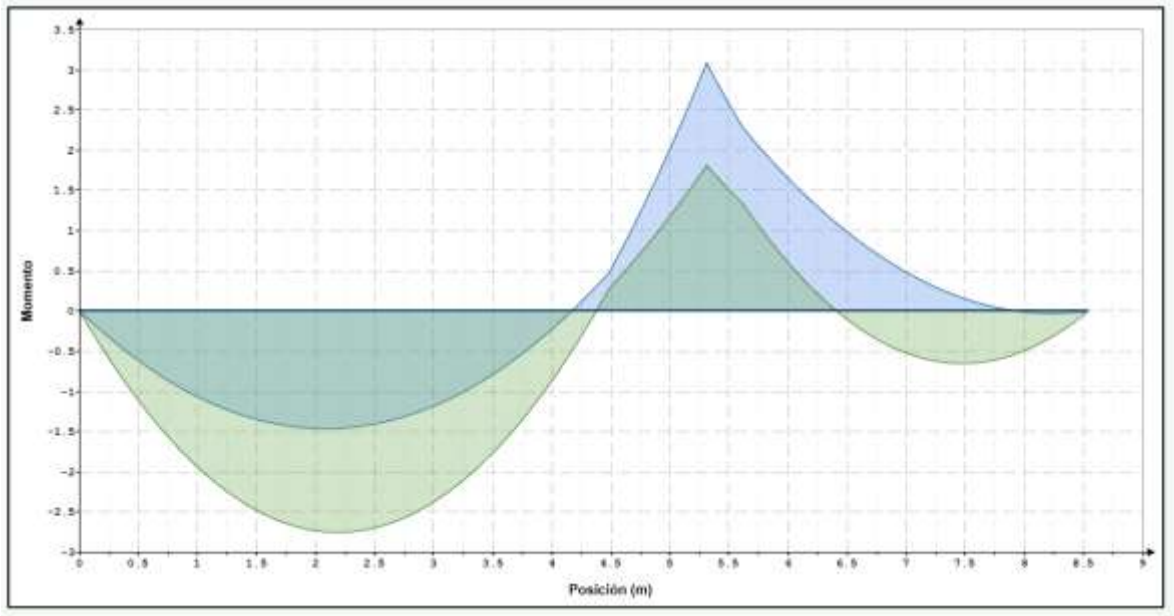


Figura 133

DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA.

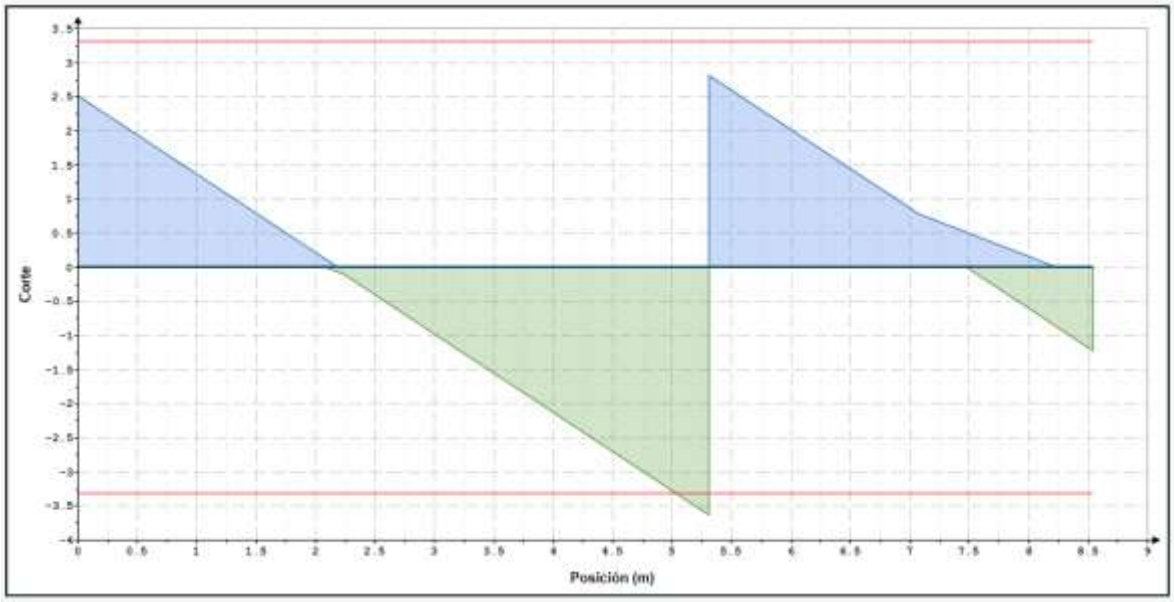


Figura 134

DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.75% de FA.

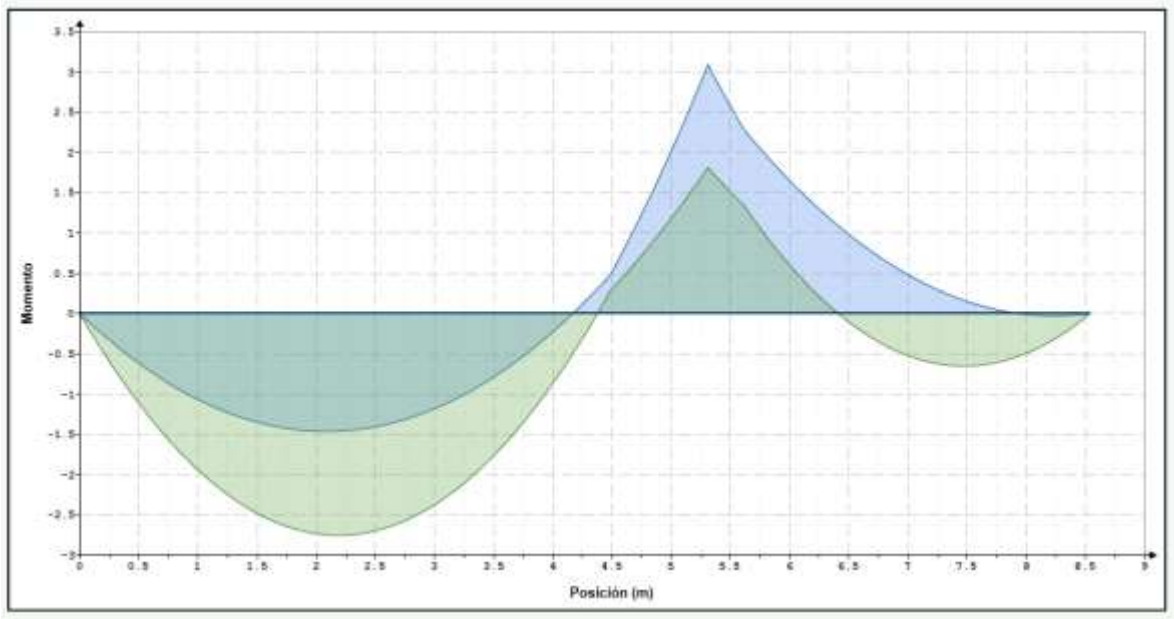


Figura 135

DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.00% de FA.

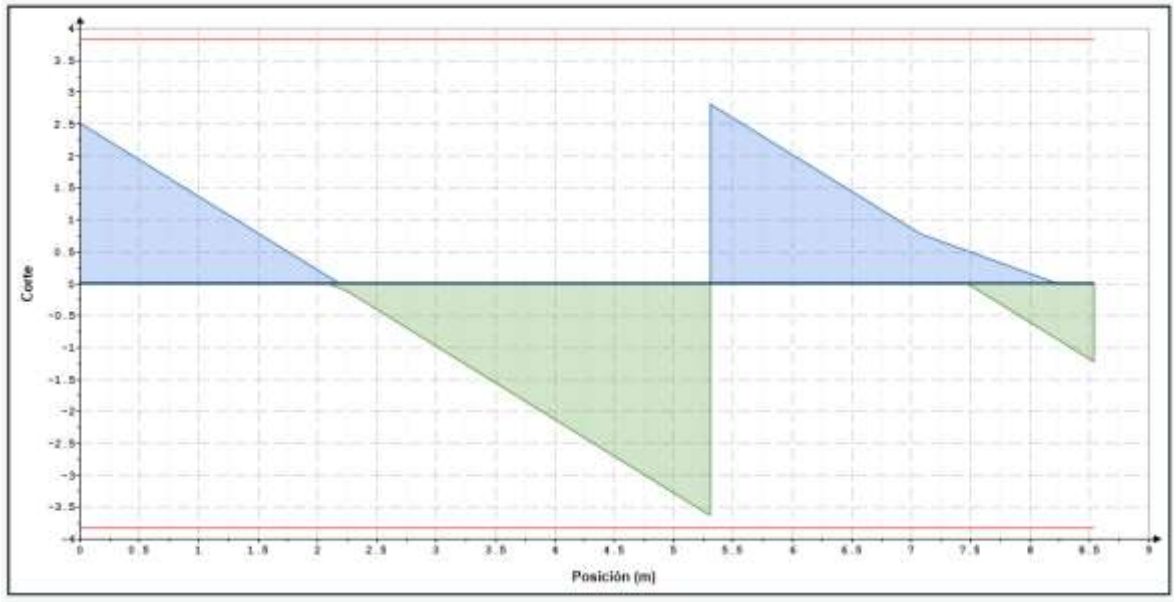


Figura 136

DMF de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 0.75% de FA.

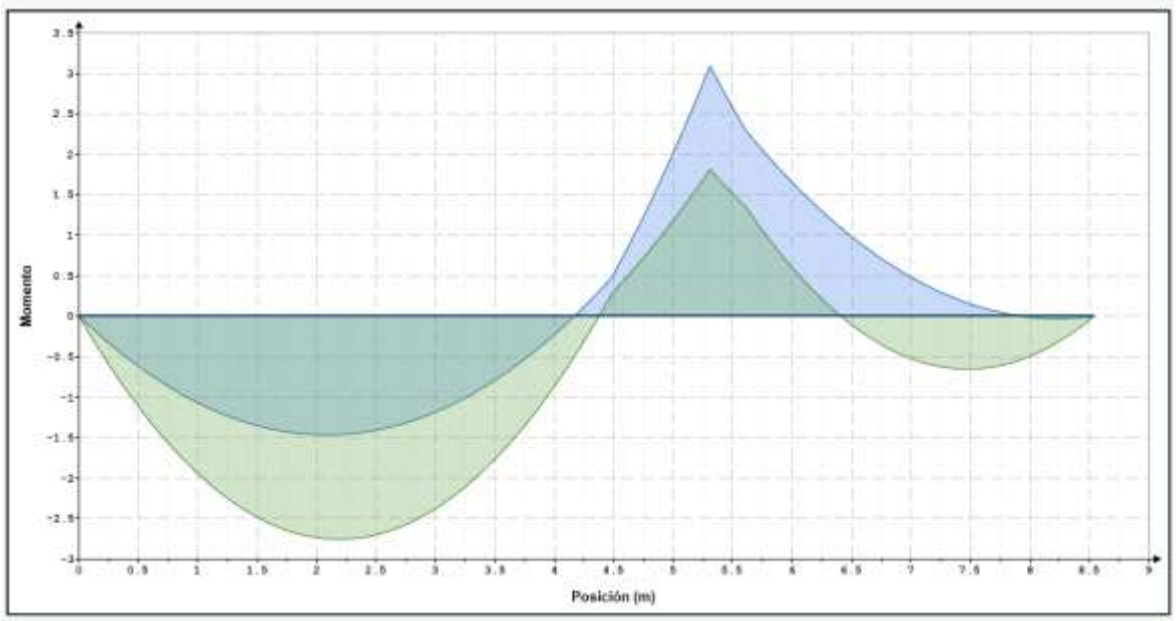
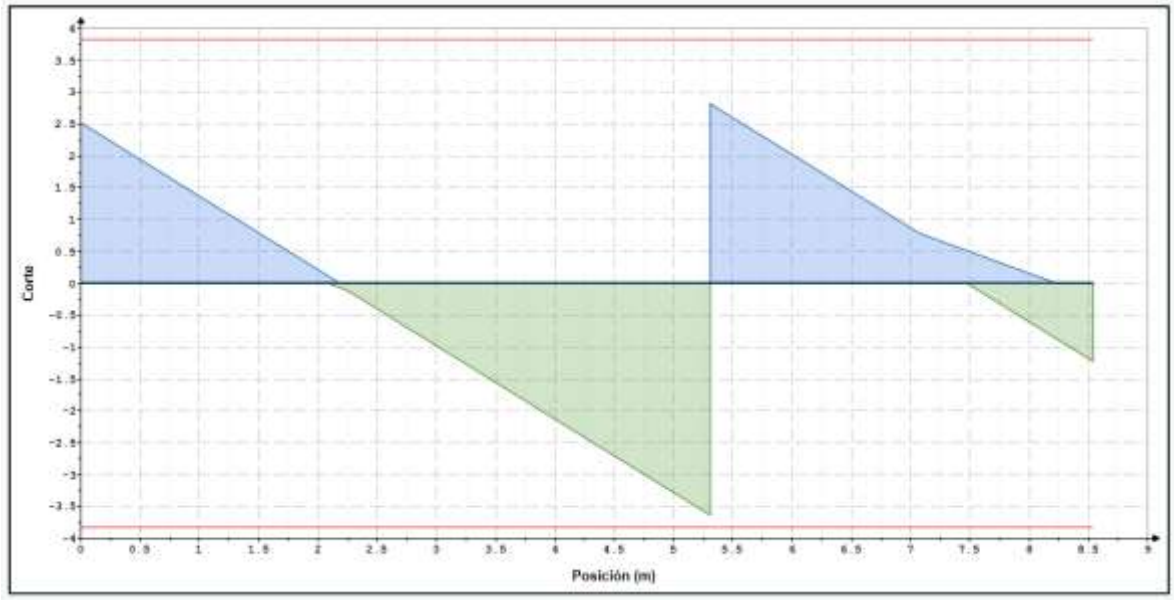


Figura 137

DFC de tramo 1 al 2 de VCH 25x25 (1) de CLE con 1.25% de FA.



- VP 20x70 (1-Az)

La **figura 138, figura 139 y figura 140** muestra las envolventes de momento flector para la viga anteriormente mencionada para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. De igual manera, la **figura 141, figura 142 y figura 143** muestra el grafico de fuerzas cortantes máximas para la viga en cuestión.

Figura 138

DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.00% de FA.

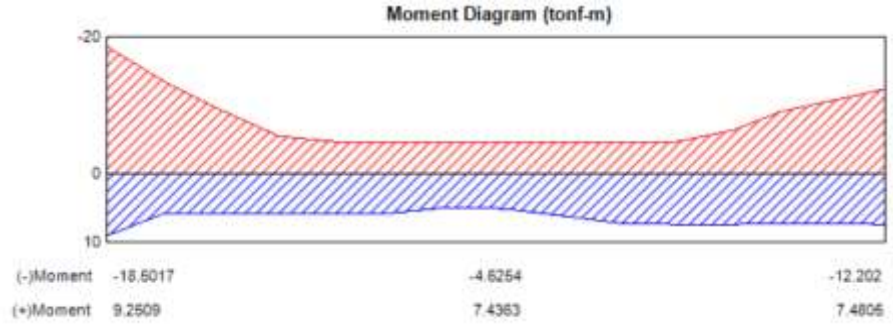


Figura 139

DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.75% de FA.

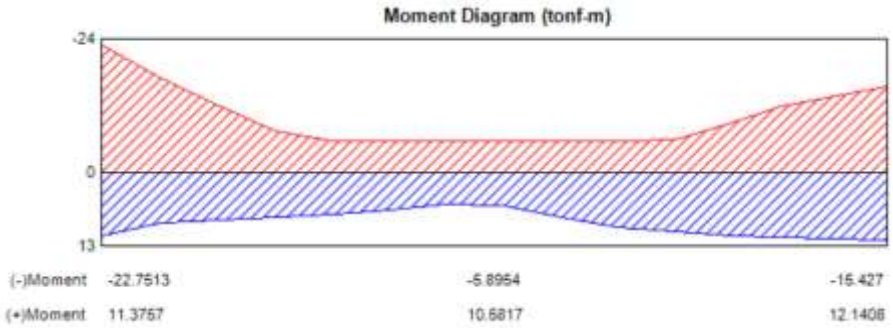


Figura 140

DMF de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 1.25% de FA.

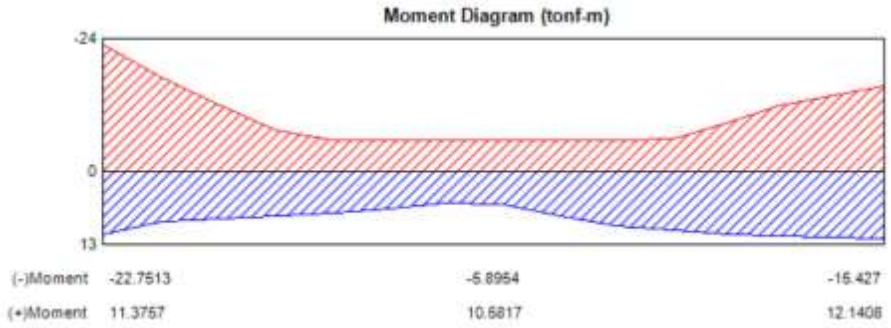


Figura 141

DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.00% de FA.

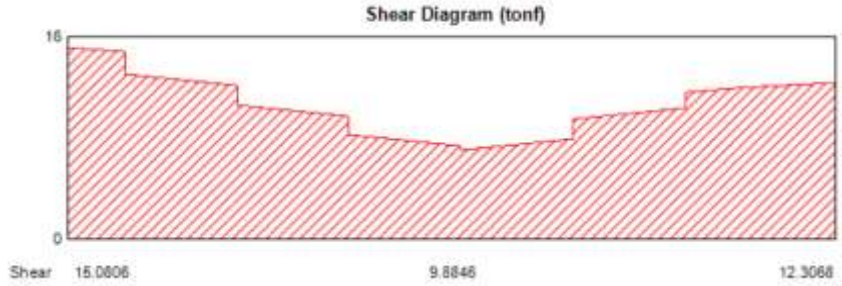


Figura 142

DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 0.75% de FA.

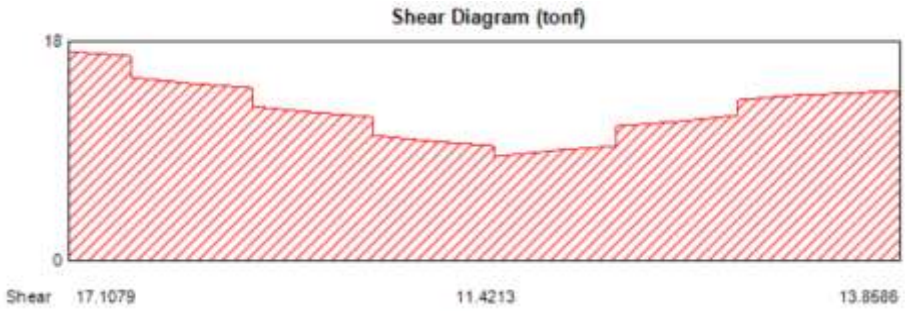
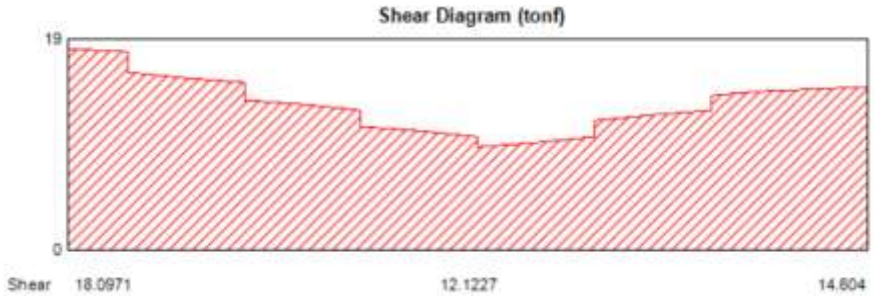


Figura 143

DFC de VP 20x70 (1-Az) de CLE con 1.25% de FA.



La misma practica se realizó para todas las vigas mencionadas en la **tabla 57**, con lo que se pudo determinar todos los momentos flectores y las fuerzas cortantes para proceder con el diseño. El resultado de la extracción de información se puede visualizar en la **tabla 58** y **tabla 59**, donde se aprecia los momentos flectores últimos y fuerzas cortantes respectivamente.

En base a ello, la **tabla 60** brinda información sobre el resultado de los diseños por flexión/deflexión para las vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA, mientras que la **tabla 61** muestra el refuerzo de corte para cada diseño de CLE.

Tabla 58

Momentos flectores últimos ejercidos en vigas para todos los diseños de CLE.

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
VCH 25x20 (1-Sot)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.35	-	-	1.35	-	-	1.35	-
VCH 25x25 (1-Sot)	1	-	-	-	2.60	-	-	2.60	-	-	2.60
		+	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.15	-
	2	-	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10
		+	-	1.10	-	-	1.10	-	-	1.20	-
	3	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.10	-	-
		+	-	1.60	-	-	1.60	-	-	1.60	-
VP 15x55 (1-Sot)	1	-	0.99	0.32	1.30	1.28	0.38	1.52	1.42	0.41	1.64
		+	0.50	0.45	0.65	0.64	0.53	0.76	0.71	0.58	0.82
VP 25x55 (1-Sot)	1	-	5.28	1.32	1.66	6.39	1.60	1.60	6.94	1.73	1.73
		+	2.64	2.08	1.63	3.20	2.36	2.26	3.47	2.54	2.57
	2	-	5.96	1.49	5.77	6.09	1.52	5.81	6.21	1.55	5.86
		+	2.98	2.82	2.89	3.05	2.77	2.90	3.10	2.77	2.93
	3	-	9.52	2.64	10.58	9.18	2.69	10.75	9.12	2.73	10.92
		+	4.76	5.66	5.29	4.59	5.80	5.38	5.46	5.92	5.46
	4	-	10.00	2.50	9.30	10.25	2.56	8.95	10.45	2.61	8.87
		+	5.00	5.11	4.65	5.12	5.22	4.48	5.22	5.32	4.43
	5	-	7.21	2.14	8.57	6.81	2.26	9.06	6.69	2.34	9.35
		+	3.60	4.23	4.28	3.40	4.23	4.53	3.35	4.27	6.47
VP 25x55 (2-Sot)	1	-	30.56	7.64	11.67	29.75	7.44	11.97	29.62	7.41	12.13
		+	15.27	13.50	7.64	14.87	13.86	7.44	14.81	14.14	7.41

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
VP 25x55 (3-Sot)	1	-	21.44	5.36	20.95	20.62	5.28	21.13	20.40	5.34	21.37
		+	10.72	11.99	10.48	10.31	12.40	10.56	10.20	12.70	10.68
VP 25x55 (4-Sot)	1	-	22.67	5.67	12.80	21.69	5.42	13.39	21.39	5.35	13.78
		+	11.34	12.58	6.40	10.85	12.84	6.69	10.69	13.06	6.89
VP 25x55 (5-Sot)	1	-	5.78	1.45	1.45	7.05	1.76	1.76	7.64	1.91	1.91
		+	2.89	2.37	2.10	3.53	2.91	2.99	3.82	3.19	3.42
	2	-	23.53	5.88	19.18	22.75	5.69	19.60	22.57	5.64	19.94
		+	11.77	12.95	9.59	11.38	13.21	9.80	11.28	13.44	9.97
VP 25x55 (6-Sot)	1	-	2.62	1.56	6.24	3.04	2.16	8.63	3.19	2.41	9.66
		+	4.00	1.56	3.25	4.81	2.16	4.43	5.11	2.41	4.89
	2	-	11.59	6.22	2.90	16.80	9.67	2.78	19.08	11.19	2.68
		+	15.67	10.66	5.40	23.76	16.29	5.97	27.40	18.84	6.13
VP 25x55 (7-Sot)	1	-	0.74	0.88	3.53	1.18	1.26	4.60	1.35	1.45	5.17
		+	1.47	1.16	1.77	2.15	1.62	2.30	2.41	1.81	2.59
VP 40x55 (1-Sot)	1	-	26.39	7.36	29.42	24.23	7.20	28.79	23.62	7.19	28.77
		+	13.20	19.33	14.71	12.11	20.90	14.39	11.81	21.74	14.39
	2	-	15.62	3.91	7.24	18.08	4.52	7.74	19.05	4.76	8.08
		+	7.81	4.53	3.99	9.04	5.10	4.99	9.52	5.37	5.36
VP 40x55 (2-Sot)	1	-	29.38	9.18	36.74	27.95	9.36	37.44	27.63	9.52	38.09
		+	14.69	23.15	18.37	13.97	23.87	18.72	13.81	24.44	19.05
	2	-	3.40	2.00	5.74	4.92	3.10	8.18	5.60	3.54	9.09
		+	3.83	1.48	2.87	5.91	2.23	4.09	6.72	2.58	4.54
	3	-	8.02	7.69	2.00	9.85	10.15	2.46	10.52	11.51	2.64
		+	8.63	2.00	3.27	11.13	2.46	4.62	12.37	2.64	5.12
VCH 25x25 (1)	1	-	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
	2	+	-	2.80	-	-	2.70	-	-	2.70	-
		-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-
		+	-	0.60	-	-	0.60	-	-	0.60	-
VCH 25x25 (2)	1	-	-	-	2.60	-	-	2.60	-	-	2.60
		+	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.15	-
	2	-	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10
		+	-	1.10	-	-	1.10	-	-	1.20	-
	3	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.10	-	-
		+	-	1.60	-	-	1.60	-	-	1.60	-
VCH 25x25 (3)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.80	-	-	1.80	-	-	1.90	-
VCH 25x25 (4)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.80	-	-	1.80	-	-	1.90	-
VCH 25x25 (5)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.80	-	-	1.80	-	-	1.90	-
VCH 25x25 (6)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	2.30	-	-	2.30	-	-	2.30	-
VCH 40x25 (1)	1	-	-	-	5.40	-	-	5.40	-	-	5.40
		+	-	4.20	-	-	4.20	-	-	4.20	-
	2	-	5.40	-	3.90	5.40	-	3.90	5.40	-	3.90
		+	-	2.30	-	-	2.30	-	-	2.30	-
	3	-	3.90	-	4.00	3.90	-	4.00	3.90	-	4.00
		+	-	2.50	-	-	2.50	-	-	2.50	-
	4	-	4.00	-	-	4.00	-	-	4.00	-	-
		+	-	2.80	-	-	2.80	-	-	2.80	-

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
VCH 40x25 (2)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	3.50	-	-	3.50	-	-	3.60	-
VP 15x55 (1)	1	-	1.73	0.43	0.32	2.79	0.70	0.51	3.30	0.82	0.73
		+	0.87	0.43	0.55	1.40	0.70	0.98	1.65	0.82	1.18
VP 20x55 (1)	1	-	3.79	1.68	6.73	4.87	1.97	6.95	5.30	2.20	6.95
		+	5.70	1.92	4.27	7.86	3.29	4.17	8.81	3.93	4.07
VP 20x70 (1)	1	-	22.60	5.65	14.89	28.89	7.22	19.45	31.62	7.90	21.44
		+	11.30	8.48	8.23	14.45	11.68	13.85	15.81	13.19	16.45
VP 25x55 (1)	1	-	26.86	6.72	26.80	27.74	6.94	27.38	28.12	7.03	27.64
		+	13.43	14.65	13.40	13.87	15.82	13.70	14.06	16.47	13.82
	2	-	14.75	3.69	10.15	17.16	4.29	9.96	17.98	4.50	9.80
		+	7.37	3.79	5.07	8.58	4.29	6.23	8.99	4.52	6.70
	3	-	10.33	4.97	19.89	10.72	5.84	23.36	10.64	6.23	24.46
		+	13.99	4.97	9.94	16.22	5.84	11.68	16.84	6.11	12.23
VP 25x55 (2)	1	-	29.20	7.30	7.65	28.09	7.02	7.43	27.84	6.96	8.91
		+	14.60	16.51	12.92	14.05	16.96	13.10	13.92	17.34	13.32
VP 25x55 (3)	1	-	31.01	14.02	31.54	39.75	18.85	36.62	42.98	20.79	37.92
		+	35.47	16.32	27.03	45.22	21.78	31.75	48.84	23.98	32.97
	2	-	18.36	4.59	12.51	22.58	5.65	14.54	24.42	6.11	15.22
		+	9.18	11.04	6.36	11.81	13.76	8.92	13.30	15.04	9.75
VP 25x55 (4)	1	-	31.47	7.87	14.56	32.47	8.12	16.13	35.42	8.85	18.36
		+	15.73	14.50	7.87	16.24	14.69	8.12	17.71	15.17	9.18
VP 25x55 (5)	1	-	21.88	6.89	27.58	24.35	8.13	32.50	25.54	8.70	34.80
		+	10.94	10.92	13.79	12.18	11.98	16.25	12.77	12.99	17.40
VP 25x55 (6)	1	-	22.14	5.54	14.56	22.15	5.54	15.64	24.28	6.07	18.76

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
		+	11.07	11.84	7.28	11.08	12.20	7.82	12.14	12.55	9.38
VP 25x55 (7)	1	-	14.97	3.74	8.74	18.75	5.05	9.08	20.33	5.88	9.10
		+	7.49	4.48	4.93	9.38	5.05	6.78	10.16	5.25	7.44
	2	-	10.35	2.69	10.77	10.66	2.98	11.91	10.67	3.09	12.34
		+	5.17	3.70	5.38	5.33	4.21	5.96	5.33	4.45	6.17
	3	-	11.09	2.77	9.67	12.20	3.07	10.00	12.69	3.17	10.30
		+	5.55	3.77	4.83	6.13	4.32	5.00	6.34	4.56	5.01
	4	-	9.66	3.30	13.20	10.54	4.02	16.09	10.79	4.29	17.16
		+	5.01	4.28	6.60	7.30	5.13	8.04	8.11	5.47	8.58
VP 25x55 (8)	1	-	0.56	1.85	7.40	0.65	2.11	8.45	0.67	2.22	8.86
		+	2.53	1.85	3.70	3.38	2.11	4.23	3.72	2.22	4.43
	2	-	15.60	3.90	11.83	19.57	4.89	13.03	21.36	5.34	13.46
		+	7.80	6.19	5.82	9.78	7.54	6.51	10.68	8.23	6.73
VP 40x55 (1)	1	-	29.49	10.80	40.31	30.86	11.59	46.34	31.66	12.36	49.45
		+	14.74	22.00	20.15	15.43	22.59	23.17	15.83	23.25	24.73
	2	-	15.56	19.90	2.91	17.59	19.83	2.87	18.83	20.45	2.90
		+	7.78	10.01	1.46	8.80	8.43	1.44	9.41	8.08	1.45
	3	-	4.73	1.18	2.23	4.71	1.18	2.42	4.81	1.20	2.51
		+	2.37	3.43	2.37	2.36	3.60	2.54	2.41	3.72	2.67
VP 15x55 (1-Az)	1	-	1.73	0.43	0.32	2.79	0.70	0.51	3.30	0.82	0.73
		+	0.87	0.43	0.55	1.40	0.70	0.98	1.65	0.82	1.18
VP 25x70 (1-Az)	1	-	13.77	5.24	6.11	15.53	6.39	5.44	16.23	6.81	5.27
		+	1.53	4.84	4.69	1.36	6.40	6.05	1.33	7.19	6.73
VP 25x70 (2-Az)	1	-	9.99	20.47	39.97	10.22	20.98	40.89	10.47	21.49	41.87
		+	9.99	9.99	19.99	10.22	10.22	20.45	10.47	10.47	20.94

Viga	Tramo	Refuerzo	Mu (tonf.m)								
			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
VP 25x70 (3-Az)	2	-	31.42	16.65	19.38	35.57	20.30	16.46	37.01	21.66	15.26
		+	28.17	14.57	19.10	29.53	16.35	16.51	29.73	16.84	15.33
	1	-	5.08	9.59	20.33	4.90	9.13	19.60	4.93	9.27	19.73
		+	5.08	5.08	10.17	4.90	4.90	9.80	4.93	4.93	9.87
VP 25x70 (4-Az)	1	-	3.51	9.74	14.03	3.78	10.57	15.12	3.96	11.10	15.83
		+	3.51	3.51	7.01	3.78	3.78	7.56	3.96	3.96	7.92
	2	-	1.59	1.87	6.36	1.58	2.00	6.33	1.58	2.09	6.34
		+	3.24	1.59	3.18	3.23	1.58	3.16	3.18	1.58	3.17
	3	-	16.43	4.74	8.00	20.47	7.21	7.95	22.21	8.23	7.92
		+	8.21	7.66	4.20	10.24	10.16	5.12	11.47	11.33	5.55
VP 20x55 (1-Az)	1	-	3.25	1.24	3.91	3.91	1.73	3.66	4.14	1.92	3.56
		+	4.94	2.25	2.47	6.47	3.35	2.17	7.08	3.80	2.04
VP 20x70 (1-Az)	1	-	18.50	4.63	12.20	22.75	5.90	15.43	22.75	5.90	15.43
		+	8.35	7.44	7.48	11.38	10.58	12.14	11.38	10.58	12.14
VP 25x55 (1-Az)	1	-	3.78	6.27	12.07	3.93	6.48	12.40	4.01	6.61	12.63
		+	3.02	3.02	6.03	3.10	3.10	6.20	3.16	3.16	6.32
	2		5.23	2.69	6.31	6.59	3.76	8.16	7.12	4.21	8.89
			5.38	2.26	3.16	6.92	2.90	4.08	7.45	3.13	4.44
VCH 25x25 (1-Az)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.80	-	-	1.80	-	-	1.90	-
VCH 25x25 (2-Az)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+	-	1.80	-	-	1.80	-	-	1.90	-

Tabla 59

Fuerzas cortantes ejercidos en vigas para todos los diseños de CLE.

Viga	Tramo	Vu (tonf)					
		CLE con 0.00% FA		CLE con 0.75% FA		CLE con 1.25% FA	
		Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.
VCH 25x20 (1-Sot)	1	1.10	1.30	1.10	1.30	1.10	1.30
VCH 25x25 (1-Sot)	1	1.70	2.50	1.70	2.50	1.70	2.50
	2	2.50	2.00	2.50	2.10	2.50	2.10
	3	2.00	1.50	2.10	1.40	2.10	1.40
VP 15x55 (1-Sot)	1	3.52	4.90	3.58	4.96	3.61	5.00
VP 25x55 (1-Sot)	1	11.59	9.33	12.31	8.79	9.92	8.54
	2	11.28	10.90	11.38	10.96	11.47	11.02
	3	13.06	13.50	13.08	13.70	13.18	13.88
	4	13.01	13.04	13.23	13.06	13.43	13.16
	5	11.83	12.23	11.85	12.59	11.94	12.83
VP 25x55 (2-Sot)	1	32.54	21.25	32.67	21.73	32.80	21.92
VP 25x55 (3-Sot)	1	30.47	25.02	30.35	25.21	30.52	25.49
VP 25x55 (4-Sot)	1	29.76	17.32	29.45	17.49	29.47	17.66
VP 25x55 (5-Sot)	1	12.02	9.24	12.90	8.55	13.42	8.35
	2	28.11	22.56	27.97	22.74	28.09	22.98
VP 25x55 (6-Sot)	1	19.56	23.03	22.40	25.88	24.10	27.64
	2	26.68	26.82	34.34	36.91	38.44	41.36
VP 25x55 (7-Sot)	1	10.43	13.96	10.42	14.32	10.44	14.73
VP 40x55 (1-Sot)	1	27.86	29.11	27.49	29.14	27.59	29.39
	2	17.98	13.11	19.19	13.26	19.73	13.44
VP 40x55 (2-Sot)	1	32.25	27.49	32.21	28.06	32.44	28.53
	2	16.08	19.17	17.26	20.37	17.61	20.78
	3	24.37	16.71	23.50	18.50	24.12	12.06
VCH 25x25 (1)	1	2.50	3.60	2.50	3.60	2.50	3.60
	2	3.60	1.30	3.60	1.30	3.60	1.30

Viga	Tramo	Vu (tonf)					
		CLE con 0.00% FA		CLE con 0.75% FA		CLE con 1.25% FA	
		Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.
VCH 25x25 (2)	1	1.70	2.50	1.70	2.50	1.70	2.50
	2	2.50	2.00	2.50	2.10	2.50	2.10
	3	2.00	1.50	2.10	1.40	2.10	1.40
VCH 25x25 (3)	1	1.50	2.10	1.50	2.10	1.50	2.10
VCH 25x25 (4)	1	1.50	2.10	1.50	2.10	1.50	2.10
VCH 25x25 (5)	1	1.50	2.10	1.50	2.10	1.50	2.10
VCH 25x25 (6)	1	1.70	2.30	1.70	2.30	1.70	2.30
VCH 40x25 (1)	1	3.30	4.80	3.30	4.80	3.30	4.80
	2	4.80	3.90	4.80	3.90	4.80	3.90
	3	3.90	4.00	3.90	4.00	3.90	4.00
	4	4.00	2.70	4.00	2.70	4.00	2.70
VCH 40x25 (2)	1	2.20	2.30	2.20	2.30	2.20	2.30
VP 15x55 (1)	1	3.35	2.76	3.78	2.80	3.95	2.81
VP 20x55 (1)	1	12.66	14.13	15.43	16.90	16.57	18.07
VP 20x70 (1)	1	18.29	15.75	21.34	18.14	22.77	19.23
VP 25x55 (1)	1	26.23	25.05	26.63	25.44	26.91	25.70
	2	12.78	11.08	14.02	11.31	14.54	11.43
	1	14.66	20.65	17.79	23.79	18.71	24.76
VP 25x55 (2)	1	27.34	17.27	27.29	17.57	27.39	17.75
VP 25x55 (3)	1	91.67	94.76	112.36	115.48	130.34	132.80
	2	21.11	12.66	22.23	14.63	24.20	15.45
VP 25x55 (4)	1	27.73	16.42	28.31	17.51	29.20	18.61
VP 25x55 (5)	1	27.05	28.89	28.15	30.92	28.82	32.04
VP 25x55 (6)	1	26.43	22.43	26.46	22.91	27.16	24.19
VP 25x55 (7)	1	15.59	12.92	17.47	13.66	18.35	14.05
	2	10.93	11.05	11.09	11.51	11.16	11.73
	3	11.26	10.74	11.73	10.92	11.95	10.99
	4	10.69	12.02	11.47	13.45	11.81	14.06

Viga	Tramo	Vu (tonf)					
		CLE con 0.00% FA		CLE con 0.75% FA		CLE con 1.25% FA	
		Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.
VP 25x55 (8)	1	12.44	14.04	14.31	15.28	14.99	15.76
	2	17.06	13.44	18.73	14.50	19.63	15.12
VP 40x55 (1)	1	30.27	26.80	31.12	29.00	31.74	30.19
	2	52.34	61.52	57.27	67.27	60.40	70.81
	3	7.40	5.52	7.42	5.57	7.51	5.66
VP 15x55 (1-Az)	1	3.35	2.76	3.78	2.80	3.95	2.81
VP 25x70 (1-Az)	1	8.66	2.51	8.60	2.46	8.66	2.46
VP 25x70 (2-Az)	1	33.10	37.01	34.08	38.01	34.77	38.78
	2	69.74	67.68	74.35	72.27	75.55	73.41
VP 25x70 (3-Az)	1	17.27	23.76	16.83	23.36	16.88	23.53
VP 25x70 (4-Az)	1	16.94	21.75	17.63	22.46	18.07	22.99
	2	18.46	23.58	20.41	23.62	20.42	23.57
	3	16.45	12.82	17.83	13.85	18.50	14.37
VP 20x55 (1-Az)	1	11.52	12.57	12.64	13.69	13.38	14.45
VP 20x70 (1-Az)	1	15.08	12.31	17.11	13.86	18.10	14.60
VP 25x55 (1-Az)	1	23.63	24.98	24.21	25.58	24.52	25.92
	2	7.30	9.49	8.76	10.97	9.66	11.92
VCH 25x25 (1-Az)	1	2.50	3.60	2.50	3.60	2.50	3.60
VCH 25x25 (2-Az)	1	3.60	1.30	3.60	1.30	3.60	1.30

Tabla 60

Distribución de refuerzos de acero longitudinal para vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VCH 25x20 (1-Sot)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-5/8"	6.49	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-3/8"	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53
	2	-	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
	3	-	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VP 15x55 (1-Sot)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VP 25x55 (1-Sot)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
	2	-	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
	3	-	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 3/4"	6.81
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
	4	-	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 3/4"	6.81	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
	5	-	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
VP 25x55 (2-Sot)	1	-	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 3/4"	23.12	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-5/8"	14.09	2-1" -	10.13
VP 25x55 (3-Sot)	1	-	3-3/4" 2-3/4"	14.25	3-3/4" -	8.55	3-3/4" 2-3/4"	14.25	2-3/4" 2-3/4" + 1/2"	12.67	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-3/4" + 1/2"	12.67	2-1" 3/4"	12.98	2-1" -	10.13	2-1" 3/4"	12.98
		+	2-1" -	10.13	2-1" 2-1"	20.27	2-1" -	10.13	2-3/4" + 5/8" -	7.68	2-3/4" + 5/8" 2-1"	17.81	2-3/4" + 5/8" -	7.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" -	5.70
VP 25x55 (4-Sot)	1	-	3-3/4" 2-3/4"	14.25	3-3/4" -	8.55	3-3/4" -	8.55	2-3/4" 5/8" + 2-3/4"	13.38	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 2-3/4" + 5/8"	13.38	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 25x55 (5-Sot)	1	+	3-3/4" -	8.55	3-3/4" 2-1"	18.68	3-3/4" -	8.55	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 5/8" + 2-3/4"	17.81	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 2-1" + 1/2"	17.10	2-3/4" -	5.70
		-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-1"	15.83	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-3/4" + 1"	14.73	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-3/4" + 1"	14.73
		+	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1"	9.03
	2	-	2-3/4" 2-1"	15.83	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 2-1"	15.83	2-5/8" 2-3/4" + 1"	14.73	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 1" + 2-1/2"	11.56	2-5/8" 2-3/4" + 1"	14.73	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 1" + 2-1/2"	11.56
		+	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4" + 1"	23.12	2-1" -	10.13	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 3-1"	19.16	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 2-3/4" + 1"	14.73	2-5/8" 1"	9.03
VP 25x55 (6-Sot)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	2	-	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2" + 2-3/4"	12.67	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70
		+	2-5/8" 1" + 2-1/2"	11.56	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" -	3.96	2-3/4" 1" + 2-5/8"	14.73	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70
VP 25x55 (7-Sot)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
VP 40x55 (1-Sot)	1	-	2-3/4" + 3/4" 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68
		+	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 3-1" + 2-3/4"	26.60	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1" + 2-5/8"	22.64	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4"	8.55

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 40x55 (2-Sot)	2	-	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" + 3/4"	8.55	2-3/4" + 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" + 1"	10.77	2-3/4" + 1"	10.77	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	1	-	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 4-1"	25.97	2-3/4" 1/2" + 2-1"	17.10	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" 1/2" + 2-1"	17.10	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90
		+	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 3-1"	23.75	2-3/4" 2-1"	15.83	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 2-1" + 5/8"	17.81	2-3/4" 2-1" + 5/8"	17.81	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 2-1" + 5/8"	17.81	2-3/4" 2-1" + 5/8"	17.81
	2	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	6.97
	3	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
VCH 25x25 (1)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96
	2	-	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
VCH 25x25 (2)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VCH 25x25 (3)	1	+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-5/8"	6.49	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53
	2	-	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
	3	-	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VCH 25x25 (4)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3-5/8"	8.47	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53
VCH 25x25 (5)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VCH 25x25 (6)	1	-	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	3.80	2-1/2" 3-5/8"	8.47	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	3.80	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	3.80	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VCH 40x25 (1)	1	-	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8" + 3/4"	10.77	3-1/2" 1/2"	5.07	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" 1/2"	5.07	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-3/4"	9.50
		+	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" 2-3/4"	9.50	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3-5/8"	8.47	2-1/2" 5/8"	4.51	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-5/8"	7.76	3-1/2" 1/2"	5.07
	2	-	2-5/8" 2-5/8" + 3/4"	10.77	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-5/8"	7.76	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 2-3/4"	9.50
		+	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" 2-3/4"	9.50	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" 3-5/8"	8.47	2-1/2" 5/8"	4.51	3-1/2" 1/2"	5.07	3-1/2" 1/2 + 2-5/8"	7.76	3-1/2" -	3.80
VCH 40x25 (2)	1	-	2-5/8" 3-3/4"	12.51	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	3-1/2" 2-3/4"	9.50	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	2-5/8" 2-3/4"	9.66	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
		+	2-5/8" 3/4"	6.81	2-5/8" 1" + 3/4"	11.88	2-5/8" -	3.96	3-1/2" 1/2"	5.07	3-1/2" 1" + 1/2"	10.14	3-1/2" -	3.80	3-1/2" 1/2"	5.07	3-1/2" 3/4" + 1/2"	7.92	3-1/2" -	3.80
VP 15x55 (1)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VP 20x55 (1)	1	-	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23
VP 20x70 (1)	1	-	2-3/4" 2-1" + 1/2"	17.10	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-5/8" 2-1"	14.09	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-3/4"	9.66	2-5/8" 1/2" + 2-1"	15.36	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 1/2" + 2-3/4"	10.93
		+	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8" + 1"	14.73	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 5/8"	10.53	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55
VP 25x55 (1)	1	-	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8" + 2-1"	18.05

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 25x55 (2)	1	-	2-5/8" 3-3/4"	18.68	2-1" 3/4"	12.98	2-1" -	10.13	2-1" 5/8" + 2-3/4"	17.81	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" -	17.81	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13
		+	2-1" -	10.13	2-1" 2-1"	20.26	2-1" -	10.13	3-3/4" -	8.55	3-3/4" 2-1"	18.68	3-3/4" -	8.55	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13
VP 25x55 (3)	1	-	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 1" + 2-5/8"	14.73	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1"	10.77
		+	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2" + 2-5/8"	10.93	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 3-1/2"	9.50	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-1/2"	8.23	2-3/4" 2-1/2"	8.23	2-3/4" -	5.70
	2	-	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-1/2"	13.30	2-3/4" 1" + 2-5/8"	14.73	2-3/4" 1" + 2-5/8"	14.73	2-3/4" 1" + 2-5/8"	14.73
		+	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 2-1/2"	8.23	2-3/4" 2-1/2"	8.23	2-3/4" 2-1/2"	8.23
VP 25x55 (4)	1	-	2-1" 1/2" + 2-1"	21.54	2-1" 1/2"	11.40	2-1" -	10.13	2-1" 1/2" + 2-1"	21.54	2-1" 1/2"	11.40	2-1" -	10.13	2-1" 3-1"	25.34	2-1" 1"	15.20	2-1" 1"	15.20
		+	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1" + 2-3/4"	14.73	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4" + 2-5/8"	12.51	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	5.70

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 25x55 (5)	1	-	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 3-3/4"	18.68	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 1/2"	21.54	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 1/2"	21.54
		+	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77
VP 25x55 (6)	1	-	2-1" 2-5/8"	14.09	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 1/2"	11.40
		+	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2" + 2-1"	17.10	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 2-3/4"	11.40	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2" + 2-5/8"	10.93	2-3/4" -	5.70
VP 25x55 (7)	1	-	2-5/8" 1/2" + 2-5/8"	9.18	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 5/8" + 2-3/4"	11.64	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 3-3/4"	12.51	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49
		+	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23
	2	-	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
	3	-	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23
	4	-	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1"	9.03	2-5/8" 2-1/2"	6.49	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-3/4"	9.66
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23
VP 25x55 (8)	1	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 40x55 (1)	2	+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		-	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 3/4" + 2-1/2"	11.08	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 3/4" + 2-5/8"	12.51	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-3/4"	11.40	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-1/2"	8.23	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	1	-	2-1" 3-3/4"	18.68	2-1" -	10.13	2-1" 3-1"	25.34	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 4-1" + 3/4"	28.82	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 4-1" + 3/4"	28.82
		+	2-1" 5/8"	10.13	2-1" 5/8" + 2-1"	12.11	2-1" 5/8"	12.11	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 2-3/4" +1"	16.47	2-3/4" 2-3/4" +1"	16.47
	2	-	2-1" 2-5/8"	14.09	2-1" 2-5/8"	14.09	2-1" 2-5/8"	14.09	2-3/4" 2-3/4"	11.40	2-3/4" 2-3/4"	11.40	2-3/4" 3-3/4"	11.40	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3-3/4"	14.25
		+	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	3	-	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 3/4"	6.81	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 3/4"	6.81	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 3/4"	6.81	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" -	3.96
VP 15x55 (1-Az)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VP 25x70 (1-Az)	1	-	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 5/8"	7.68	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" 5/8"	5.94

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 25x70 (2-Az)	1	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	9.66	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	9.66	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 2-5/8"	9.66
	2	-	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68
		+	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8"	9.66
VP 25x70 (3-Az)	1	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	2	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	3	-	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
VP 25x70 (4-Az)	1	-	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	2	-	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
	3	-	2-3/4" 5/8"	7.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
VP 20x55 (1-Az)	1	-	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23

Viga	Tramo	Refuerzo	CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VP 20x70 (1-Az)	1	+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23	2-5/8" + 1/2" -	5.23
		-	2-3/4" 2-1" + 1/2"	17.10	2-3/4" 1/2"	6.97	2-3/4" 1/2"	6.97	2-5/8" 2-1"	14.09	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-3/4"	9.66	2-5/8" 1/2" + 2-1"	15.36	2-5/8" 1/2"	5.23	2-5/8" 1/2" + 2-3/4"	10.93
		+	2-3/4" 2-5/8"	9.66	2-3/4" 2-5/8" + 1"	14.73	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 5/8"	10.53	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55
VP 25x55 (1-Az)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
	2	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
VCH 25x25 (1-Az)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3-5/8"	8.47	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53
VCH 25x25 (2-Az)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80	3-1/2" -	3.80

Tabla 61

Distribución de refuerzos de acero transversal para vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA.

Viga	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA
VCH 25x20 (1-Sot)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (1-Sot)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VP 15x55 (1-Sot)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (1-Sot)	1	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	4	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	5	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
VP 25x55 (2-Sot)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 22@.05, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (3-Sot)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (4-Sot)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25

Viga	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA
VP 25x55 (5-Sot)	2	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 22@.05, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (6-Sot)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15
	2	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15
VP 25x55 (7-Sot)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15
VP 40x55 (1-Sot)	1	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
	2	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 40x55 (2-Sot)	1	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	2	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	3	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
VCH 25x25 (1)	1	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (2)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25

Viga	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA
VCH 25x25 (3)					
VCH 25x25 (4)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (5)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (6)	1	3/8": 1@.05, 4@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 4@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 4@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 4@.10, Rto.@.25
VCH 40x25 (1)	1	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25
	4	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25
VCH 40x25 (2)	1	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.15, Rto.@.25
VP 15x55 (1)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VP 20x55 (1)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
VP 20x70 (1)	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
VP 25x55 (1)	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20

Viga	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA
VP 25x55 (2)					
VP 25x55 (3)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15	3/8": 1@.05, Rto.@.15
	2	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (4)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 22@.05, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (5)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (6)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (7)	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
	4	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (8)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
	2	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.25
VP 40x55 (1)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25
	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25

Viga	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA
VP 15x55 (1-Az)					
VP 25x70 (1-Az)	1	3/8": 1@.05, 9@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 15@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 9@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 9@.15, Rto.@.25
VP 25x70 (2-Az)	1	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
VP 25x70 (3-Az)	1	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25
VP 25x70 (4-Az)	1	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
	3	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25
VP 20x55 (1-Az)	1	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
VP 20x70 (1-Az)	1	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 12@.10, Rto.@.20
VP 25x55 (1-Az)	1	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 10@.15, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10	3/8": 1@.05, Rto.@.10
VCH 25x25 (1-Az)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (2-Az)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25

6.4.1.3 Resultados

Finalmente, la **tabla 62, tabla 63, tabla 64 y tabla 65** recopila los valores de metrado final de todas las vigas diseñadas por nivel y tipo para vigas original, vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA. De igual manera, la **tabla 66** recopila el metrado total de concreto para todas las vigas.

Tabla 62

Tabla resumen de metrado de acero en vigas de diseño original (kg)

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VCH 25x20 (1-Sot)	7.54	14.46	108.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130.69
VCH 25x25 (1-Sot)	-	-	134.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134.65
VP 15x55 (1-Sot)	112.92	94.61	105.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	312.53
VP 25x55 (1-Sot)	309.63	320.80	395.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,025.83
VP 25x55 (2-Sot)	191.28	191.28	191.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	573.83
VP 25x55 (3-Sot)	191.28	191.28	191.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	573.83
VP 25x55 (4-Sot)	191.28	191.28	191.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	573.83
VP 25x55 (5-Sot)	212.18	219.33	286.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	718.25
VP 25x55 (6-Sot)	75.51	75.51	86.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237.82
VP 25x55 (7-Sot)	24.51	24.51	75.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.77
VP 40x55 (1-Sot)	455.59	455.59	455.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,366.77
VP 40x55 (2-Sot)	623.21	623.21	623.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,869.62
VCH 25x25 (1)	-	-	-	112.06	117.21	112.06	117.21	112.06	117.21	112.06	117.21	-	-	917.10
VCH 25x25 (2)	-	-	-	134.65	134.65	134.65	134.65	134.65	134.65	134.65	134.65	-	-	1,077.17
VCH 25x25 (3)	-	-	-	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	-	-	722.04
VCH 25x25 (4)	-	-	-	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	90.25	-	-	722.04
VCH 25x25 (5)	-	-	-	34.92	34.92	34.92	34.92	34.92	34.92	34.92	34.92	-	-	279.39
VCH 25x25 (6)	-	-	-	144.21	144.21	144.21	144.21	144.21	144.21	144.21	-	-	-	1,009.45
VCH 40x25 (1)	-	-	-	329.60	273.35	329.60	273.35	329.60	273.35	329.60	329.60	-	-	2,468.04
VCH 40x25 (2)	-	-	-	84.29	84.29	84.29	84.29	84.29	84.29	84.29	84.29	-	-	674.33
VP 15x55 (1)	-	-	-	124.37	124.37	124.37	124.37	124.37	124.37	124.37	124.37	-	-	995.00
VP 20x55 (1)	-	-	-	32.24	32.24	32.24	32.24	32.24	32.24	32.24	32.24	-	-	257.92

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VP 20x70 (1)	-	-	-	197.50	197.50	197.50	197.50	197.50	197.50	197.50	197.50	-	-	1,580.04
VP 25x55 (1)	-	-	-	413.01	373.61	413.01	373.61	413.01	373.61	413.01	373.61	-	-	3,146.49
VP 25x55 (2)	-	-	-	295.05	295.05	295.05	295.05	295.05	295.05	295.05	295.05	-	-	2,360.40
VP 25x55 (3)	-	-	-	288.64	288.64	288.64	288.64	288.64	288.64	288.64	288.64	-	-	2,309.10
VP 25x55 (4)	-	-	-	385.47	385.47	385.47	385.47	385.47	385.47	385.47	385.47	-	-	3,083.78
VP 25x55 (5)	-	-	-	308.09	308.09	308.09	308.09	308.09	308.09	308.09	308.09	-	-	2,464.73
VP 25x55 (6)	-	-	-	293.91	293.91	293.91	293.91	293.91	293.91	293.91	293.91	-	-	2,351.26
VP 25x55 (7)	-	-	-	401.39	401.39	401.39	401.39	401.39	401.39	401.39	401.39	-	-	3,211.15
VP 25x55 (8)	-	-	-	223.46	223.46	223.46	223.46	223.46	223.46	223.46	223.46	-	-	1,787.69
VP 40x55 (1)	-	-	-	700.74	700.74	700.74	700.74	700.74	700.74	700.74	700.74	-	-	5,605.94
VP 15x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149.72	17.97	167.69
VP 25x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	279.63	-	279.63
VP 25x70 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	226.92	-	226.92
VP 25x70 (3-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180.58	-	180.58
VP 25x70 (4-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	384.95	-	384.95
VP 20x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.24	-	32.24
VP 20x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	197.50	-	197.50
VP 25x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.17	-	97.17
VCH 25x25 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.15	-	92.15
VCH 25x25 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.38	-	36.38
Σ	2,394.92	2,401.86	2,845.65	4,684.12	4,593.63	4,684.12	4,593.63	4,684.12	4,593.63	4,684.12	4,505.67	1,677.24	17.97	46,360.70

Tabla 63

Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 0.00% de FA (kg)

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VCH 25x20 (1-Sot)	9.81	19.01	115.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	144.33
VCH 25x25 (1-Sot)	-	-	145.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145.65
VP 15x55 (1-Sot)	114.28	114.28	143.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	372.01
VP 25x55 (1-Sot)	322.92	333.44	423.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,080.31
VP 25x55 (2-Sot)	301.37	301.37	301.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	904.11
VP 25x55 (3-Sot)	214.50	214.50	214.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	643.50
VP 25x55 (4-Sot)	186.26	186.26	186.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	558.78
VP 25x55 (5-Sot)	325.69	325.69	325.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	977.07
VP 25x55 (6-Sot)	87.38	87.38	56.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231.49
VP 25x55 (7-Sot)	24.54	24.54	75.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.89
VP 40x55 (1-Sot)	534.39	534.39	534.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,603.17
VP 40x55 (2-Sot)	533.86	533.86	533.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,601.59
VCH 25x25 (1)	-	-	-	92.23	92.23	92.23	92.23	92.23	92.23	92.23	92.23	-	-	737.84
VCH 25x25 (2)	-	-	-	145.65	145.65	145.65	145.65	145.65	145.65	145.65	145.65	-	-	1,165.20
VCH 25x25 (3)	-	-	-	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	-	-	632.88
VCH 25x25 (4)	-	-	-	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	79.11	-	-	632.88
VCH 25x25 (5)	-	-	-	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	-	-	279.17
VCH 25x25 (6)	-	-	-	157.74	157.74	157.74	157.74	157.74	157.74	157.74	-	-	-	1,104.15
VCH 40x25 (1)	-	-	-	352.25	352.25	352.25	352.25	352.25	352.25	352.25	356.48	-	-	2,822.23
VCH 40x25 (2)	-	-	-	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	-	-	734.00
VP 15x55 (1)	-	-	-	144.14	144.14	144.14	144.14	144.14	144.14	144.14	144.14	-	-	1,153.12
VP 20x55 (1)	-	-	-	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	-	-	173.44

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VP 20x70 (1)	-	-	-	174.16	174.16	174.16	174.16	174.16	174.16	174.16	174.16	-	-	1,393.28
VP 25x55 (1)	-	-	-	396.79	348.62	396.79	348.62	396.79	352.87	401.04	352.87	-	-	2,994.39
VP 25x55 (2)	-	-	-	271.14	271.14	271.14	271.14	271.14	271.14	271.14	271.14	-	-	2,169.11
VP 25x55 (3)	-	-	-	211.86	211.86	211.86	211.86	211.86	211.86	211.86	211.86	-	-	1,694.89
VP 25x55 (4)	-	-	-	393.70	393.70	393.70	393.70	393.70	393.70	393.70	393.70	-	-	3,149.57
VP 25x55 (5)	-	-	-	280.17	280.17	280.17	280.17	280.17	280.17	280.17	295.41	-	-	2,256.60
VP 25x55 (6)	-	-	-	253.79	253.79	253.79	253.79	253.79	253.79	253.79	253.79	-	-	2,030.34
VP 25x55 (7)	-	-	-	339.98	332.77	339.98	332.77	339.98	332.77	339.98	332.77	-	-	2,691.00
VP 25x55 (8)	-	-	-	180.33	180.33	180.33	180.33	180.33	180.33	180.33	180.33	-	-	1,442.60
VP 40x55 (1)	-	-	-	662.68	662.68	662.68	662.68	662.68	662.68	662.68	662.68	-	-	5,301.41
VP 15x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	165.06	25.77	190.83
VP 25x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267.33	-	267.33
VP 25x70 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	166.86	-	166.86
VP 25x70 (3-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128.22	-	128.22
VP 25x70 (4-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	342.45	-	342.45
VP 20x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.68	-	21.68
VP 20x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174.16	-	174.16
VP 25x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.77	-	84.77
VCH 25x25 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.11	-	79.11
VCH 25x25 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.90	-	34.90
Σ	2,655.01	2,674.72	3,057.16	4,363.14	4,307.77	4,363.14	4,307.77	4,363.14	4,312.02	4,367.39	4,173.75	1,464.54	25.77	44,435.30

Tabla 64

Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 0.75% de FA (kg)

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VCH 25x20 (1-Sot)	6.97	13.32	106.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127.27
VCH 25x25 (1-Sot)	-	-	132.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.62
VP 15x55 (1-Sot)	84.35	84.35	105.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	274.01
VP 25x55 (1-Sot)	306.26	322.26	392.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,021.01
VP 25x55 (2-Sot)	195.75	195.75	195.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	587.25
VP 25x55 (3-Sot)	181.17	181.17	201.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	564.01
VP 25x55 (4-Sot)	153.38	153.38	153.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	460.14
VP 25x55 (5-Sot)	274.58	274.48	274.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	823.54
VP 25x55 (6-Sot)	97.97	97.97	63.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	259.54
VP 25x55 (7-Sot)	24.54	24.54	75.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.89
VP 40x55 (1-Sot)	330.30	330.30	330.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	990.90
VP 40x55 (2-Sot)	493.45	493.45	493.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,480.35
VCH 25x25 (1)	-	-	-	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	-	-	635.76
VCH 25x25 (2)	-	-	-	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	-	-	936.80
VCH 25x25 (3)	-	-	-	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	-	-	577.38
VCH 25x25 (4)	-	-	-	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	-	-	577.38
VCH 25x25 (5)	-	-	-	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	-	-	279.17
VCH 25x25 (6)	-	-	-	137.77	137.77	137.77	137.77	137.77	137.77	137.77	-	-	-	964.37
VCH 40x25 (1)	-	-	-	326.40	326.40	324.12	324.12	324.12	324.12	324.12	329.84	-	-	2,603.24
VCH 40x25 (2)	-	-	-	80.14	80.14	80.14	80.14	80.14	80.14	80.14	80.14	-	-	641.12
VP 15x55 (1)	-	-	-	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	-	-	848.00
VP 20x55 (1)	-	-	-	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	-	-	227.76

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VP 20x70 (1)	-	-	-	158.96	158.96	158.96	158.96	158.96	158.96	158.96	158.96	-	-	1,271.65
VP 25x55 (1)	-	-	-	370.07	311.24	370.07	311.24	370.07	315.49	374.32	314.90	-	-	2,737.40
VP 25x55 (2)	-	-	-	250.97	250.97	250.97	250.97	250.97	250.97	250.97	250.97	-	-	2,007.73
VP 25x55 (3)	-	-	-	209.38	209.38	209.38	209.38	209.38	209.38	209.38	209.38	-	-	1,675.06
VP 25x55 (4)	-	-	-	332.59	332.59	332.59	332.59	332.59	332.59	332.59	332.59	-	-	2,660.76
VP 25x55 (5)	-	-	-	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	237.63	-	-	1,794.36
VP 25x55 (6)	-	-	-	234.91	234.91	234.91	234.91	234.91	234.91	234.91	234.91	-	-	1,879.28
VP 25x55 (7)	-	-	-	347.31	339.95	347.31	339.95	347.31	339.95	347.31	339.95	-	-	2,749.02
VP 25x55 (8)	-	-	-	168.53	168.53	168.53	168.53	168.53	168.53	168.53	168.53	-	-	1,348.25
VP 40x55 (1)	-	-	-	516.69	516.69	516.69	516.69	516.69	516.69	516.69	516.69	-	-	4,133.51
VP 15x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.92	19.41	146.33
VP 25x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	224.80	-	224.80
VP 25x70 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	152.51	-	152.51
VP 25x70 (3-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.76	-	115.76
VP 25x70 (4-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	334.30	-	334.30
VP 20x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.97	-	23.97
VP 20x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	158.96	-	158.96
VP 25x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.77	-	84.77
VCH 25x25 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72.17	-	72.17
VCH 25x25 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.90	-	34.90
Σ	2,148.73	2,170.98	2,525.83	3,866.38	3,800.19	3,864.10	3,797.91	3,864.10	3,802.16	3,868.35	3,684.77	1,329.05	19.41	38,741.97

Tabla 65

Tabla resumen de metrado de acero en vigas de CLE con 1.25% de FA (kg)

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VCH 25x20 (1-Sot)	6.97	13.32	106.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127.27
VCH 25x25 (1-Sot)	-	-	117.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117.10
VP 15x55 (1-Sot)	84.35	84.35	105.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	274.01
VP 25x55 (1-Sot)	306.26	322.26	392.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,021.01
VP 25x55 (2-Sot)	190.09	190.09	190.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	570.27
VP 25x55 (3-Sot)	161.52	161.52	161.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	484.32
VP 25x55 (4-Sot)	165.26	165.26	165.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	495.78
VP 25x55 (5-Sot)	257.25	257.25	257.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	771.75
VP 25x55 (6-Sot)	108.27	108.27	70.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	286.82
VP 25x55 (7-Sot)	24.54	24.54	75.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.89
VP 40x55 (1-Sot)	328.03	328.03	328.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	984.09
VP 40x55 (2-Sot)	493.45	493.45	493.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,480.35
VCH 25x25 (1)	-	-	-	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	79.47	-	-	635.76
VCH 25x25 (2)	-	-	-	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	117.10	-	-	936.80
VCH 25x25 (3)	-	-	-	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	-	-	577.38
VCH 25x25 (4)	-	-	-	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	72.17	-	-	577.38
VCH 25x25 (5)	-	-	-	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	-	-	279.17
VCH 25x25 (6)	-	-	-	139.42	139.42	139.42	139.42	139.42	139.42	139.42	-	-	-	975.94
VCH 40x25 (1)	-	-	-	360.89	360.89	360.89	360.89	360.89	360.89	360.89	334.35	-	-	2,860.58
VCH 40x25 (2)	-	-	-	75.01	75.01	75.01	75.01	75.01	75.01	75.01	75.01	-	-	600.08
VP 15x55 (1)	-	-	-	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	-	-	848.00
VP 20x55 (1)	-	-	-	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	28.47	-	-	227.76

Nivel / Viga	S3	S2	S1	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Az	TT	Σ
VP 20x70 (1)	-	-	-	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	-	-	1,440.78
VP 25x55 (1)	-	-	-	382.85	332.89	382.85	332.89	382.85	337.14	387.10	312.92	-	-	2,851.49
VP 25x55 (2)	-	-	-	248.81	248.81	248.81	248.81	248.81	248.81	248.81	248.81	-	-	1,990.46
VP 25x55 (3)	-	-	-	225.84	225.84	225.84	225.84	225.84	225.84	225.84	225.84	-	-	1,806.72
VP 25x55 (4)	-	-	-	370.61	370.61	370.61	370.61	370.61	370.61	370.61	370.61	-	-	2,964.88
VP 25x55 (5)	-	-	-	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	222.39	237.63	-	-	1,794.36
VP 25x55 (6)	-	-	-	235.47	235.47	235.47	235.47	235.47	235.47	235.47	235.47	-	-	1,883.79
VP 25x55 (7)	-	-	-	352.72	345.25	352.72	345.25	352.72	345.25	352.72	345.25	-	-	2,791.90
VP 25x55 (8)	-	-	-	172.90	172.90	172.90	172.90	172.90	172.90	172.90	172.90	-	-	1,383.17
VP 40x55 (1)	-	-	-	584.37	584.37	584.37	584.37	584.37	584.37	584.37	584.37	-	-	4,675.00
VP 15x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.92	19.41	146.33
VP 25x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	224.95	-	224.95
VP 25x70 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	152.51	-	152.51
VP 25x70 (3-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.76	-	115.76
VP 25x70 (4-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	334.30	-	334.30
VP 20x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.97	-	23.97
VP 20x70 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180.10	-	180.10
VP 25x55 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.77	-	84.77
VCH 25x25 (1-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72.17	-	72.17
VCH 25x25 (2-Az)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.90	-	34.90
Σ	2,125.99	2,148.35	2,463.32	4,061.66	4,004.23	4,061.66	4,004.23	4,061.66	4,008.48	4,065.91	3,833.54	1,350.34	19.41	40,208.81

Tabla 66

Tabla resumen de metrado de concreto para vigas

Nivel	Concreto (m^3)
Sot 3	15.34
Sot 2	15.34
Sot 1	17.18
Nivel 1	22.92
Nivel 2	22.93
Nivel 3	22.93
Nivel 4	22.93
Nivel 5	22.93
Nivel 6	22.93
Nivel 7	22.94
Nivel 8	22.2
Az + Techo	9.24
Σ	239.81

6.4.2 Losas macizas

Para el diseño de losas macizas se tuvieron las siguientes consideraciones:

- El diseño fue realizado por el método de ACI 318-19 aplicando los factores de carga ultima de E.060.
- Según la distribución de las losas macizas en toda la estructura, este solo presenta estos elementos en toda la caja de ascensor y una sección de todos los sótanos.
- Para una mayor precisión en los resultados de deflexión, se trabajó con el software de Robot Structural, el cual trabaja con el método de elementos finitos para losas en dos direcciones.
- Para el diseño se trabajó con un modelo de losa "Shell" el cual considera 6 grados de libertad y un análisis más completo.

6.4.2.1 Secciones

En la estructura se determinó las siguientes secciones de losa macizas de 20cm a diseñar.

- LM 1: Techo de escaleras y caja de ascensor de Azotea (**Figura 144**)
- LM 2: Techo de escaleras y caja de ascensor de entrepisos y sótanos (**Figura 145**)
- LM 3: Techo de sótano 1 para área verde (**Figura 146**)

Figura 144

Vista en planta acotada de LM 1

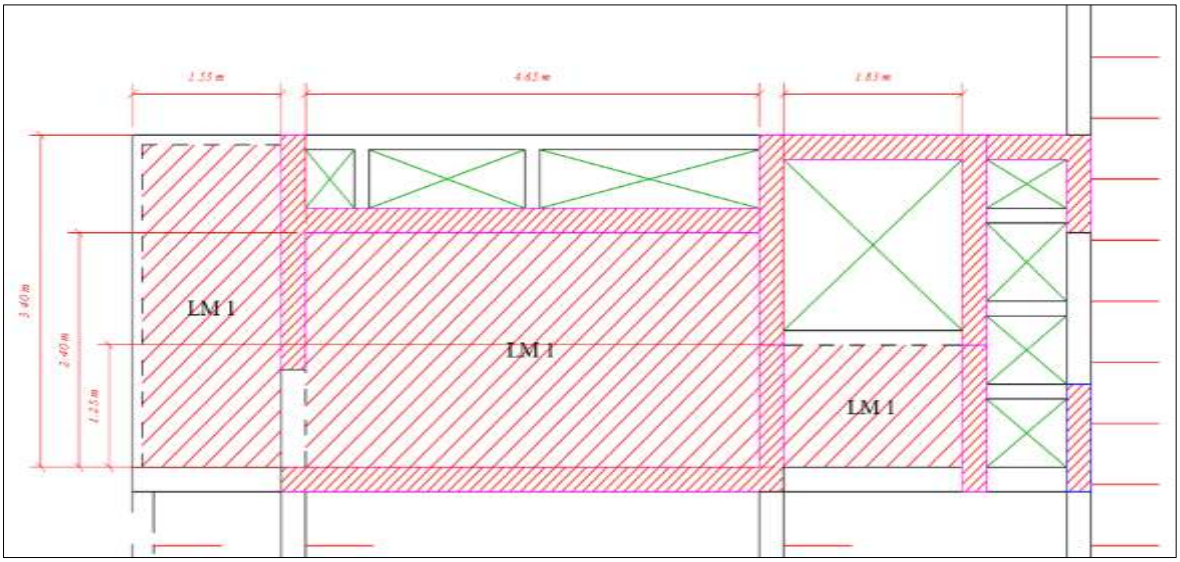


Figura 145

Vista en planta acotada de LM 2

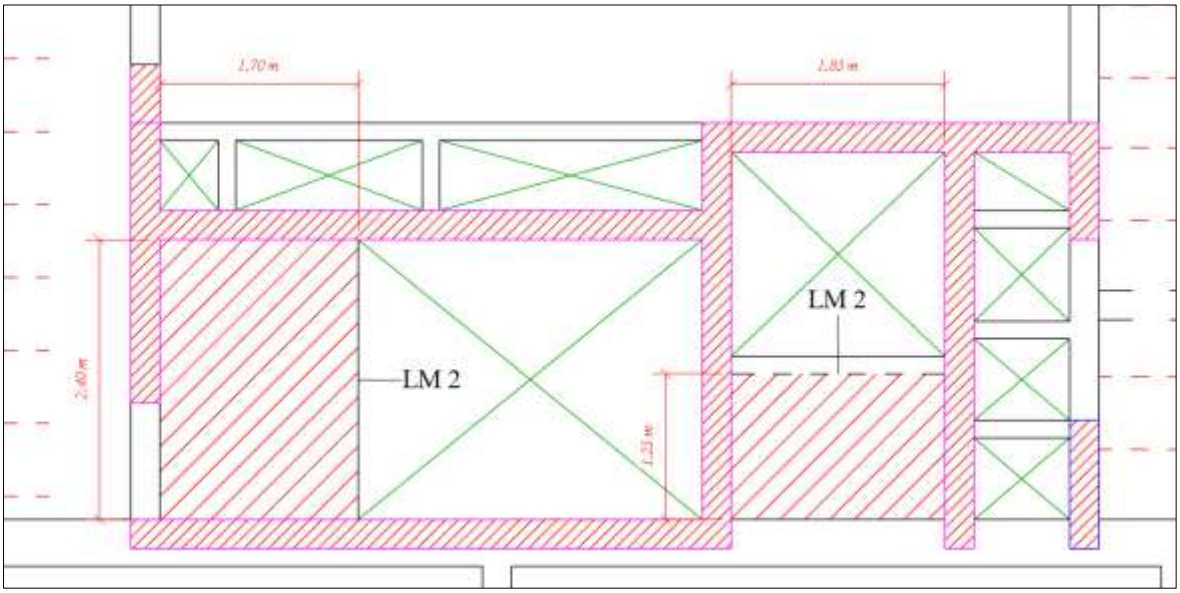
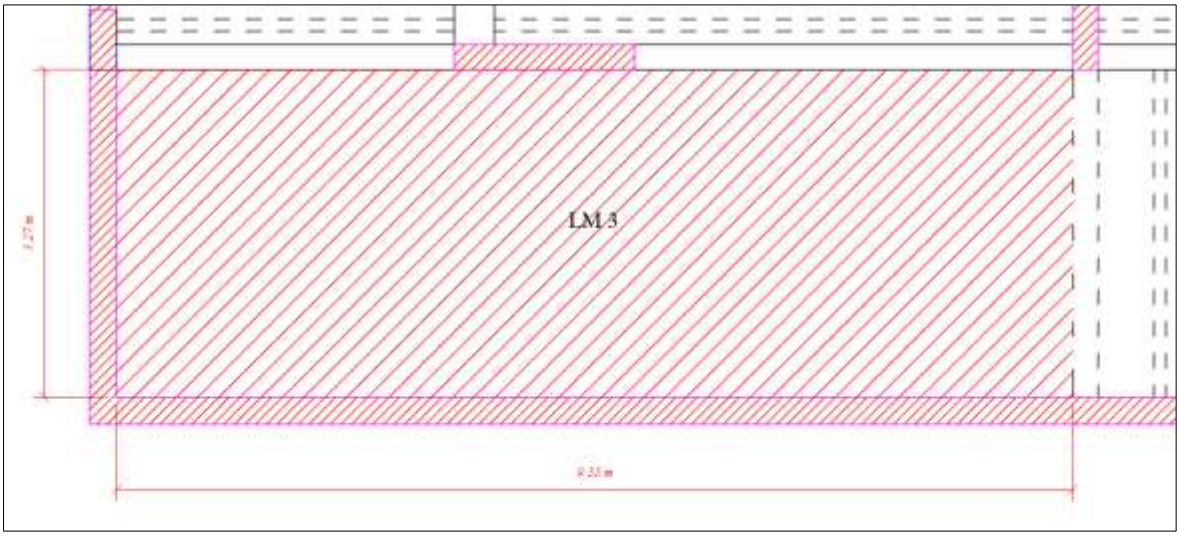


Figura 146

Vista en planta acotada de LM 3



6.4.2.2 Configuración de software Robot Structural para análisis de losas

Al igual que la configuración en ETABS, este software fue configurado con los 3 concretos ligeros diseñados cómo se observa en la **figura 147** para el CLE con 0.00% de FA. Posterior a ello, las secciones de losa se trabajaron con 6 grados de libertad y mediante el método de elementos finitos.

Las cargas aplicadas, según normativa E.060 y ACI 318-19, solo son gravitacionales, es decir, el elemento losa solo trabaja con la combinación de 1.4CM + 1.7CV para momentos últimos, y CM + CV de servicio para deflexiones.

La **figura 148** muestra el modelo análisis en 3D de la caja de ascensor y escales de techo, azotea y ascensor que se analizarán en conjunto para el diseño de LM 1 y LM 2; mientras que la **figura 149** grafica el modelo para LM 3.

Figura 147

Configuración de material de CLE en Robot Structural.

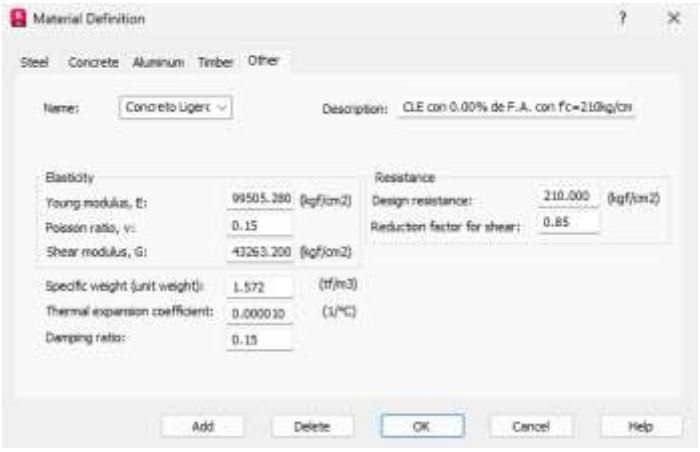


Figura 148

Vista en 3D de modelo analítico para análisis y diseño de LM 1 y LM 2.

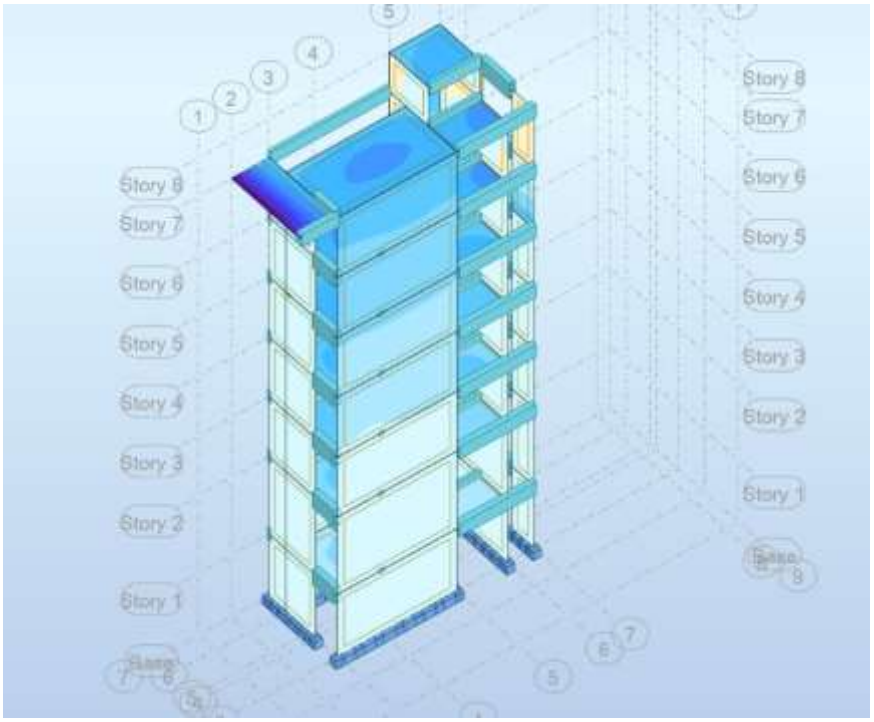
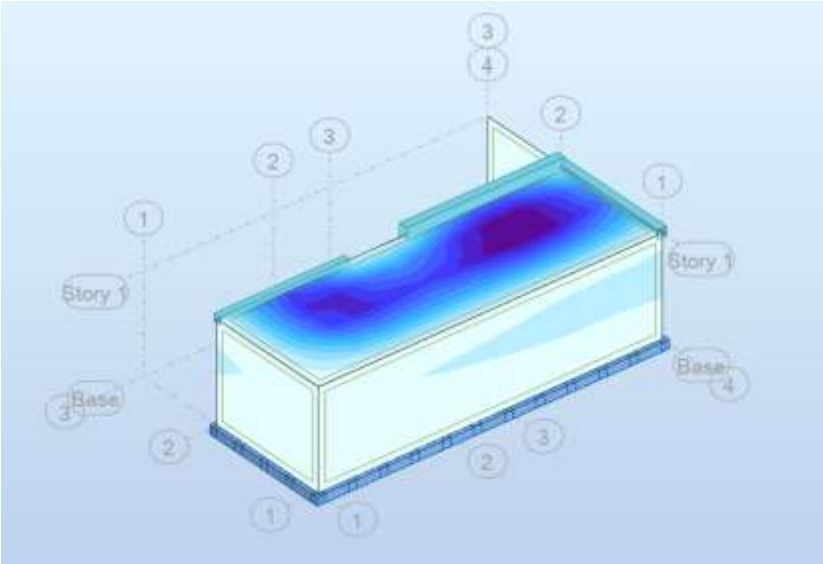


Figura 149

Vista en 3D de modelo analítico para análisis y diseño de LM 3.



Los momentos últimos y deflexiones máximas fueron determinadas por gráficos en área mediante la vista en planta. Los datos extraídos para el diseño fueron los siguientes:

- Momentos Últimos por cargas gravitacionales
- Deflexiones máximas por servicio

A partir de ello, se hizo uso de una plantilla propia de MATHCAD para el procesamiento de datos y, finalmente, la cuantía de acero positiva, negativa y balancines para la losa maciza.

6.4.2.3 Diseño por flexión

En consideración con el proceso de diseño descrito en el marco teórico (punto 4.1.7.3), se obtuvo la **tabla 67**, donde se muestran los valores de cuantía de acero requerida para todos los diseños de CLE en las losas macizas.

Por otra parte, la **tabla 68** muestra las deflexiones máximas calculadas para cada diseño de CLE, acompañado de los valores máximos permitidos por la norma E.060.

Tabla 67

Momentos flectores últimos, área de acero mínima y requerida para losas diseñadas.

Cod	Eje	Ub	CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			M_u (tonf.m)	As_{min} (cm^2)	As (cm^2)	M_u (tonf.m)	As_{min} (cm^2)	As (cm^2)	M_u (tonf.m)	As_{min} (cm^2)	As (cm^2)
LM1	X	-	3.00	7.56	11.24	3.23	7.56	12.01	3.39	7.56	12.65
		+	0.82	7.56	7.56	0.88	7.56	7.56	0.88	7.56	7.56
	Y	-	2.00	14.65	14.65	2.51	14.65	18.10	2.73	14.65	19.62
		+	0.34	14.65	14.65	0.52	14.65	14.65	0.37	14.65	14.65
LM2	X	-	0.80	7.56	7.56	0.82	7.56	7.56	0.84	7.56	7.56
		+	0.40	7.56	7.56	0.44	7.56	7.56	0.46	7.56	7.56
	Y	-	0.35	5.36	5.36	0.37	5.36	5.36	0.42	5.36	5.36
		+	0.25	5.36	5.36	0.32	5.36	5.36	0.35	5.36	5.36
LM3	X	-	1.58	10.14	10.14	1.62	10.14	10.14	1.72	10.14	10.14
		+	1.05	10.14	10.14	1.15	10.14	10.14	1.19	10.14	10.14
	Y	-	1.97	30.24	30.24	2.02	30.24	30.24	2.07	30.24	30.24
		+	0.85	30.24	30.24	0.92	30.24	30.24	0.99	30.24	30.24

Tabla 68

Deflexiones máximas por cargas de servicio para losas diseñadas.

Cod	Concreto Convencional (cm)		CLE con 0.00% de FA (cm)		CLE con 0.75% de FA (cm)		CLE con 1.25% de FA (cm)	
	δ	$\delta_{máx_lim}$	δ	$\delta_{máx_lim}$	δ	$\delta_{máx_lim}$	δ	$\delta_{máx_lim}$
LM1	0.217	0.708	0.494	0.708	0.331	0.708	0.304	0.708
LM2	0.071	0.260	0.119	0.260	0.105	0.260	0.100	0.260
LM3	0.119	0.671	0.168	0.671	0.149	0.671	0.128	0.671

En base a los resultados mostrados, la **tabla 69** muestra la distribución de refuerzos de acero positivos y negativos de las losas. Estos valores serán analizados y comparados con la distribución del diseño original estipulado en el plano estructural. Los cálculos detallados de la LM 1 se puede verificar en el **ANEXO 37, ANEXO 38 y ANEXO 39** para los tres diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente. El mismo proceso fue seguido para LM 2 y LM 3. Estos valores numéricos posteriormente fueron representados gráficamente mediante el uso de software REVIT, el cual pudo brindar los valores de metrado de acero y concreto. De igual manera, el **ANEXO 40 y ANEXO 41** muestran los

planos de detalle de acero para los diseños de LM 1, LM 2, y LM 3 de CLE con todas las cantidades de fibra de acero planteadas a excepción de LM1 de CLE con 1.25% de FA, el cual tiene un diseño distinto que se detalla en **ANEXO 42**.

Finalmente, la **tabla 70** recopila los valores de metrado final distribuidos por los niveles para todos los diseños. De igual manera, la **tabla 71** recopila el metrado total de concreto para todas las losas diseñadas.

Tabla 69

Distribución de refuerzos de acero para losas diseñadas.

Cod	Eje	Ub	CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ø	n°	As (cm^2)	Ø	n°	As (cm^2)	Ø	n°	As (cm^2)
LM1	X	-	2-3/8"@25	22	15.69	2-3/8"@25	22	15.69	2-3/8"@25	22	15.69
		+	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84
	Y	-	3/8"@20	25	18.54	3/8"@20	25	18.54	2-3/8"@20	50	37.08
		+	3/8"@20	25	18.54	3/8"@20	25	18.54	3/8"@20	25	18.54
LM2	X	-	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84
		+	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84	3/8"@25	11	7.84
	Y	-	3/8"@20	9	6.42	3/8"@20	9	6.42	3/8"@20	9	6.42
		+	3/8"@20	9	6.42	3/8"@20	9	6.42	3/8"@20	9	6.42
LM3	X	-	3/8"@30	12	10.70	3/8"@30	12	10.70	3/8"@30	12	10.70
		+	3/8"@30	12	10.70	3/8"@30	12	10.70	3/8"@30	12	10.70
	Y	-	3/8"@20	49	34.94	3/8"@20	49	34.94	3/8"@20	49	34.94
		+	3/8"@20	49	34.94	3/8"@20	49	34.94	3/8"@20	49	34.94

Tabla 70

Tabla resumen de metrado de acero para losas macizas

Metrado / Nivel	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
S3	109.23	109.23	109.23	109.23
S2	109.23	109.23	109.23	109.23
S1	570.37	570.37	570.37	570.37
Nivel 1	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 2	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 3	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 4	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 5	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 6	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 7	56.62	56.62	56.62	56.62
Nivel 8	56.62	56.62	56.62	56.62
Az	283.87	218.21	218.21	283.87
TT	88.35	88.35	88.35	88.35
Σ	1,613.97	1,548.31	1,548.31	1,613.97

Tabla 71

Tabla resumen de metrado de concreto para losas macizas

Nivel	Metrado (m^3)
S3	1.66
S2	1.66
S1	11.09
N1	1.28
N2	1.28
N3	1.28
N4	1.28
N5	1.28
N6	1.28
N7	1.28
N8	1.28
Az	3.63
TT	0.64
Total	28.92

6.4.3 Locas aligeradas

Para el diseño de losas aligeradas se tuvieron las siguientes consideraciones:

- El análisis y diseño se realizó utilizando modelos Vigas-T
- El diseño fue realizado por el método de ACI 318-19 aplicando los factores de carga ultima de E.060.
- Todas las losas de la estructura presentadas son de una dirección, variando de Eje X a Eje Y según planos en planta

6.4.3.1 Secciones

En la estructura se determinó las siguientes secciones de losas aligeradas a diseñar.

- LA 1: Techo de Azotea (**Figura 150**)
- LA 2: Techo de Entrepisos en Eje X (**Figura 151**)
- LA 3: Techo de Entrepisos en Eje Y (**Figura 151**)
- LA 4: Techo de Balcones (**Figura 151**)
- LA 5: Techo de Sótanos en Eje X (**Figura 152**)
- LA 6: Techo de Sótano 1 en Eje Y (**Figura 152**)
- LA 7: Techo de Sótano 2-3 en Eje Y (**Figura 152**)

Figura 150

Vista en Planta, azotea, de LA 1.

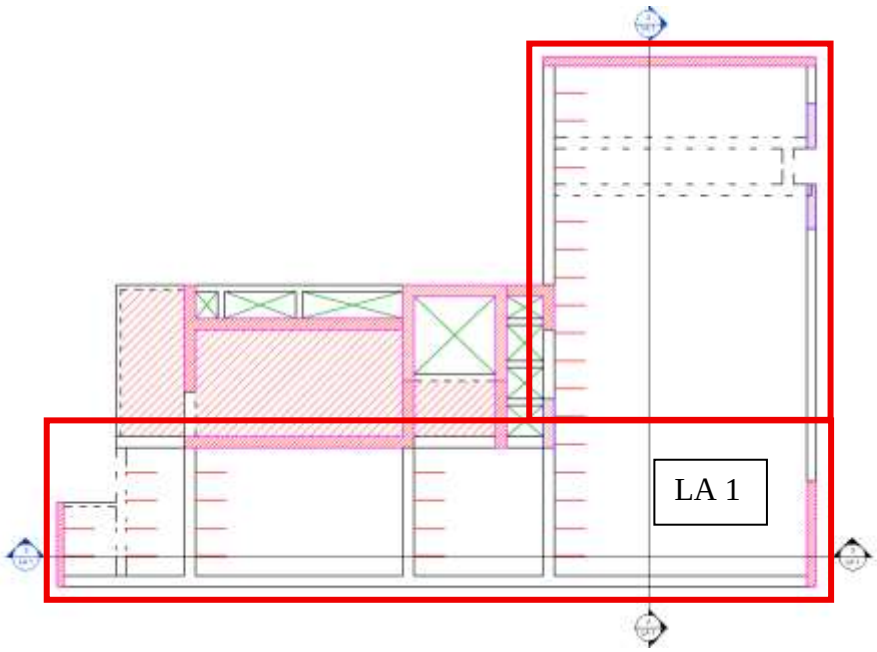


Figura 151

Vista en Planta, entrepisos, de LA 2, LA 3 y LA 4.

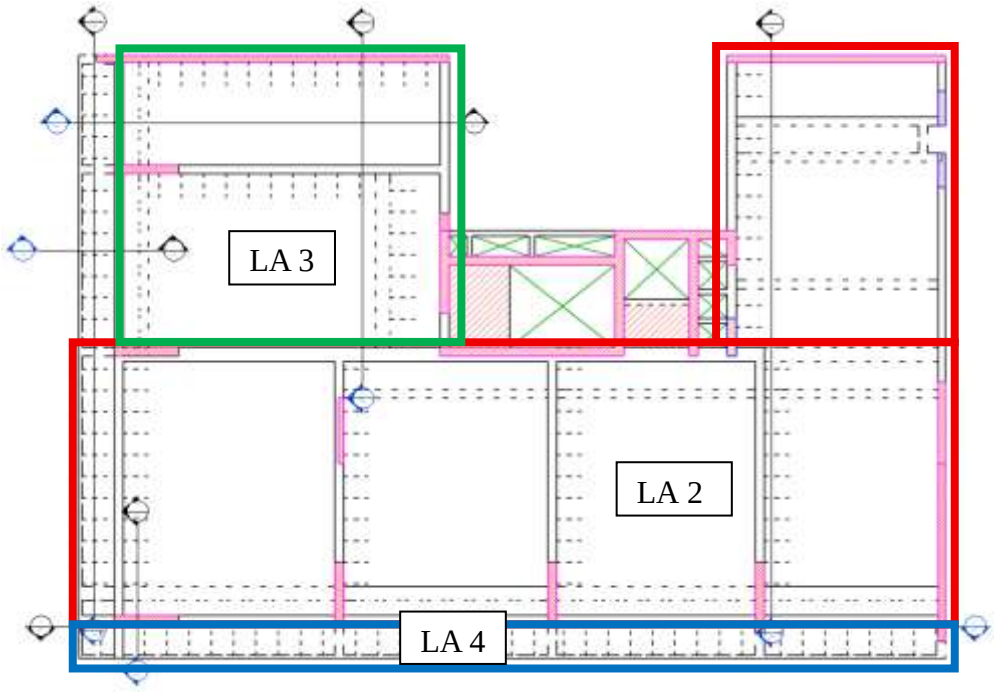
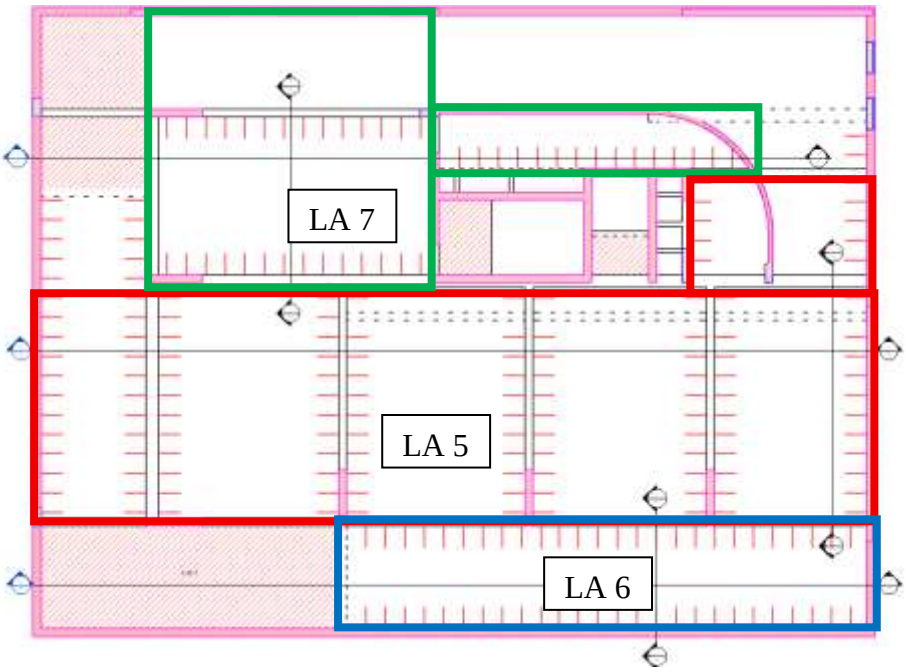


Figura 152

Vista en Planta, Sótano 1, de LA 5, LA 6 y LA 7.



6.4.3.2 Diseño por flexión y deflexión

Todas las secciones trabajadas tienen las siguientes dimensiones:

- $b = 12.00cm$
- $h_{losa} = 5.00cm$
- $h = 25.00cm$ / $h = 20.00cm$
- $r = 2.00cm$

Donde el espacio de eje a eje entre viguetas es de 62.50cm por el uso de casetones de polietileno.

En consideración con el proceso de diseño descrito en el marco teórico, se obtuvo la **tabla 72**, donde se muestran los valores de acero de refuerzo colocado para el diseño de LA de CLE con 0.00% de FA

La **figura 153** muestra el corte de detalle de la vigueta de cinco tramos la losa aligerada LA 1 que se complementa con el armado del elemento según lo indicado en la **tabla 72** para su mejor entendimiento. Para más detalles sobre el proceso de diseño de losas aligeradas, se puede verificar el **ANEXO 43, ANEXO 44, ANEXO 45 y ANEXO 46** donde se detalla el proceso para el diseño de LA1 de concreto convencional, CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente.

Para la correcta lectura de la tabla de acero colocado en viguetas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Cada vigueta está dividida en tramos según la continuidad de la losa aligerada.
- Cada tramo se divide en 3 secciones analizadas y diseñadas: Extremo izquierdo, zona central y extremo derecho.
- Los diámetros de acero en color rojo representan los refuerzos adicionales que se le colocan al extremo o centro cuando el diseño lo requiera. Esto puede deberse a los grandes esfuerzos, momento o deflexión excesiva.

A continuación, se muestran los valores de acero colocado para todas las losas aligeradas diseñadas con CLE a 0.00% de FA, de la **tabla 72 a la tabla 78**.

Figura 153

Corte longitudinal de detalle de viguetas de 5 tramos de LA 1 de CLE con 0.00% de FA.

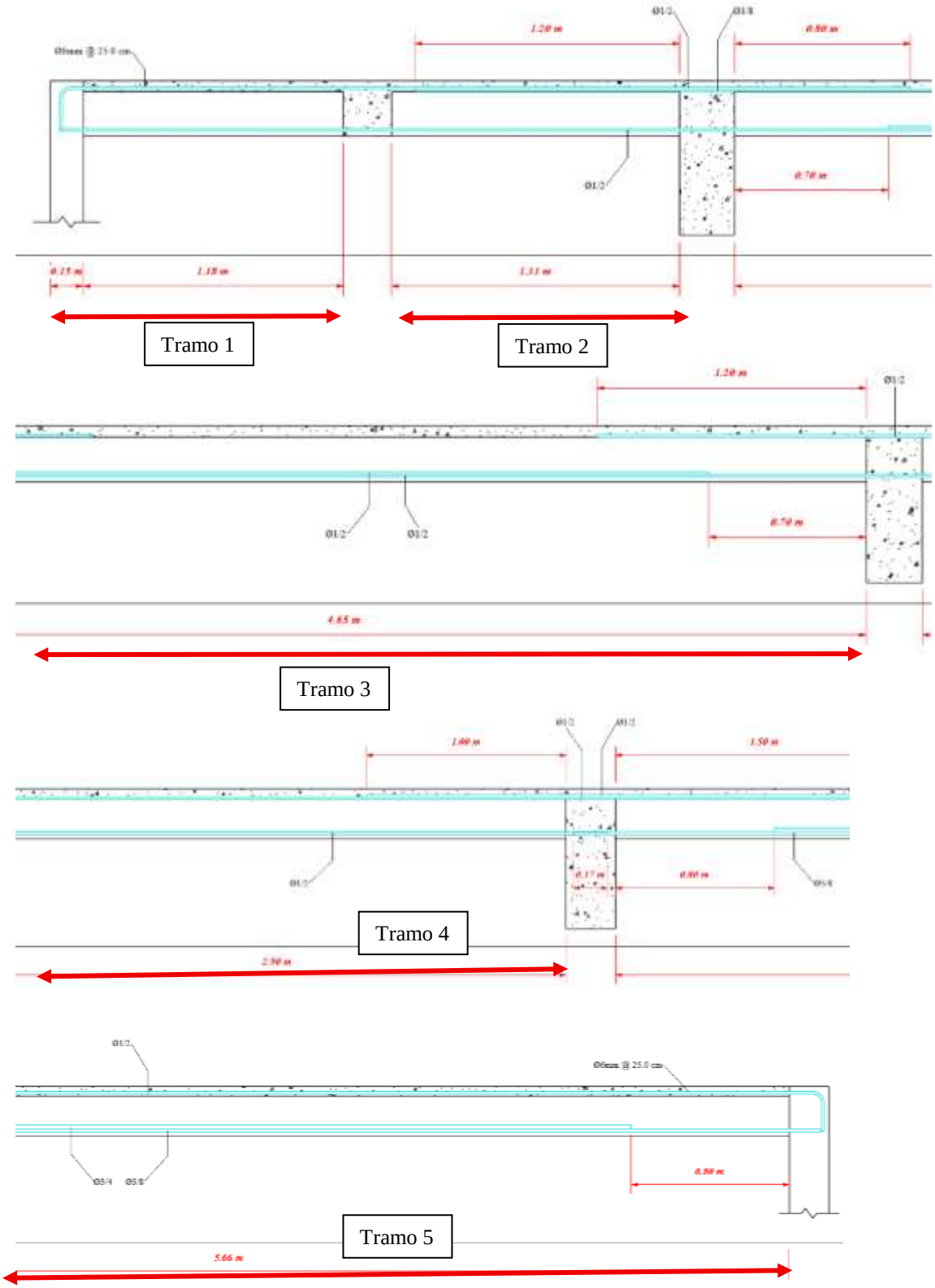


Tabla 72

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
4	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
	+	5/8" -	1.98	5/8" 3/4"	4.83	5/8" -	1.98

Tabla 73

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 5/8"	3.25
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 5/8"	3.25	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/4"	4.12	1/2" -	1.27

Tabla 74

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	-
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 75

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 76

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 5/8"	3.25
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 5/8"	3.25	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27

Tabla 77

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 78

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 0.00% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

A continuación, se muestran los valores de acero colocado para todas las losas aligeradas diseñadas con CLE a 0.75% de FA, de la **tabla 79 a la tabla 85.**

Tabla 79

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 0.75% de FA.

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/4"	4.12	1/2" -	1.27

Tabla 80

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27

Tabla 81

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	-
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 82

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 83

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27

Tabla 84

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 85

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 0.75% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

A continuación, se muestran los valores de acero colocado para todas las losas aligeradas diseñadas con CLE a 1.25% de FA, de la **tabla 86 a la tabla 92**.

Tabla 86

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 1 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/4"	4.12	1/2" -	1.27

Tabla 87

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 2 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 5/8"	3.25	1/2" -	1.27

Tabla 88

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 3 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	-
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 89

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 4 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98	5/8" -	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 90

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 5 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27
3	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
4	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" 1/2"	2.53
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
5	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" 1/2"	2.53	1/2" -	1.27

Tabla 91

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 6 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" -	1.27	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Tabla 92

Distribución de refuerzos de acero para viguetas de LA 7 de CLE con 1.25% de FA

Tramo	Refuerzo	Extr. Izq.		Centro		Extr. Der.	
		ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
1	-	1/2" 1/2"	2.53	- -	-	1/2" 3/8"	1.98
	+	1/2" -	1.27	1/2" 3/8"	1.98	1/2" -	1.27
2	-	1/2" 3/8"	1.98	- -	-	1/2" -	1.27
	+	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27	1/2" -	1.27

Los refuerzos proporcionados en las zonas centrales de las viguetas han proporcionado una deflexión máxima en las losas aligeradas que se encuentra dentro de lo permitido por la norma E.060. Los valores de deflexión máxima a largo plazo se pueden verificar en la **tabla 93**.

Tabla 93

Deflexiones máximas en sección central de viguetas para losas aligeradas diseñadas

Losa	Tramo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% FA	CLE con 0.75% FA	CLE con 1.25% FA	$\delta_{máx}$ (cm)
		δ (cm)	δ (cm)	δ (cm)	δ (cm)	
LA 1	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	0.83	0.93	0.85	0.85	1.02
	4	-	-	-	-	-
	5	1.21	1.14	1.16	1.12	1.23
LA 2	1	-	-	-	-	-
	2	1.28	1.19	1.08	1.29	1.29
	3	1.11	1.01	1.16	1.10	1.24
	4	1.15	0.69	1.19	1.17	1.21
	5	1.23	1.17	1.22	1.19	1.23
LA 3	1	1.14	1.08	0.92	0.92	1.13
	2	-	-	-	-	-
LA 4	1	0.18	0.41	0.24	0.20	0.43
LA 5	1	0.30	0.37	0.31	0.31	0.77
	2	1.10	1.04	1.10	1.06	1.27
	3	1.13	1.08	1.12	1.10	1.24
	4	0.97	1.13	0.98	0.94	1.21
	5	0.92	0.88	0.93	0.90	1.07
LA 6	1	0.34	0.48	0.34	0.32	0.74
LA 7	1	0.97	0.95	1.00	0.96	1.11
	2	-	-	-	-	-

Finalmente, la **tabla 94** recopila los valores de metrado final distribuidos por los niveles para todos los diseños. De igual manera, la **tabla 95** recopila el metrado total de concreto para todas las losas aligeradas diseñadas.

Tabla 94

Tabla resumen de metrado de acero para losas aligeradas

Metrado / Nivel	Concreto Convencional	0.00% de FA	0.75% de FA	1.25% de FA
S3	1,937.23	2,192.86	1,955.49	1,955.49
S2	1,937.23	2,192.86	1,958.10	1,958.10
S1	1,759.65	1,847.29	1,670.61	1,670.61
Nivel 1	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,572.56
Nivel 2	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,572.56
Nivel 3	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,572.56
Nivel 4	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,570.50
Nivel 5	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,570.24
Nivel 6	1,692.40	1,831.26	1,608.74	1,570.50
Nivel 7	1,765.09	1,838.26	1,613.13	1,572.56
Nivel 8	1,765.09	1,838.26	1,625.24	1,585.25
Az	525.84	580.03	465.28	479.35
Σ	19,844.52	21,477.13	18,940.27	18,650.29

Tabla 95

Tabla resumen de metrado de área de concreto para losas aligeradas

Nivel	Metrado (m^2)
S3	397.3
S2	397.3
S1	335.33
N1	291.9
N2	291.9
N3	291.92
N4	291.9
N5	291.91
N6	291.9
N7	291.9
N8	294.88
Az	88.68
Total	3556.82

El metrado en metro cubico de concreto se obtuvo directamente del software REVIT y se analizará en la correspondiente sección más adelante.

6.5 Diseño elementos verticales

6.5.1 Consideraciones Previas - Secciones

Algunas consideraciones previas para el diseño de columnas, placas y contramuros fueron los siguientes:

- Todas las placa, columnas y contramuros trabajan uniformemente con concreto 280kgf/cm^2.
- La determinación de la longitud de los elementos de bordes para las placas fue directamente extraída del software de diseño ETABS al igual que las cargas gravitacionales y laterales.
- El índice de estabilidad "Q" para la determinación de nivel arriostrado o no arriostrado se aplicó únicamente para el cálculo de las columnas en ambas direcciones.
- El cálculo de los factores de esbeltes (δ_s y δ_{ns}) y verificación de condición biaxial solo se aplicó para las columnas en ambas direcciones.
- El refuerzo de corte para todos los elementos fue determinado de manera automática por el software ETABS.
- El cálculo de los diagramas de interacción fue realizado por el software CSI Col, aplicando factores de reducción indicados por la norma E.060 y descritos previamente en el marco teórico.
- No se diseñó el refuerzo de anclajes de muros pantalla ni refuerzo por cargas de empuje pasivo ni activo.

Las secciones trabajadas se distribuyeron como se aprecia en la **figura 154**, donde los recuadros verdes representan los elementos "Contramuro", los recuadros rojos las "Placas" y los azules las "Columnas". Adicional a ello, la **figura 155 y figura 156** muestra cómo se modificaron por el nivel 1 y la azotea respectivamente.

Figura 154

Vista en Planta, Sótano 1, de Placas, Contramuros y Columnas.

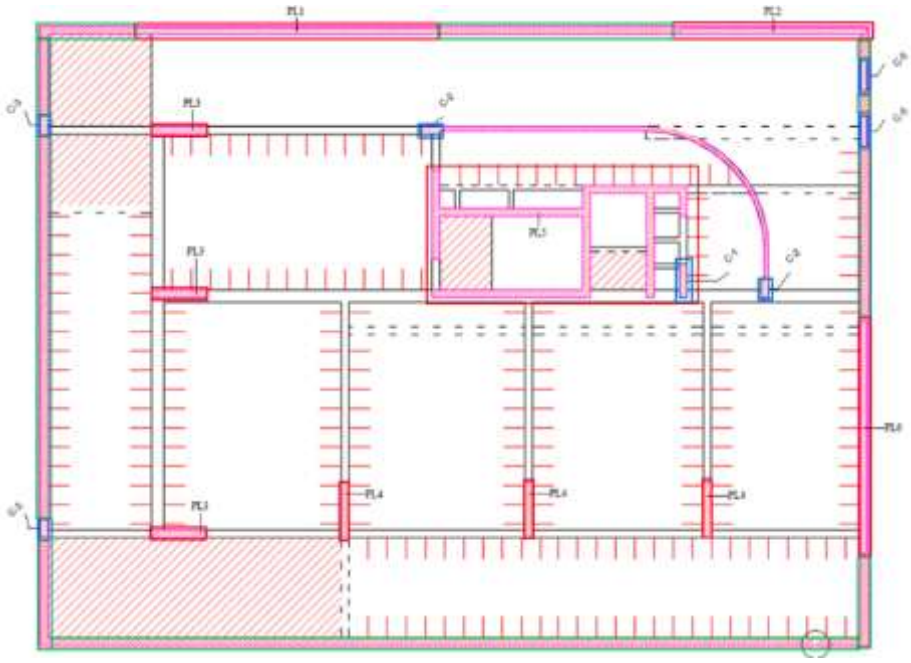


Figura 155

Vista en Planta, Nivel 1 al 8, de Placas y Columnas.

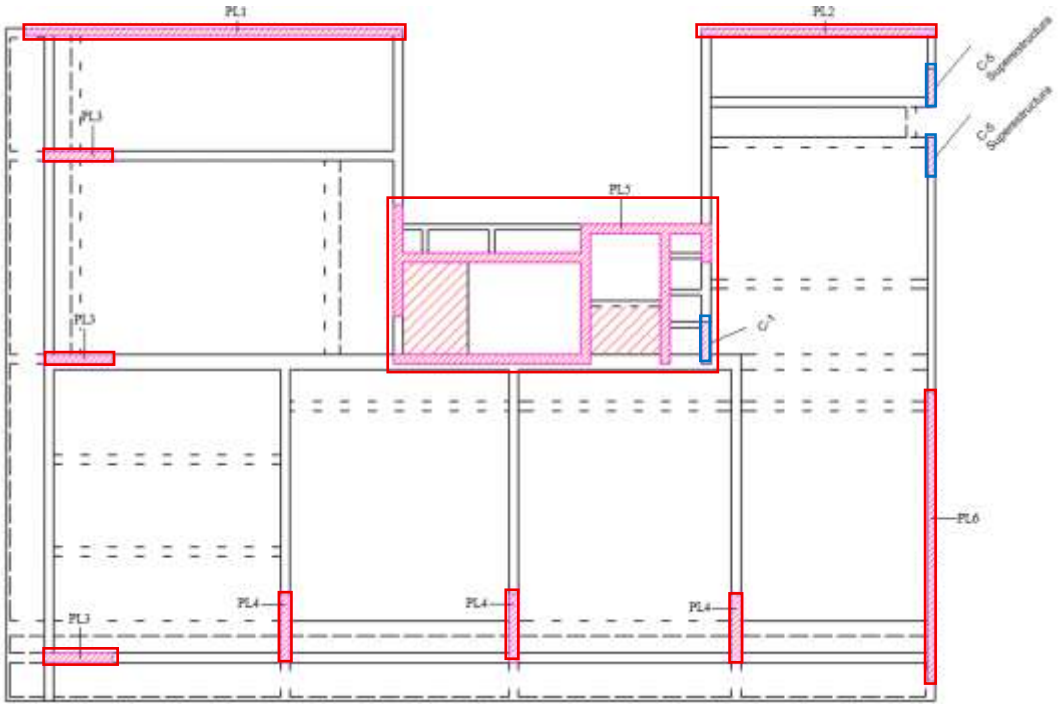
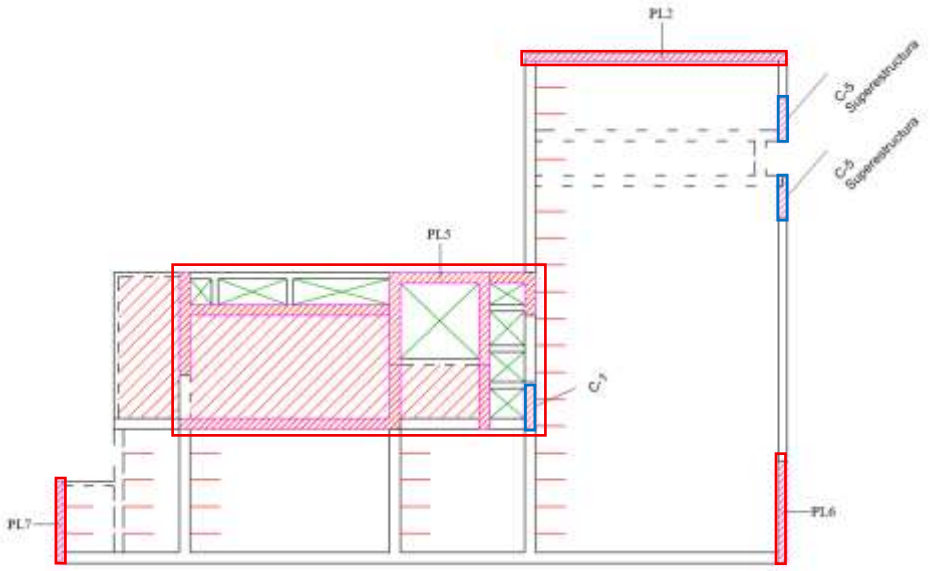


Figura 156

Vista en Planta, Azotea, de Placas y Columnas.



6.5.2 Placas y Contramuros

6.5.2.1 Diseño por flexocompresión y corte

Para el diseño por flexocompresión de muros de corte se debe de tener los siguientes datos:

- Fuerza axial (Compresión o Tracción)
- Fuerzas cortantes
- Momentos flectores

En todos los casos se trabajó para 6 grados de libertad, por lo cual va a existir cortantes en los tres ejes, uno de ellos la carga axial, y momentos, uno de ellos torsión, para todas las combinaciones de carga. Cada combinación fue analizada de manera individual y no como envolvente de fuerzas, es decir, cada valor de carga axial o tracción se trabajó con su respectivo momento flector.

En esta sección se presentará los resultados de todas las placas y contramuros diseñados a partir de lo detallado en el marco teórico. Sin embargo, para entrar más a detalle con el proceso de diseño, se tomará como base placas modelo: Placa 1 y Placa 4.

Con ello, la **tabla 96 y tabla 97** muestra todos los valores de momentos últimos y cargas axiales aplicadas para las placas modelo.

Tabla 96

Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa PL1.

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL1																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Sot 3	Comb. 1	334.39	-6.41	2.99	334.39	-4.89	-6.29	338.83	-6.22	2.89	338.83	-11.74	-12.12	341.81	-6.22	2.87	341.81	-14.21	-13.44
	Comb. 2	228.87	-2.79	5.44	237.21	620.75	593.08	219.55	-2.70	5.42	230.10	577.86	556.34	217.32	-2.65	5.45	228.28	573.14	553.52
	Comb. 3	353.10	-7.92	-0.45	344.76	-629.01	-603.63	370.01	-7.71	-0.59	359.45	-597.68	-576.73	377.45	-7.74	-0.64	366.49	-597.16	-576.18
	Comb. 4	121.94	-0.06	4.17	130.28	622.71	595.71	110.98	-0.05	4.19	121.54	582.56	561.29	107.83	-0.01	4.23	118.79	578.77	558.95
	Comb. 5	246.18	-5.19	-1.72	237.83	-627.04	-601.00	261.45	-5.06	-1.82	250.89	-592.98	-571.78	267.96	-5.11	-1.86	257.00	-591.53	-570.75
Sot 2	Comb. 1	304.26	-5.01	5.09	304.26	-3.18	-3.25	308.90	-5.04	5.08	308.90	-15.29	-10.28	311.89	-5.06	5.12	311.89	-19.20	-12.30
	Comb. 2	201.73	3.97	6.44	210.19	994.27	754.83	191.82	3.59	6.29	202.61	926.29	708.64	189.51	3.71	6.34	200.71	917.84	705.62
	Comb. 3	327.77	-12.30	2.05	319.30	-1000.62	-760.52	345.60	-11.98	2.20	334.81	-953.08	-726.20	353.12	-12.14	2.21	341.92	-951.28	-726.64
	Comb. 4	104.37	6.17	4.26	112.83	994.05	755.81	92.74	5.80	4.11	103.53	930.90	712.43	89.50	5.92	4.15	100.69	923.94	710.15
	Comb. 5	230.40	-10.11	-0.13	221.94	-1000.84	-759.54	246.52	-9.77	0.02	235.73	-948.47	-722.42	253.11	-9.93	0.02	241.91	-945.18	-722.12
Sot 1	Comb. 1	296.68	0.40	4.84	296.68	-10.03	3.06	301.98	0.26	4.80	301.98	-38.21	-9.98	305.28	0.22	4.81	305.28	-46.38	-14.06
	Comb. 2	191.26	11.81	13.25	200.23	1990.77	1233.47	179.94	11.21	12.99	191.53	1839.22	1156.77	177.24	11.26	13.18	189.31	1817.97	1149.82
	Comb. 3	324.79	-11.16	-5.11	315.82	-2010.93	-1229.34	345.17	-10.79	-4.92	333.57	-1906.99	-1174.67	353.62	-10.92	-5.09	341.55	-1899.62	-1174.67
	Comb. 4	95.94	11.61	11.25	104.90	1989.80	1230.65	82.65	11.07	11.01	94.24	1849.50	1159.17	78.90	11.14	11.20	90.98	1831.36	1153.75
	Comb. 5	229.46	-11.36	-7.11	220.50	-2011.90	-1232.16	247.87	-10.93	-6.91	236.28	-1896.71	-1172.28	255.29	-11.05	-7.07	243.22	-1886.23	-1170.75
Piso 1	Comb. 1	351.81	-6.35	1.00	351.81	-9.74	-9.01	358.92	-6.82	0.87	358.92	-49.45	-45.48	363.36	-6.87	0.81	363.36	-60.35	-56.22
	Comb. 2	223.75	0.10	14.45	234.65	2318.98	2816.74	209.11	-1.18	14.15	223.41	2113.65	2616.04	205.58	-0.93	14.29	220.54	2078.93	2590.94
	Comb. 3	386.14	-10.88	-12.77	375.24	-2339.89	-2836.07	412.93	-10.39	-12.69	398.63	-2201.61	-2696.95	424.18	-10.75	-12.94	409.22	-2185.39	-2690.12
	Comb. 4	107.55	2.54	14.03	118.45	2315.99	2814.00	90.27	1.44	13.79	104.57	2126.52	2627.87	85.34	1.71	13.95	100.30	2096.02	2606.85
	Comb. 5	269.94	-8.44	-13.18	259.04	-2342.88	-2838.80	294.09	-7.77	-13.06	279.79	-2188.74	-2685.12	303.94	-8.11	-13.27	288.98	-2168.30	-2674.21
Piso 2	Comb. 1	308.93	-14.31	17.17	308.93	-2.81	-2.44	315.40	-14.61	16.92	315.40	-38.44	-39.79	319.35	-14.88	17.04	319.35	-49.10	-49.94
	Comb. 2	192.93	-4.82	31.15	202.98	1856.07	2334.73	179.80	-1.89	33.14	192.92	1664.10	2133.49	176.66	-0.98	34.09	190.35	1627.06	2100.19
	Comb. 3	342.58	-19.49	-1.99	332.53	-1864.56	-2343.06	366.75	-22.92	-4.41	353.63	-1732.73	-2204.85	376.79	-24.30	-5.13	363.09	-1713.75	-2188.78
	Comb. 4	90.83	0.68	24.53	100.88	1851.41	2329.25	75.29	3.72	26.62	88.41	1673.73	2142.96	70.90	4.72	27.54	84.59	1640.86	2113.59
	Comb. 5	240.47	-14.00	-8.61	230.43	-1869.22	-2348.54	262.24	-17.31	-10.93	249.12	-1723.10	-2195.38	271.03	-18.61	-11.68	257.33	-1699.95	-2175.39
Piso 3	Comb. 1	265.41	-19.38	18.79	265.41	-14.29	5.64	271.08	-18.32	17.52	271.08	-43.59	-27.16	274.51	-18.33	17.46	274.51	-52.75	-36.90
	Comb. 2	164.08	-7.22	28.41	172.94	1396.56	1876.94	153.04	-3.17	29.74	164.52	1232.00	1690.53	150.46	-2.06	30.58	162.42	1198.04	1655.52
	Comb. 3	295.97	-25.70	3.48	287.11	-1424.12	-1870.88	316.68	-27.96	0.01	305.20	-1308.96	-1739.82	325.24	-29.08	-0.92	313.27	-1290.53	-1721.29
	Comb. 4	76.32	0.23	21.15	85.18	1397.00	1869.34	63.17	3.87	22.98	74.65	1244.22	1696.12	59.51	4.95	23.87	71.47	1213.85	1664.92
	Comb. 5	208.20	-18.25	-3.77	199.35	-1423.68	-1878.48	226.81	-20.92	-6.75	215.33	-1296.74	-1734.22	234.28	-22.07	-7.63	222.32	-1274.71	-1711.89
Piso 4	Comb. 1	221.36	-23.13	23.35	221.36	-20.51	-3.89	226.07	-20.51	20.48	226.07	-43.64	-29.74	228.92	-20.27	20.17	228.92	-51.13	-37.75
	Comb. 2	136.30	-9.06	32.46	143.75	984.94	1421.84	127.44	-3.66	32.70	137.04	853.48	1263.77	125.45	-2.36	33.39	135.43	825.25	1232.22
	Comb. 3	247.39	-30.21	7.16	239.93	-1022.62	-1431.52	264.28	-31.18	2.07	254.67	-930.15	-1317.02	271.23	-32.07	0.86	261.26	-914.61	-1299.03
	Comb. 4	63.08	-0.16	23.45	70.54	988.44	1418.60	52.47	4.24	24.80	62.07	866.33	1271.00	49.58	5.41	25.64	59.56	841.03	1242.59
	Comb. 5	174.17	-21.31	-1.86	166.71	-1019.12	-1434.76	189.31	-23.28	-5.83	179.71	-917.30	-1309.80	195.36	-24.30	-6.89	185.39	-898.83	-1288.66
Piso 5	Comb. 1	177.19	-25.29	25.05	177.19	-24.90	-9.84	180.97	-21.95	21.52	180.97	-42.37	-29.69	183.26	-21.62	21.15	183.26	-48.21	-36.08
	Comb. 2	109.38	-10.05	33.69	115.31	619.19	1011.89	102.83	-4.11	33.40	110.40	523.85	886.86	101.45	-2.76	34.04	109.30	504.41	861.04
	Comb. 3	197.74	-32.89	8.82	191.80	-663.91	-1031.25	210.75	-33.17	3.13	203.17	-598.00	-939.66	216.10	-33.98	1.88	208.25	-588.47	-924.66
	Comb. 4	50.76	-0.32	24.01	56.70	625.03	1011.58	42.81	4.34	25.09	50.38	536.76	894.63	40.71	5.53	25.91	48.56	519.60	871.32
	Comb. 5	139.12	-23.15	-0.86	133.19	-658.08	-1031.56	150.73	-24.72	-5.18	143.15	-585.09	-931.89	155.36	-25.69	-6.26	147.51	-573.28	-914.38

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL1																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Piso 6	Comb. 1	132.63	-31.65	30.64	132.63	-23.60	-12.73	135.37	-25.62	24.86	135.37	-35.60	-26.34	137.05	-24.90	24.17	137.05	-39.75	-30.89
	Comb. 2	82.68	-14.75	38.07	87.01	324.75	647.74	78.28	-6.74	35.78	83.75	279.07	559.00	77.45	-5.16	36.09	83.10	269.10	539.96
	Comb. 3	147.20	-38.98	13.94	142.87	-366.77	-671.59	156.28	-36.76	6.42	150.81	-341.30	-605.73	160.03	-37.13	4.95	154.38	-338.35	-594.40
	Comb. 4	38.81	-2.55	26.22	43.15	330.85	649.21	33.40	3.14	26.18	38.87	290.05	566.06	32.04	4.40	26.80	37.69	281.69	548.81
	Comb. 5	103.34	-26.77	2.09	99.01	-360.67	-670.13	111.40	-26.89	-3.18	105.92	-330.33	-598.68	114.62	-27.57	-4.35	108.97	-325.77	-585.55
Piso 7	Comb. 1	88.16	-26.60	29.03	88.16	-11.49	-11.74	89.92	-22.38	23.81	89.92	-19.63	-20.16	91.02	-22.05	23.29	91.02	-22.47	-23.10
	Comb. 2	56.15	-11.03	35.81	58.87	134.77	348.59	53.82	-4.55	33.94	57.20	132.43	307.74	53.49	-3.33	34.38	56.96	133.30	299.54
	Comb. 3	96.66	-34.14	13.45	93.94	-155.50	-370.28	102.01	-33.45	6.46	98.63	-166.89	-343.57	104.25	-34.14	5.17	100.78	-172.59	-340.35
	Comb. 4	27.01	-0.80	24.58	29.73	137.34	350.41	24.02	4.05	24.75	27.40	138.25	313.05	23.34	5.12	25.41	26.82	140.23	306.01
	Comb. 5	67.52	-23.90	2.23	64.80	-152.93	-368.46	72.21	-24.85	-2.74	68.83	-161.07	-338.26	74.11	-25.69	-3.79	70.63	-165.66	-333.89
Piso 8	Comb. 1	43.19	-24.89	18.22	43.19	-13.50	2.90	43.87	-24.83	18.82	43.87	-15.30	-3.06	44.35	-24.93	19.10	44.35	-15.69	-5.00
	Comb. 2	29.25	-5.74	26.99	30.35	2.66	149.43	28.65	-3.82	29.72	29.97	3.15	144.29	28.68	-3.39	30.65	30.02	3.72	145.50
	Comb. 3	45.65	-36.49	3.91	44.55	-25.87	-146.07	47.41	-38.30	2.22	46.09	-29.38	-150.81	48.21	-38.92	1.78	46.88	-30.61	-155.27
	Comb. 4	15.01	3.91	19.94	16.11	7.43	145.88	14.16	5.80	22.43	15.48	8.64	143.41	14.05	6.24	23.29	15.38	9.38	145.45
	Comb. 5	31.41	-26.84	-3.14	30.31	-21.11	-149.62	32.92	-28.67	-5.06	31.61	-23.88	-151.68	33.58	-29.29	-5.59	32.24	-24.95	-155.32

Tabla 97

Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa PL4.

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL4																	
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Sot 3	Comb. 1	564.66	-0.48	0.25	564.66	16.22	-4.52	574.15	-0.27	0.14	574.15	16.24	-4.57	587.65	-0.20	0.11	587.65	16.54	-4.71
	Comb. 2	461.93	-0.29	0.52	464.50	16.81	5.69	460.78	-0.06	0.49	464.78	16.81	6.20	468.21	0.02	0.48	472.71	17.11	6.49
	Comb. 3	500.23	-0.52	-0.10	497.66	10.42	-13.29	517.80	-0.40	-0.24	513.80	10.47	-13.88	533.88	-0.36	-0.29	529.38	10.68	-14.42
	Comb. 4	249.69	-0.10	0.43	252.26	10.10	7.57	245.35	0.04	0.43	249.35	10.09	8.09	248.47	0.09	0.44	252.96	10.30	8.43
	Comb. 5	287.99	-0.33	-0.20	285.42	3.70	-11.42	302.37	-0.30	-0.29	298.37	3.75	-11.99	314.13	-0.29	-0.33	309.64	3.87	-12.48
Sot 2	Comb. 1	510.78	-0.78	0.74	510.78	16.50	-18.83	518.57	-0.55	0.47	518.57	16.55	-18.99	530.45	-0.47	0.37	530.45	16.82	-19.31
	Comb. 2	416.52	-0.11	0.90	419.09	34.50	-12.36	413.94	0.03	0.73	417.94	34.65	-12.35	419.98	0.09	0.68	424.47	35.17	-12.49
	Comb. 3	454.77	-1.21	0.35	452.20	-6.80	-19.22	470.89	-0.96	0.07	466.89	-6.87	-19.51	485.57	-0.89	-0.04	481.08	-6.92	-19.92
	Comb. 4	225.99	0.20	0.61	228.56	27.66	-4.50	220.87	0.24	0.55	224.87	27.79	-4.44	223.18	0.27	0.54	227.67	28.23	-4.47
	Comb. 5	264.24	-0.90	0.06	261.67	-13.65	-11.36	277.82	-0.75	-0.11	273.82	-13.73	-11.60	288.76	-0.71	-0.17	284.27	-13.87	-11.91
Sot 1	Comb. 1	457.15	-0.96	0.82	457.15	27.26	-18.79	463.38	-0.81	0.67	463.38	27.52	-19.12	473.72	-0.77	0.62	473.72	28.37	-19.55
	Comb. 2	371.22	1.85	1.49	373.80	159.05	4.91	367.25	1.74	1.32	371.27	159.01	4.70	371.93	1.72	1.26	376.44	163.00	4.59
	Comb. 3	409.63	-3.47	-0.10	407.05	-113.38	-36.42	424.50	-3.12	-0.18	420.48	-112.88	-36.78	437.89	-3.04	-0.20	433.37	-115.39	-37.42
	Comb. 4	202.29	2.23	1.16	204.87	147.60	12.75	196.39	2.05	1.06	200.41	147.51	12.65	197.88	2.02	1.02	202.39	151.21	12.69
	Comb. 5	240.71	-3.10	-0.42	238.13	-124.82	-28.59	253.64	-2.81	-0.44	249.62	-124.38	-28.83	263.84	-2.74	-0.44	259.32	-127.18	-29.33
Piso 1	Comb. 1	404.09	1.23	0.59	404.09	22.30	-14.45	410.41	1.00	0.59	410.41	21.28	-19.07	419.90	0.96	0.59	419.90	21.20	-21.02
	Comb. 2	325.68	4.54	6.73	328.35	69.18	130.25	321.26	5.92	7.84	325.45	62.20	130.29	324.93	6.55	8.36	329.65	60.31	134.17
	Comb. 3	365.53	-2.44	-5.74	362.85	-31.66	-154.63	381.00	-4.20	-6.85	376.81	-26.40	-162.52	393.93	-4.89	-7.38	389.20	-24.61	-169.74
	Comb. 4	177.87	4.10	6.47	180.55	60.05	136.06	171.50	5.57	7.59	175.70	53.50	137.86	172.26	6.22	8.12	176.99	51.68	142.46
	Comb. 5	217.73	-2.87	-5.99	215.05	-40.78	-148.82	231.24	-4.55	-7.10	227.05	-35.09	-154.95	241.26	-5.23	-7.63	236.53	-33.24	-161.45
Piso 2	Comb. 1	350.43	0.04	-1.31	350.43	26.90	-20.36	355.56	0.05	-1.11	355.56	25.65	-21.93	363.66	0.08	-1.08	363.66	25.69	-23.02
	Comb. 2	281.37	4.65	4.57	283.83	69.26	36.69	276.93	6.65	6.49	280.76	61.69	31.69	279.89	7.49	7.28	284.18	60.22	30.19
	Comb. 3	318.03	-4.61	-6.80	315.57	-23.81	-71.22	331.46	-6.58	-8.39	327.63	-18.35	-68.88	342.67	-7.37	-9.12	338.37	-16.77	-69.24
	Comb. 4	153.17	4.60	5.08	155.63	58.54	44.60	147.17	6.61	6.91	151.00	51.49	40.21	147.65	7.44	7.68	151.95	50.04	39.11
	Comb. 5	189.83	-4.66	-6.30	187.37	-34.52	-63.31	201.70	-6.62	-7.98	197.87	-28.55	-60.35	210.43	-7.41	-8.72	206.14	-26.95	-60.32
Piso 3	Comb. 1	302.96	0.98	0.30	302.96	21.71	-19.59	307.29	0.70	0.29	307.29	21.00	-21.32	314.21	0.63	0.27	314.21	21.16	-22.29
	Comb. 2	242.99	6.65	6.77	245.16	49.76	34.76	239.12	8.46	8.61	242.46	44.50	29.85	241.66	9.24	9.37	245.40	43.69	29.08
	Comb. 3	275.27	-4.97	-6.23	273.11	-13.18	-67.96	286.74	-7.26	-8.10	283.39	-9.11	-65.99	296.31	-8.16	-8.90	292.57	-8.01	-66.89
	Comb. 4	132.25	6.29	6.68	134.41	40.96	42.38	127.07	8.21	8.52	130.41	36.00	38.15	127.50	9.02	9.28	131.24	35.16	37.72
	Comb. 5	164.53	-5.34	-6.32	162.36	-21.98	-60.34	174.69	-7.52	-8.19	171.35	-17.61	-57.69	182.15	-8.38	-8.99	178.41	-16.53	-58.24
Piso 4	Comb. 1	249.74	-0.62	-1.50	249.74	23.41	-20.75	253.12	-0.54	-0.72	253.12	22.88	-21.94	258.77	-0.51	-0.59	258.77	23.13	-22.76
	Comb. 2	199.96	5.72	5.39	201.79	43.84	18.44	196.63	7.82	7.96	199.43	40.17	15.17	198.70	8.66	8.87	201.83	40.64	14.66
	Comb. 3	227.25	-6.81	-7.95	225.42	-4.31	-53.58	236.52	-8.75	-9.20	233.72	-1.52	-52.32	244.33	-9.54	-9.88	241.20	-1.55	-53.22
	Comb. 4	108.65	5.90	5.94	110.48	34.49	26.59	104.31	8.00	8.22	107.11	31.06	23.78	104.67	8.84	9.07	107.80	31.47	23.55
	Comb. 5	135.94	-6.63	-7.40	134.10	-13.65	-45.43	144.20	-8.57	-8.95	141.40	-10.64	-43.71	150.29	-9.36	-9.68	147.17	-10.72	-44.33
Piso 5	Comb. 1	202.61	0.72	0.48	202.61	20.65	-23.00	205.37	0.39	0.54	205.37	20.37	-24.03	209.93	0.31	0.55	209.93	20.67	-24.83
	Comb. 2	162.39	7.24	7.26	163.86	39.93	8.53	159.92	9.01	9.24	162.14	40.67	5.87	161.71	9.75	10.04	164.18	41.99	5.39
	Comb. 3	184.26	-6.01	-6.43	182.79	-5.12	-47.51	191.57	-8.32	-8.32	189.35	-6.32	-46.62	197.76	-9.22	-9.11	195.30	-7.11	-47.51
	Comb. 4	88.40	6.98	7.11	89.87	31.57	17.48	85.12	8.87	9.05	87.34	32.44	15.23	85.52	9.66	9.85	87.99	33.68	15.01
	Comb. 5	110.27	-6.27	-6.59	108.80	-13.47	-38.56	116.76	-8.46	-8.51	114.54	-14.54	-37.27	121.57	-9.32	-9.30	119.11	-15.41	-37.88
Piso 6	Comb. 1	149.65	-0.56	-1.17	149.65	21.89	-21.76	151.60	-0.55	-0.48	151.60	21.86	-22.55	154.95	-0.68	-0.43	154.95	22.25	-23.25

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL4																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
	Comb. 2	119.89	6.38	5.77	120.98	38.82	4.10	118.11	8.28	8.21	119.74	40.62	2.38	119.48	8.94	9.01	121.29	42.22	2.02
	Comb. 3	136.15	-7.36	-7.78	135.06	-1.86	-40.93	141.36	-9.24	-9.04	139.73	-3.71	-40.54	145.84	-10.11	-9.75	144.04	-4.61	-41.40
	Comb. 4	65.23	6.55	6.20	66.32	30.08	12.67	62.89	8.48	8.37	64.52	31.91	11.25	63.24	9.18	9.14	65.05	33.39	11.13
	Comb. 5	81.49	-7.20	-7.36	80.40	-10.61	-32.36	86.13	-9.05	-8.88	84.50	-12.42	-31.67	89.60	-9.87	-9.62	87.80	-13.44	-32.30
Piso 7	Comb. 1	102.71	-0.15	0.79	102.71	19.35	-24.55	104.13	-0.41	0.86	104.13	19.49	-25.14	106.43	-0.48	0.88	106.43	19.91	-25.82
	Comb. 2	82.57	6.18	7.05	83.29	34.66	-2.92	81.65	7.80	8.88	82.70	37.52	-3.71	82.72	8.46	9.61	83.87	39.32	-4.09
	Comb. 3	93.23	-6.42	-5.70	92.51	-2.04	-38.69	96.64	-8.47	-7.41	95.59	-4.64	-38.91	99.60	-9.26	-8.11	98.45	-5.71	-39.71
	Comb. 4	45.16	6.25	6.78	45.88	26.86	6.64	43.83	7.98	8.56	44.88	29.68	6.07	44.19	8.68	9.28	45.35	31.35	5.91
	Comb. 5	55.82	-6.34	-5.97	55.11	-9.84	-29.14	58.82	-8.29	-7.72	57.76	-12.48	-29.13	61.08	-9.05	-8.44	59.92	-13.69	-29.71
Piso 8	Comb. 1	49.88	3.13	-1.85	49.88	33.20	-23.05	50.55	2.89	-1.52	50.55	32.18	-23.47	51.67	2.86	-1.44	51.67	32.36	-24.10
	Comb. 2	40.06	11.53	5.30	40.41	35.86	-5.60	39.69	12.81	7.20	40.19	38.76	-6.18	40.26	13.41	7.92	40.81	40.73	-6.69
	Comb. 3	45.34	-6.22	-8.46	44.98	20.19	-33.38	46.90	-7.91	-9.79	46.39	15.56	-33.53	48.28	-8.56	-10.38	47.73	13.93	-34.12
	Comb. 4	21.94	10.29	5.99	22.29	22.55	3.51	21.37	11.68	7.76	21.87	25.88	3.08	21.60	12.29	8.45	22.15	27.84	2.77
	Comb. 5	27.21	-7.46	-7.77	26.86	6.89	-24.27	28.58	-9.05	-9.23	28.07	2.68	-24.27	29.62	-9.68	-9.85	29.07	1.03	-24.65

En el **ANEXO 47** su puede visualizar todas las tablas de fuerzas a flexocompresión para cada placa del edificio diseñado.

Una vez organizado las fuerzas de flexocompresión ejercidas para cada placa, se procedió a utilizar determinar de manera automatizada la longitud de los elementos de borde que estos iban a poseer. Para ello se utilizaron los resultados de ETABS como se muestra de la **tabla 98 a la tabla 115** para PL1 y PL4 respectivamente. Este valor fue verificando cada nivel que se iba subiendo ya que esta longitud podía reducirse dependiendo de la carga aplicada.

Tabla 98

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	5	C7: 0.9CM - CsD X	96.03	2677.32	250.94	148.97	326.01
Inferior	5	C7: 0.9CM - CsD X	107.55	3252.43	250.94	148.97	326.01

Tabla 99

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	69.21	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	370.15	-2701.22
Superior-Der.	69.21	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	370.15	2680.3
Inferior-Izq.	71.2	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	386.14	-3274.5
Inferior-Der.	71.2	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	386.14	3255.17

Tabla 100

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	5	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	193.11	2465.88	251.5	148.97	326.01
Inferior	5	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	209.11	3049.71	251.5	148.97	326.01

Tabla 101

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	72.5	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	395.93	-2553.84
Superior-Der.	72.5	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	395.93	2465.88
Inferior-Izq.	74.5	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	412.93	-3130.62
Inferior-Der.	74.5	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	412.93	3049.71

Tabla 102

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 1.25% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	5	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	186.64	2374.93	249.79	148.97	326.01
Inferior	5	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	202.65	2956.01	249.79	148.97	326.01

Tabla 103

Resumen de diseño automatizado de PL1 de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	73.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	403.11	-2489.79
Superior-Der.	73.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	403.11	2374.93
Inferior-Izq.	75.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	419.11	-3063.44
Inferior-Der.	75.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	419.11	2956.01

Tabla 104

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	277.73	76.48	20.34	33.94	74.28
Inferior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	281.37	45.06	20.34	33.94	74.28

Tabla 105

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	60.35	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	314.38	-31.03
Superior-Der.	60.35	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	314.38	76.48
Inferior-Izq.	61.71	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	318.03	-79.59
Inferior-Der.	61.71	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	318.03	45.06

Tabla 106

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.00% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	196.31	47.57	22.43	33.94	74.28
Inferior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	199.96	24.03	22.43	33.94	74.28

Tabla 107

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.00% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	34.85	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	223.6	-8.04
Superior-Der.	34.85	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	223.6	47.57
Inferior-Izq.	35.58	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	227.25	-59.16
Inferior-Der.	35.58	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	227.25	24.03

Tabla 108

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.3	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	264.98	66.17	21.01	33.94	74.28
Inferior	6.3	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	268.62	38.7	21.01	33.94	74.28

Tabla 109

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	61.6	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	317.87	-24.13
Superior-Der.	61.6	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	317.87	66.17
Inferior-Izq.	63	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	321.52	38.7
Inferior-Der.	63	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	321.52	38.7

Tabla 110

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.75% de FA para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.3	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	187.09	42.27	23.3	33.94	74.28
Inferior	6.3	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	190.73	20.06	23.3	33.94	74.28

Tabla 111

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 0.75% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	35.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	225.78	-4.78
Superior-Der.	35.3	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	225.78	42.27
Inferior-Izq.	36	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	229.42	-53.1
Inferior-Der.	36	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	229.42	20.06

Tabla 112

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 1.25% de FA. para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	257.63	62.01	21.05	33.94	74.28
Inferior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	261.27	35.8	21.05	33.94	74.28

Tabla 113

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Sot3 – Piso 3) de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	61.2	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	316.69	-21.89
Superior-Der.	61.2	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	316.69	62.01
Inferior-Izq.	62.6	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	320.34	36.8
Inferior-Der.	62.6	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	320.34	36.8

Tabla 114

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 1.25% de FA. para Diseño por Corte.

Locación	Refuerzo cm^2/m	Combinación de Corte	P_u tonf-m	M_u tonf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_u tonf
Superior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	181.87	40.89	23.46	33.94	74.28
Inferior	6.25	C3: 1.25(CM+CV) - CsD X	185.51	19.09	23.46	33.94	74.28

Tabla 115

Resumen de diseño automatizado de PL4 (Piso 4 – Piso 8) de CLE con 1.25% de FA Comprobación de elementos de límite ACI 18.10.6.3 y 18.10.6.4.

Locación	Longitud de Elemento de Borde (cm)	Combinación Ultima	P_u tonf-m	M_u tonf-m
Superior-Izq.	35.1	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	224.78	-4.77
Superior-Der.	35.1	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	224.78	40.89
Inferior-Izq.	35.8	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	228.43	-54.74
Inferior-Der.	35.8	C2: 1.25(CM+CV) + CsD X	228.43	19.09

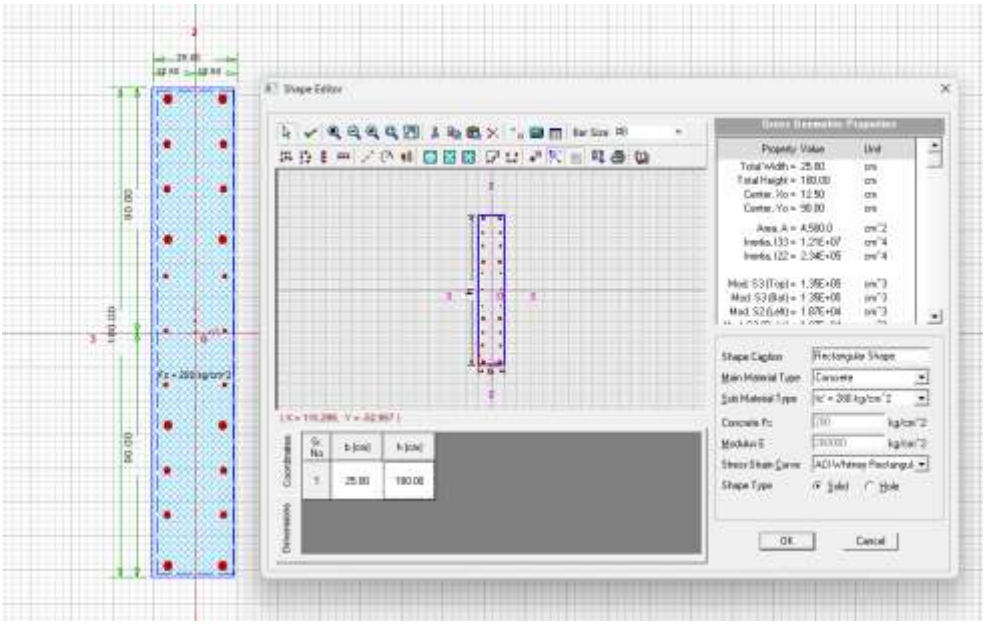
El resumen nos ayuda a determinar el ancho de los elementos de borde, así como también el refuerzo cortante que requiere cada sección de la placa a lo largo de los niveles.

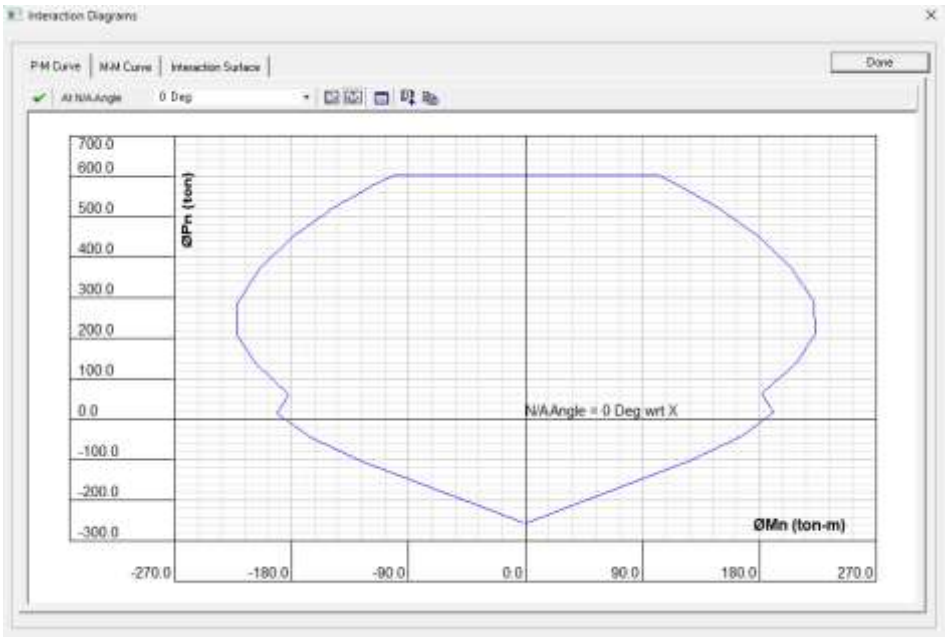
Con ello se procedió a realizar los diseños de placas, empezando con el refuerzo originalmente planteado en los planos estructurales y eventualmente reduciendo el refuerzo para que todas las cargas se encuentren dentro del diagrama de interacción. Para ello se hizo

uso del software de CSI Col como se aprecia en la **figura 157**, donde se aprecia el modelado de la placa 4 con el refuerzo final planteado y como el software determina el diagrama de interacción para momentos en eje X y Y.

Figura 157

(a) Vista en planta de PL4 en software CSI Col. (b) Diagrama de interacción de placa PL4.





Como resultado de todo ello tenemos la **tabla 116** donde se muestra la distribución de refuerzos colocada para la placa PL1 en la estructura con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA. Para un mejor entendimiento de esta tabla de armado de acero se tiene la **figura 158** que es la distribución de este diseño según los niveles modelado en software REVIT. Este diseño se apoya en la **figura 159 y figura 160**, que es la distribución de cargas biaxiales dentro del diagrama de interacción para eje X y Y respectivamente. Estas tablas y gráficos se repiten para cada diseño de CLE con FA.

De igual manera, la **tabla 119, figura 167, figura 168, figura 169** y subsecuentes muestran el mismo proceso de diseño para la placa PL4.

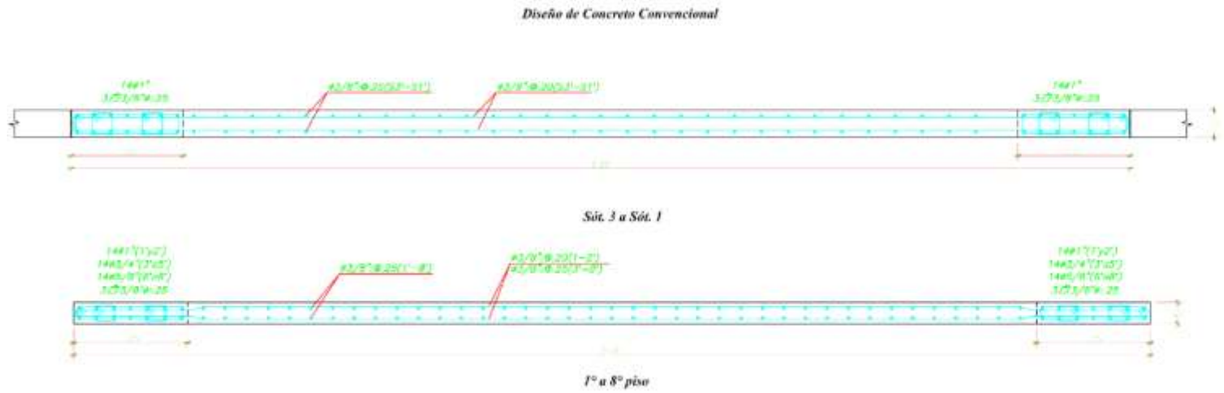
Tabla 116

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA

Tipo	**Acero Colocado**				**Adicionales**
PL1 Sótanos	**Nucleo**		**Acero en Alma**		
	ø	**cm²**	**ø**	**cm²**	
Acero Vertical	8-1" + 4-3/4"	51.94	3/8"@0.20 en dos capas	58.47	Usar Gancho y Estribo Adicional
	Cuantia Min:	20.25	Cuantia Min:	56.53	
Acero Horizontal	3/8"@0.25m	-	3/8"@0.20 en dos capas	7.13	-
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.75	
			PL1 de (1-2)		
Acero Vertical	↑	↑	3/8"@0.20 en dos capas	↑	-
	Cuantia Min:	15.00	Cuantia Min:	41.88	
Acero Horizontal	↑	↑	3/8"@0.25 en dos capas	5.70	-
	↑	↑	Diseño por Corte:	5.00	
			PL1 de (3-5)		
Acero Vertical	12-3/4"	34.20	↑	↑	-
	Cuantia Min:	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	
			PL1 de (6-8)		
Acero Vertical	4-3/4" + 8-5/8"	27.23	↑	↑	-
	Cuantia Min:	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	

Figura 158

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 0.00% de FA



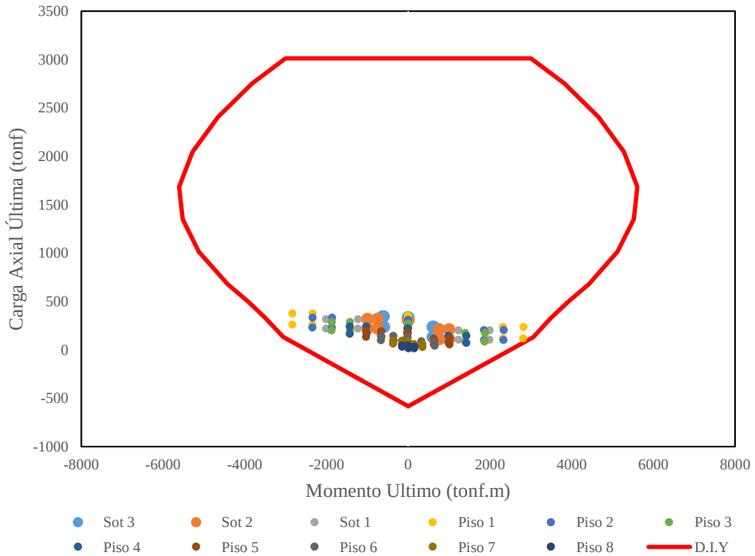
Nota. (a)



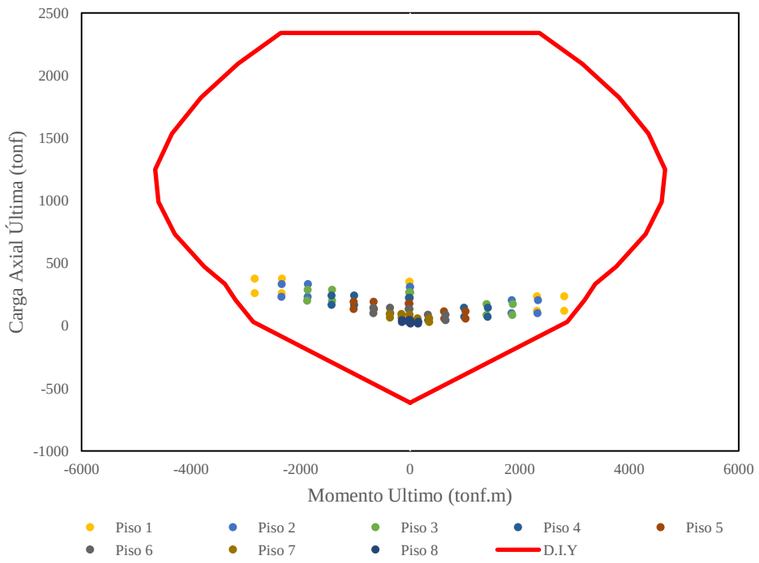
Nota. (b)

Figura 159

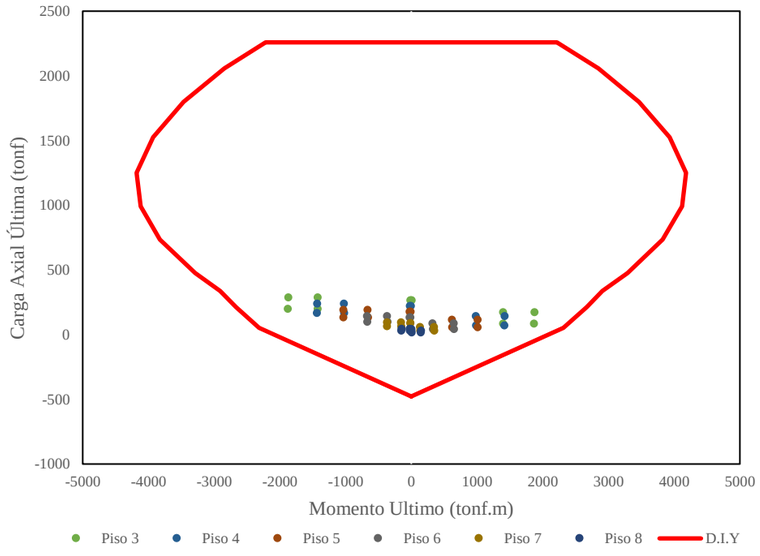
Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



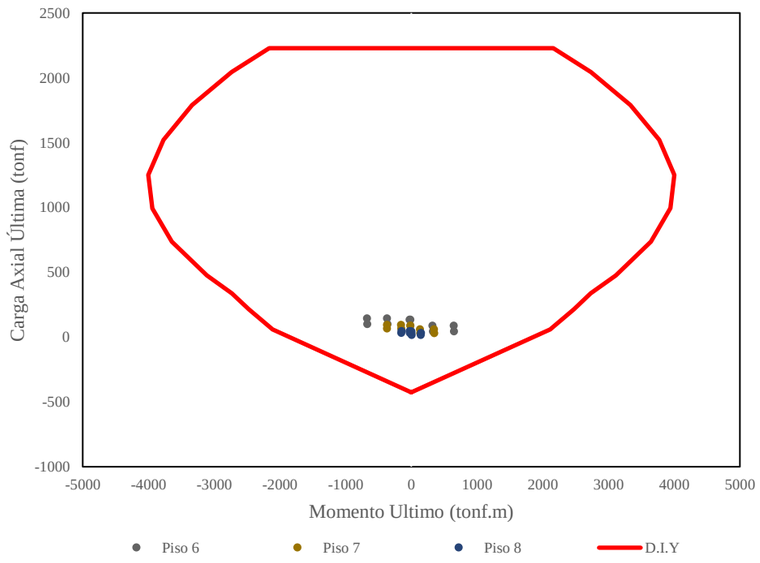
Nota. (a)



Nota. (b)



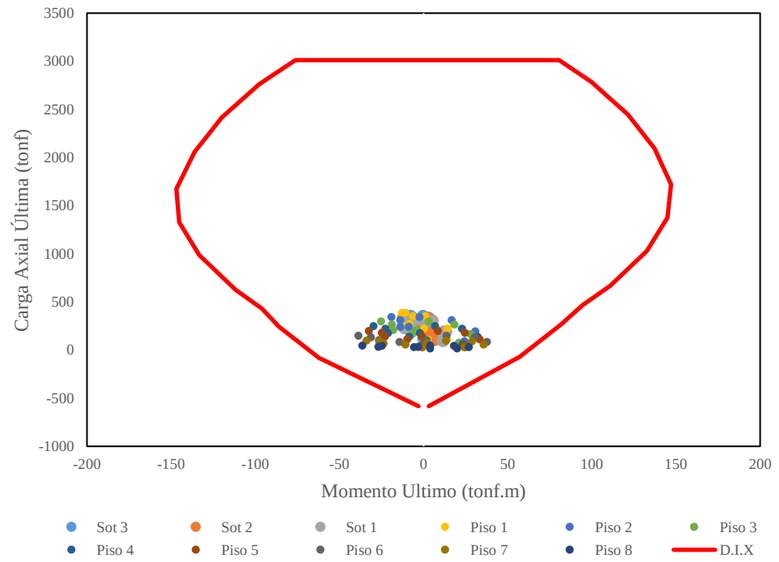
Nota. (c)



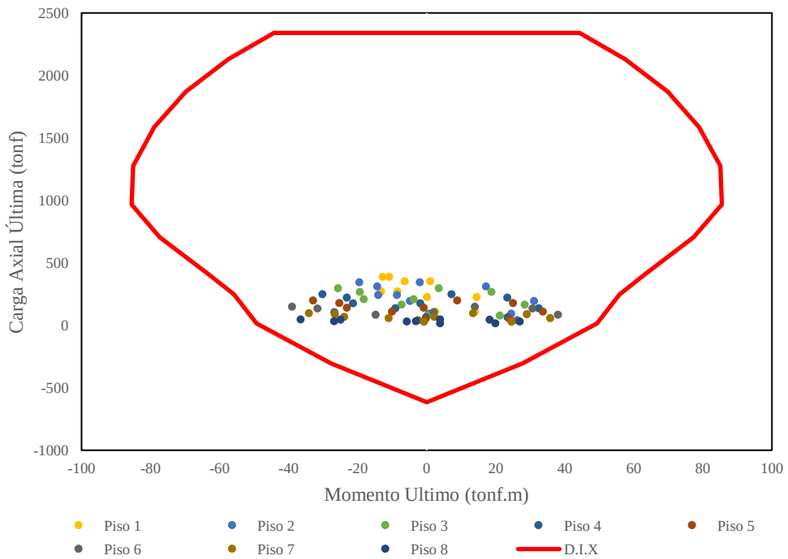
Nota. (d)

Figura 160

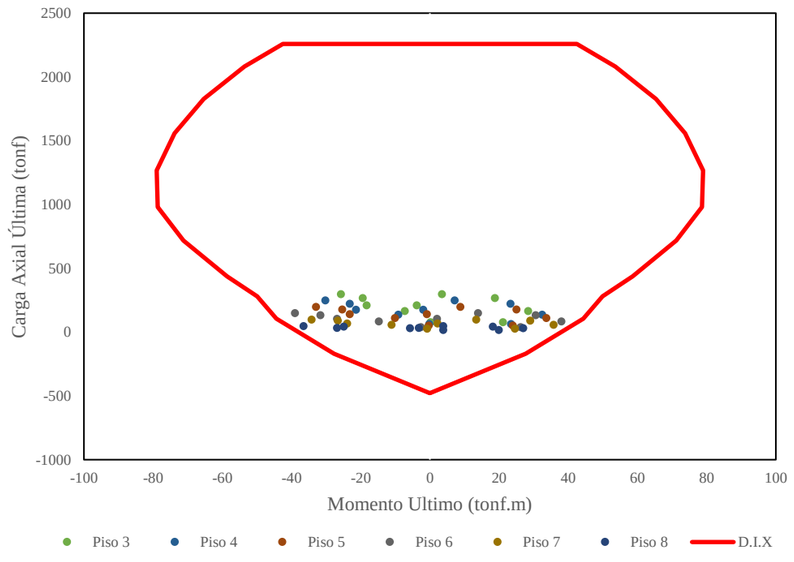
Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



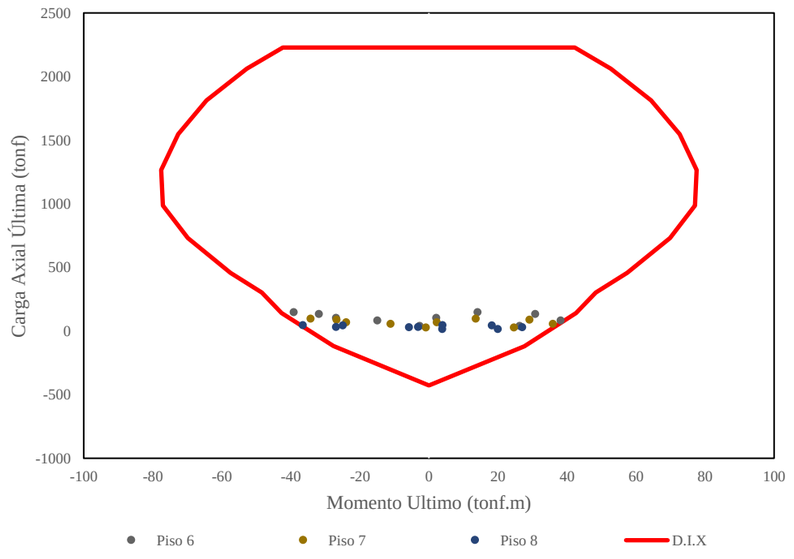
Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)



Nota. (d)

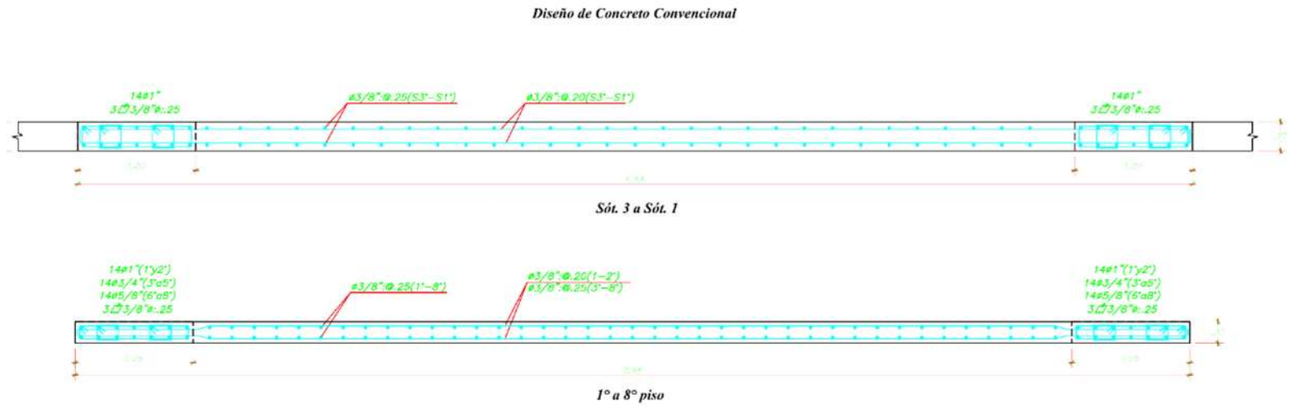
Tabla 117

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA

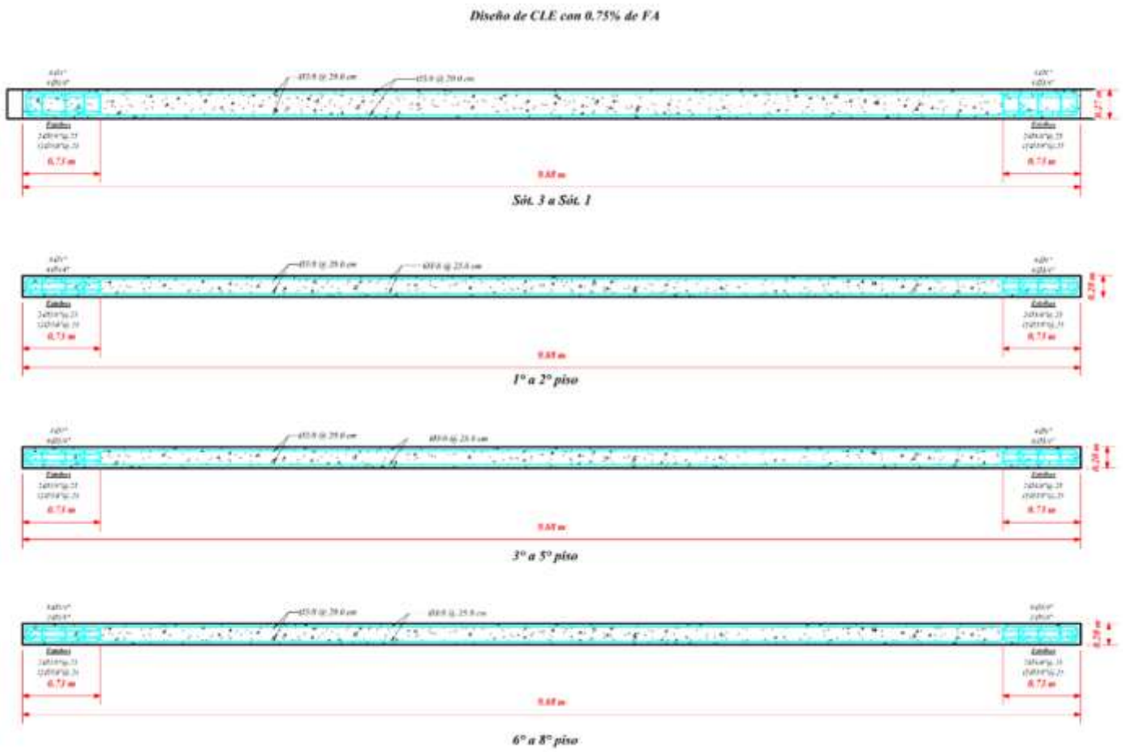
Tipo	Acero Colocado				Adicionales
PL1 Sótanos	**Nucleo**		**Acero en Alma**		
	ø	**cm²**	**ø**	**cm²**	
Acero Vertical	6-1" + 4-3/4"	41.80	3/8"@0.20 en dos capas	58.47	Usar Estribo
	Cuantia Min:	20.25	Cuantia Min:	56.53	
Acero Horizontal	3/8"@0.25m	-	3/8"@0.20 en dos capas	7.13	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.80	
	PL1 de (1-2)				
Acero Vertical	6-1" + 4-3/4"	↑	3/8"@0.20 en dos capas	↑	Usar Estribo
	Cuantia Min:	15.00	Cuantia Min:	41.88	
Acero Horizontal	3/8"@0.25m	↑	3/8"@0.25 en dos capas	5.70	
	Cuantia Min:	↑	Diseño por Corte:	5.00	
	PL1 de (3-5)				
Acero Vertical	4-1" + 6-3/4"	37.37	↑	↑	-
	Cuantia Min:	15	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	
	PL1 de (6-8)				
Acero Vertical	8-3/4" + 2-5/8"	26.76	↑	↑	-
	Cuantia Min:	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	

Figura 161

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 0.75% de FA



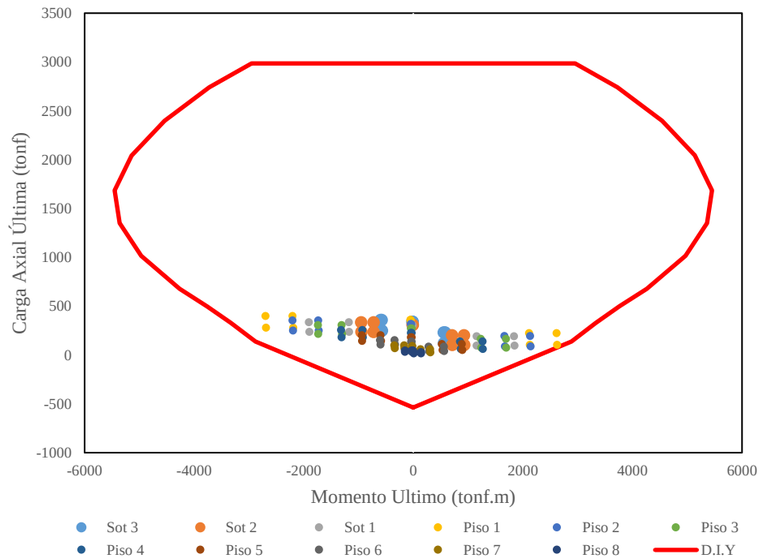
Nota. (a)



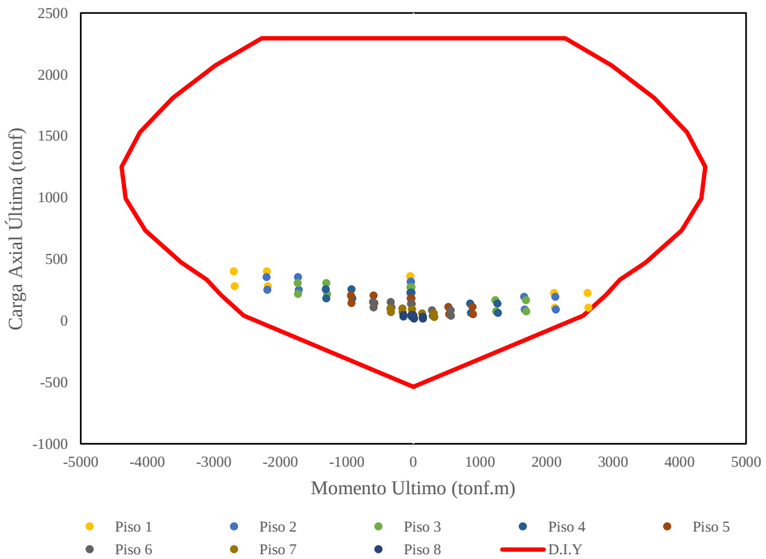
Nota. (b)

Figura 162

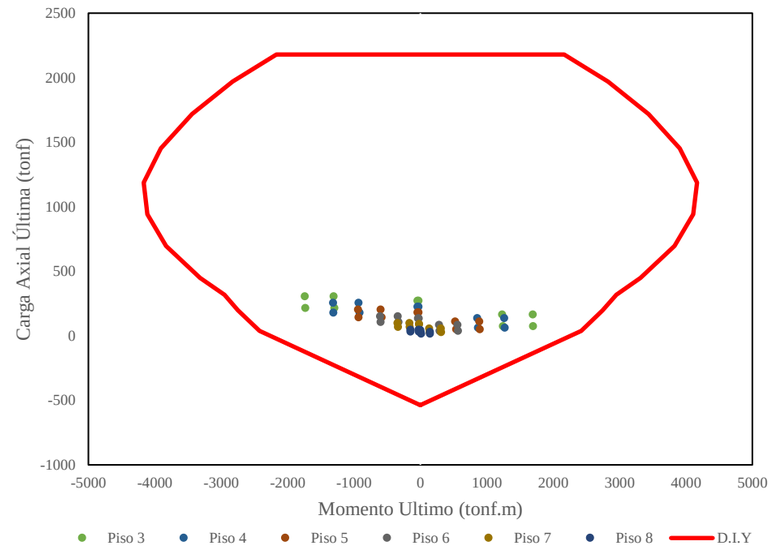
Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



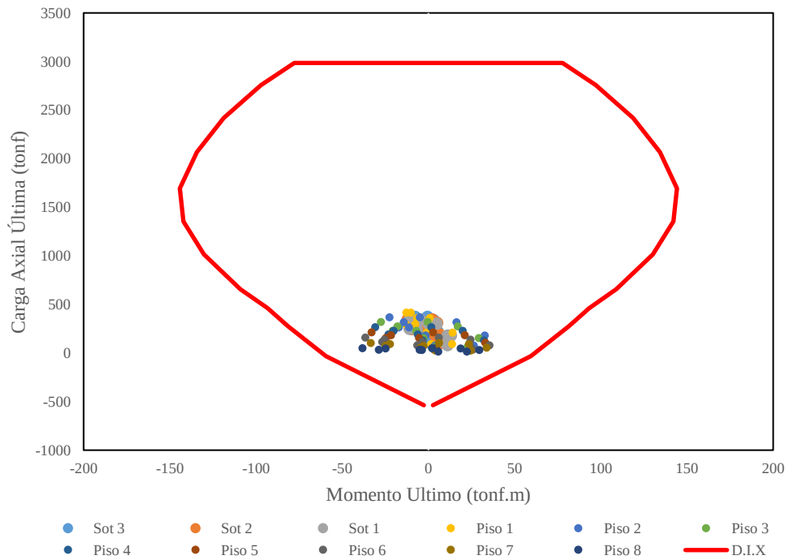
Nota. (a)



Nota. (b)



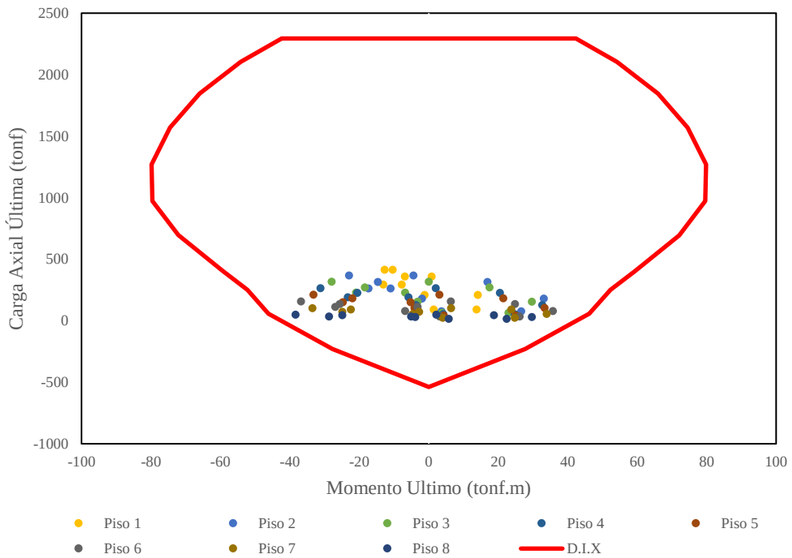
Nota. (c)



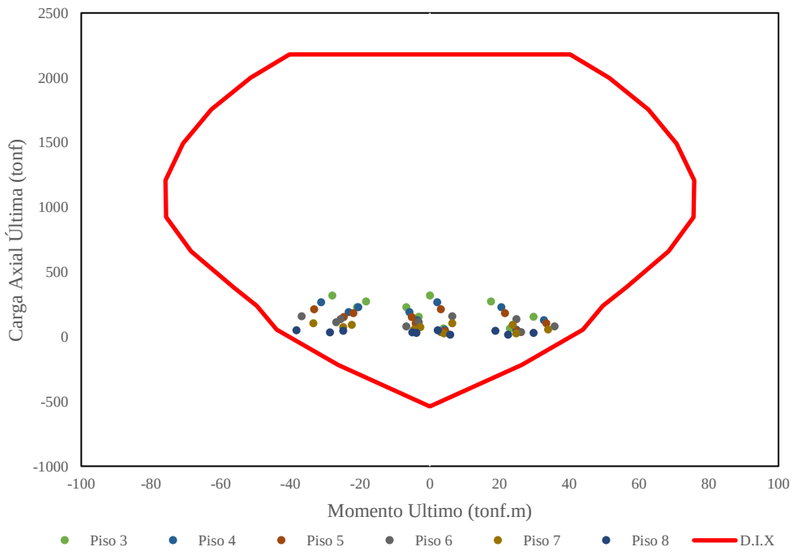
Nota. (d)

Figura 163

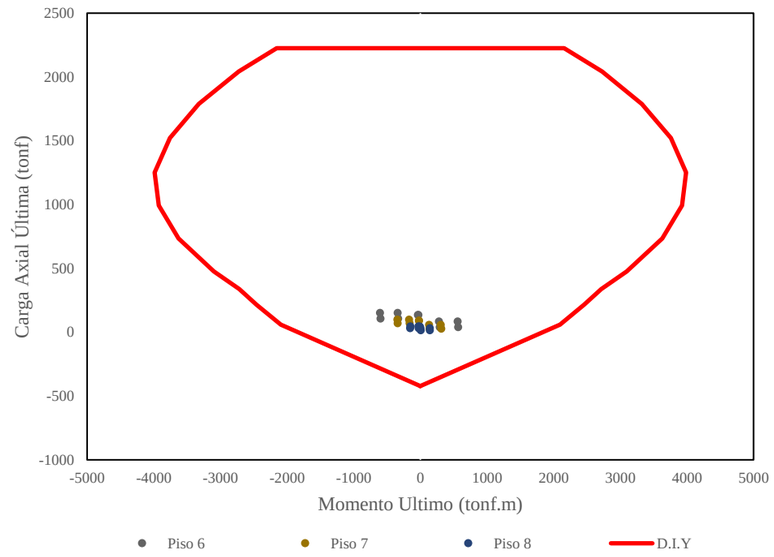
Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



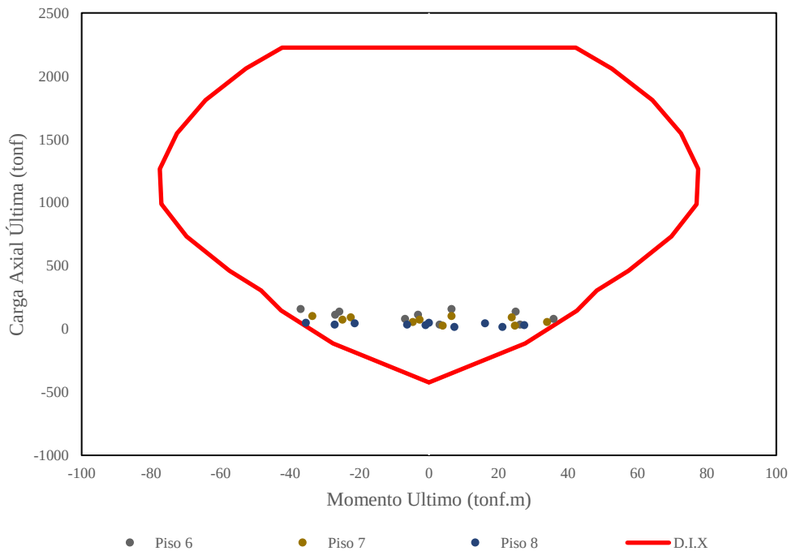
Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)



Nota. (d)

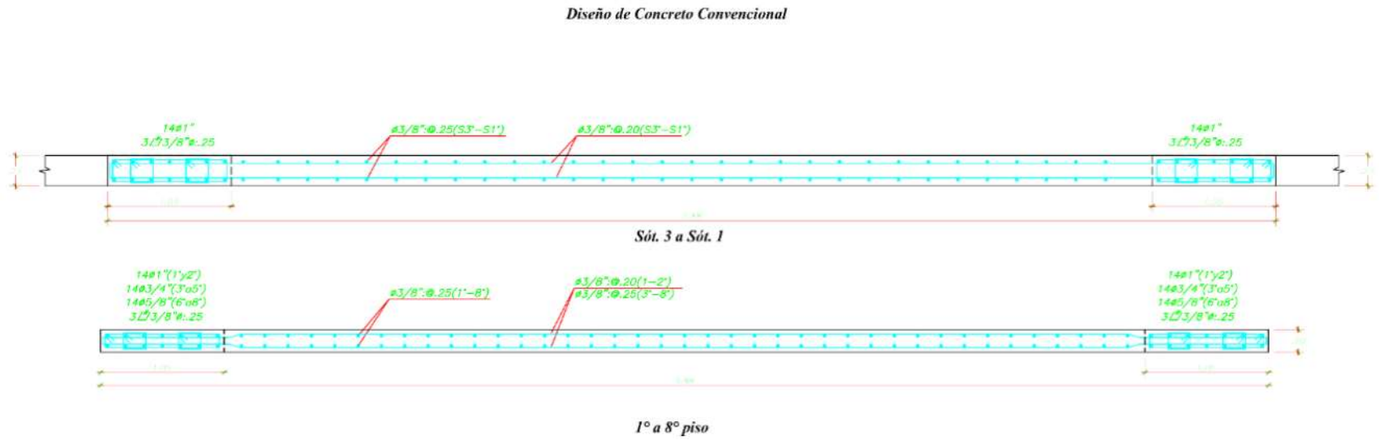
Tabla 118

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA

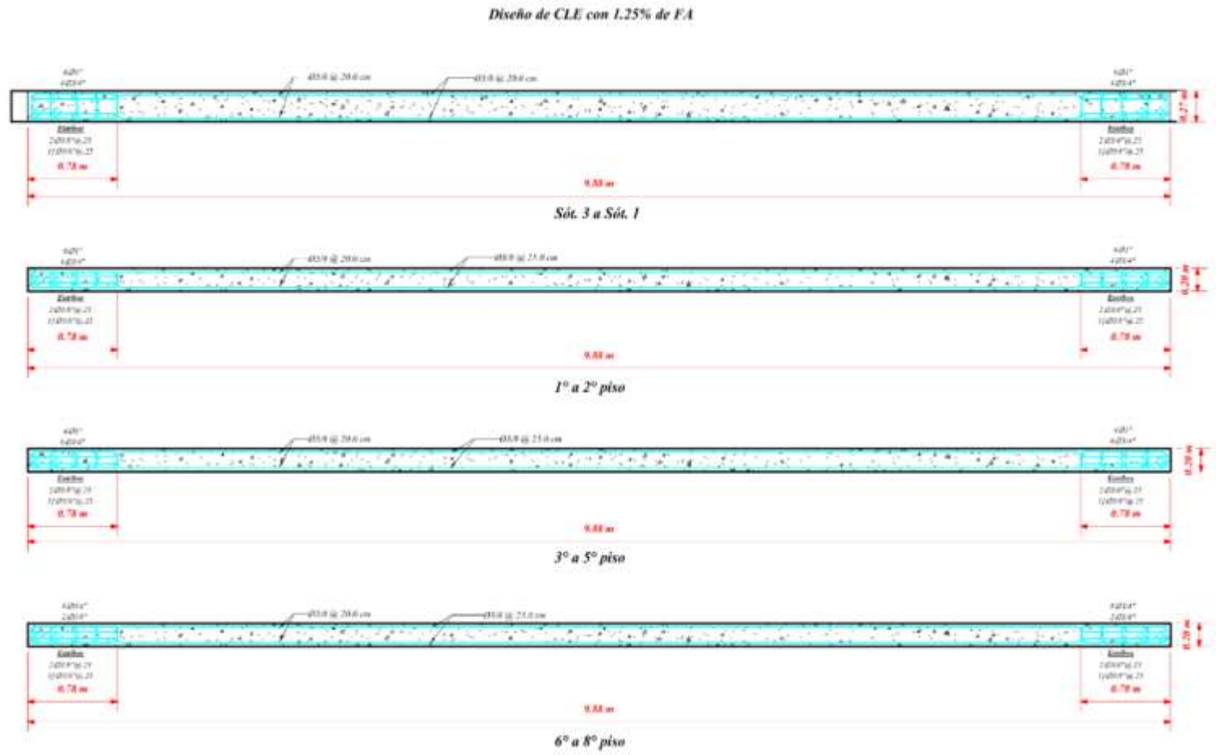
Tipo	**Acero Colocado**				**Adicionales**
PL1 Sótanos	**Nucleo**		**Acero en Alma**		
	ø	**cm^2**	**ø**	**cm^2**	
Acero Vertical	6-1" + 4-3/4"	41.8	3/8"@0.20 en dos capas	58.5	Aumento de 5cm de Nucleo / Uso de Estribo
	Cuantia Min:	21.6	Cuantia Min:	55.7	
Acero Horizontal	3/8"@0.25m	-	3/8" @0.20 en dos capas	7.13	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.75	
	PL1 de (1-2)				
Acero Vertical	6-1" + 4-3/4"	↑	3/8"@0.20 en dos capas	↑	Aumento de 5cm de Nucleo / Uso de estribo
	Cuantia Min:	16.0	Cuantia Min:	41.	
Acero Horizontal	3/8"@0.25m	-	3/8"@0.25 en dos capas	5.70	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	5.00	
	PL1 de (3-5)				
Acero Vertical	4-1" + 6-3/4"	37.37	↑	↑	-
	Cuantia Min:	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	
	PL1 de (6-8)				
Acero Vertical	8-3/4" + 2-5/8"	26.76	↑	↑	-
	Cuantia Min:	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	-
	↑	↑	↑	↑	

Figura 164:

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL1 con (a) diseño original y (b) losas y vigas de CLE con 1.25% de FA



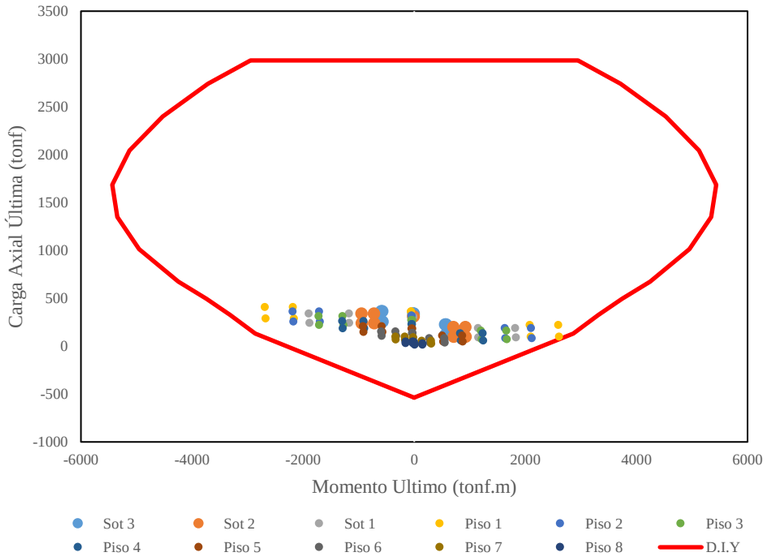
Nota. (a)



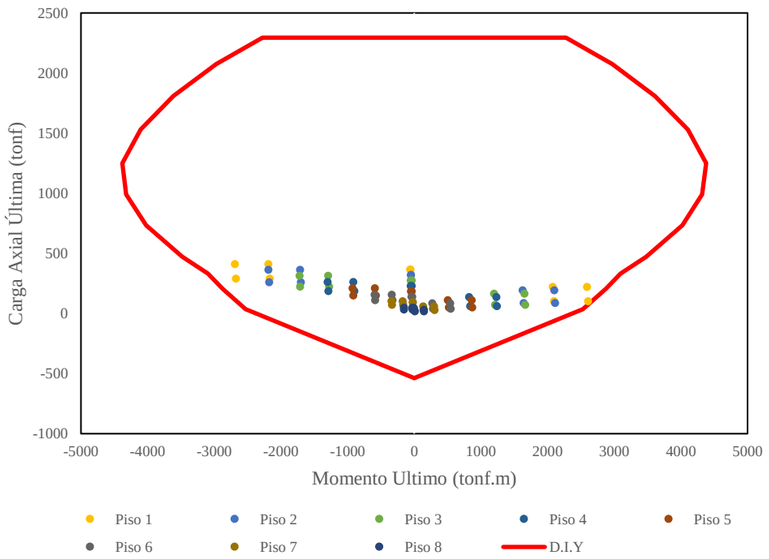
Nota. (b)

Figura 165

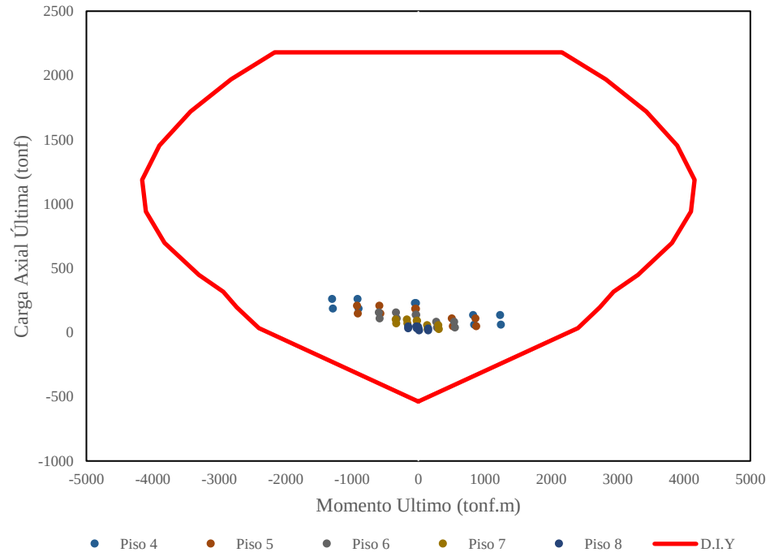
Diagrama de Interacción en eje X de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



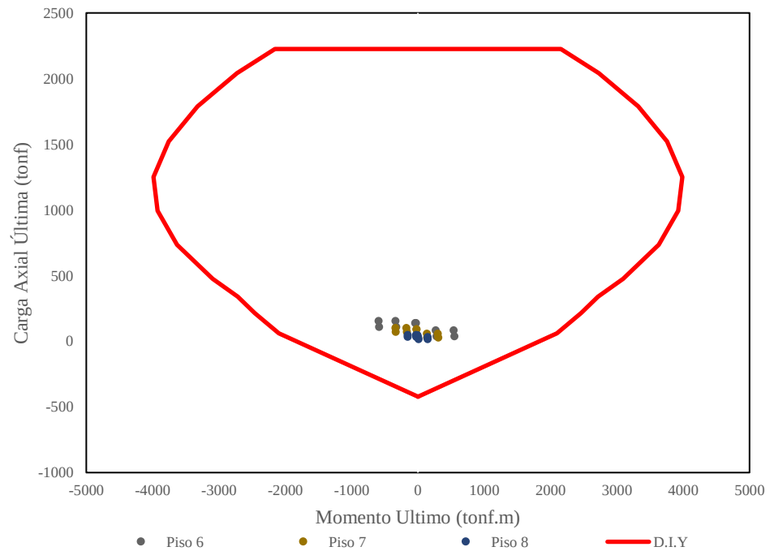
Nota. (a)



Nota. (b)



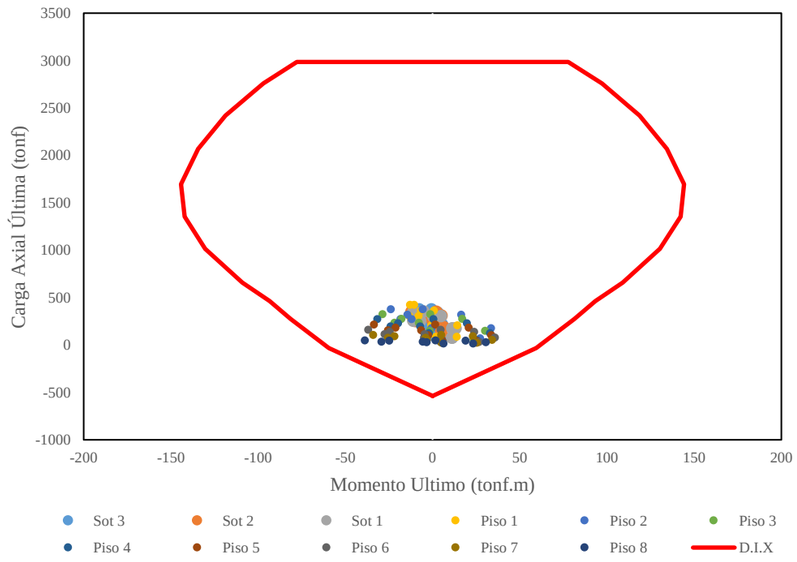
Nota. (c)



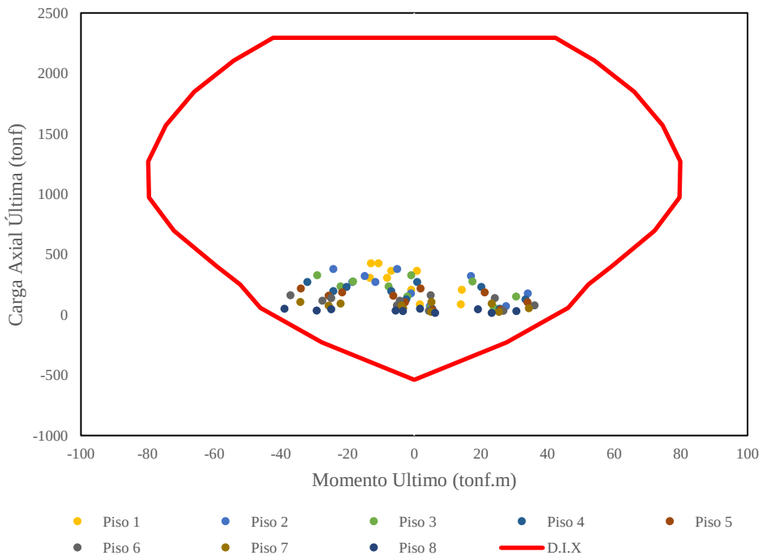
Nota. (d)

Figura 166

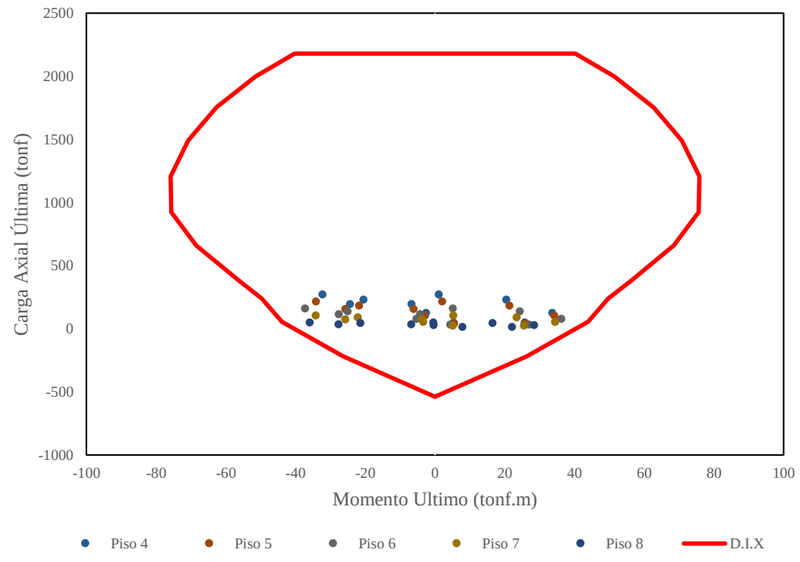
Diagrama de Interacción en eje Y de PL1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos, (b) Piso 2-1, (c) Piso 3-5, y (d) Piso 6-8.



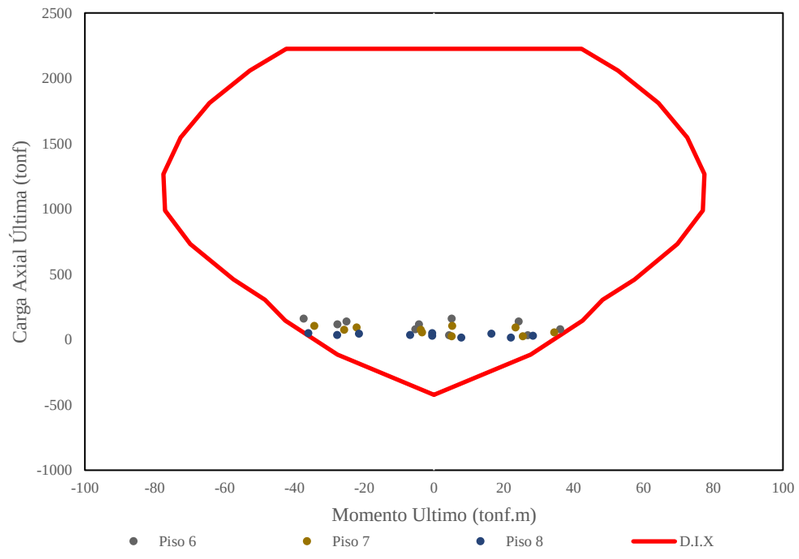
Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)



Nota. (d)

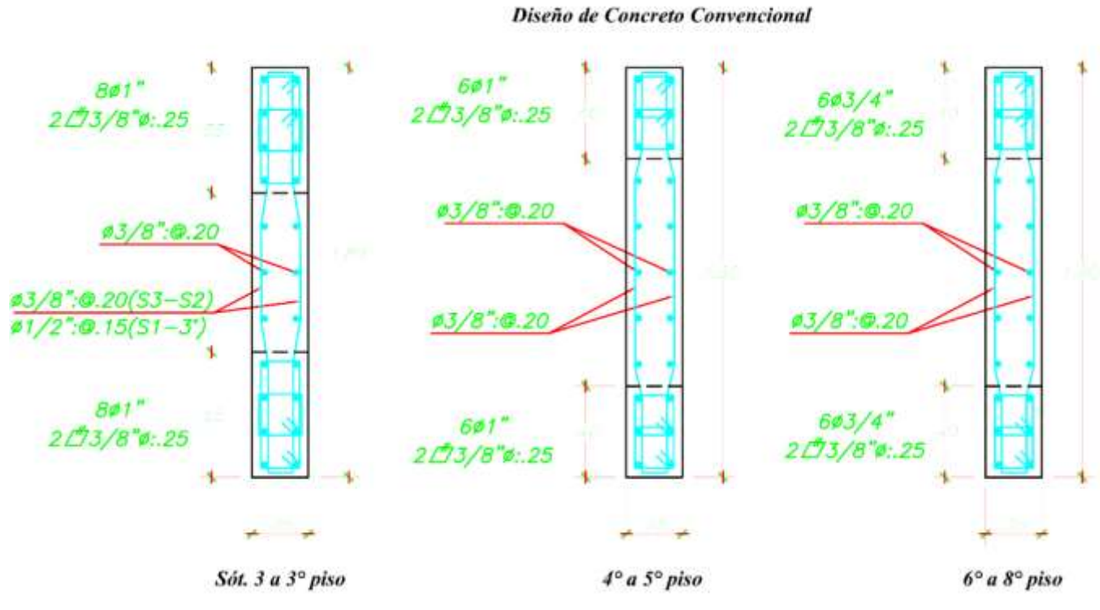
Tabla 119

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA

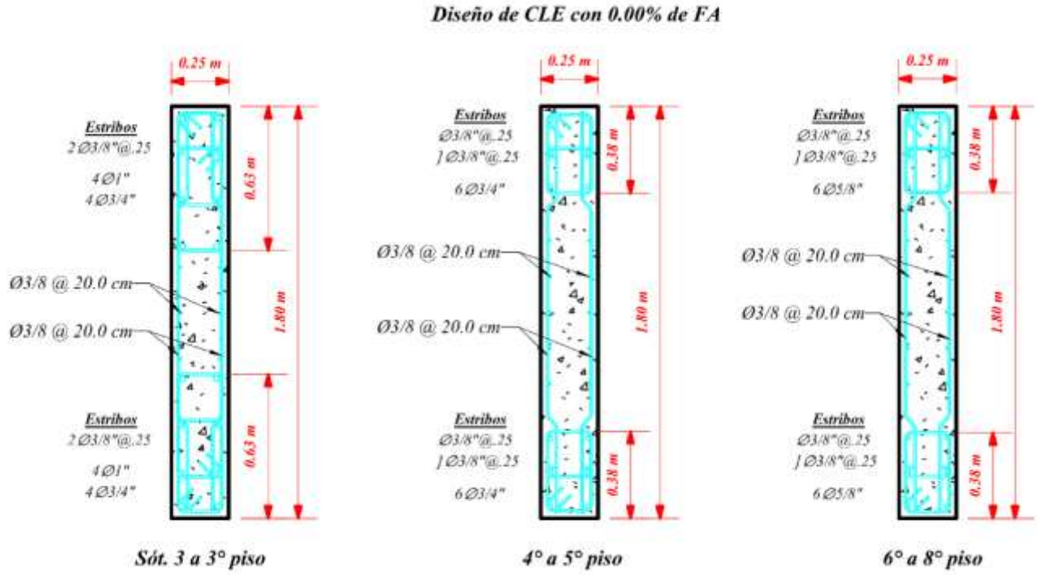
Tipo	Acero Colocado				Adicionales
PL4 Sótanos	Nucleo		Acero en Alma		
	ø	cm^2	ø	cm^2	
Acero Vertical	4-1" + 4-3/4"	31.67	3/8" @0.20	4.28	Nucleo de 65cm
	Cuantia Min:	15.00	Cuantia Min:	3.75	
Acero Horizontal	3/8" @0.25m	-	3/8"@0.20 en dos capas	7.13	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.25	
	PL4 de (1-3)				
Acero Vertical	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
	PL4 de (4-5)				
Acero Vertical	6-3/4"	17.10	3/8" @0.20	7.13	Nucleo de 40cm
	Cuantia Min:	10	Cuantia Min:	6.25	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
	PL4 de (6-8)				
Acero Vertical	6-5/8"	11.87	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	

Figura 167

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA.



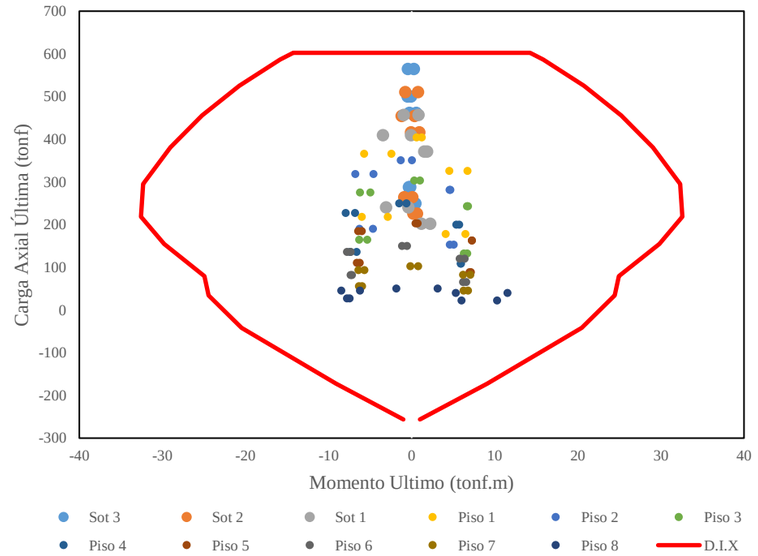
Nota. (a)



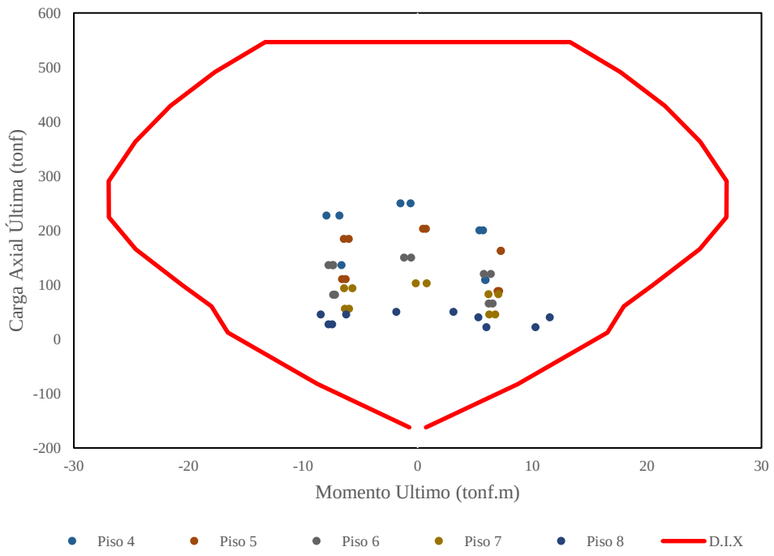
Nota. (b)

Figura 168

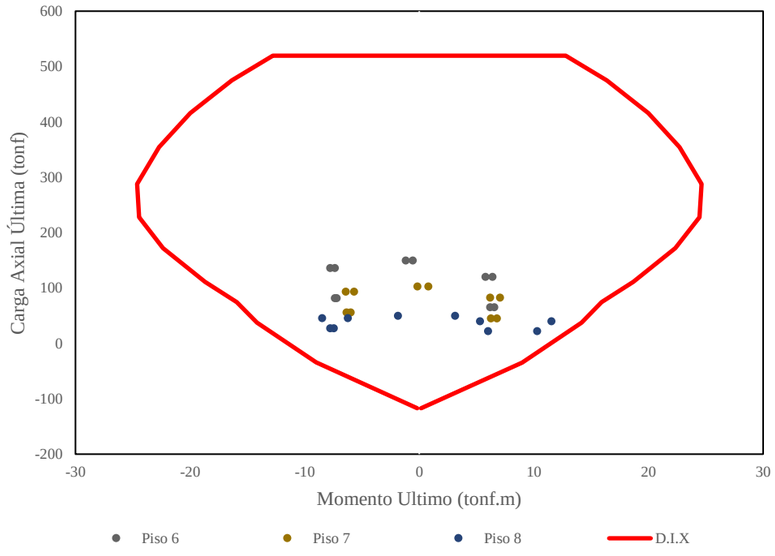
Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



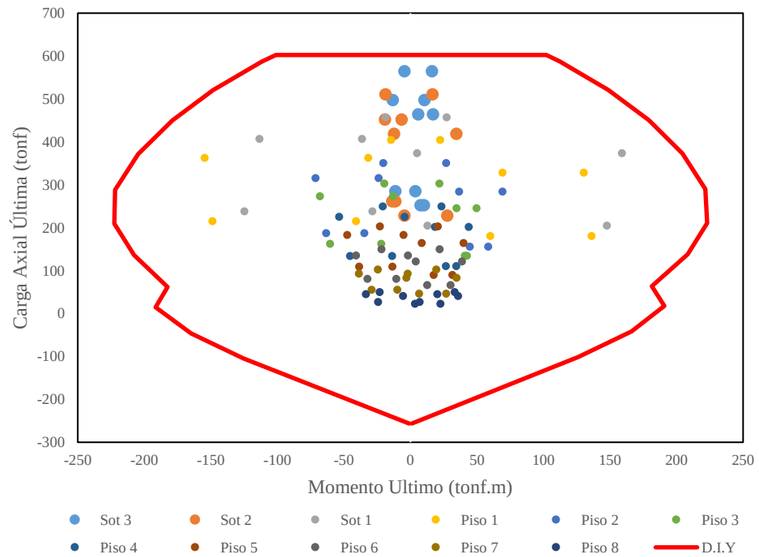
Nota. (b)



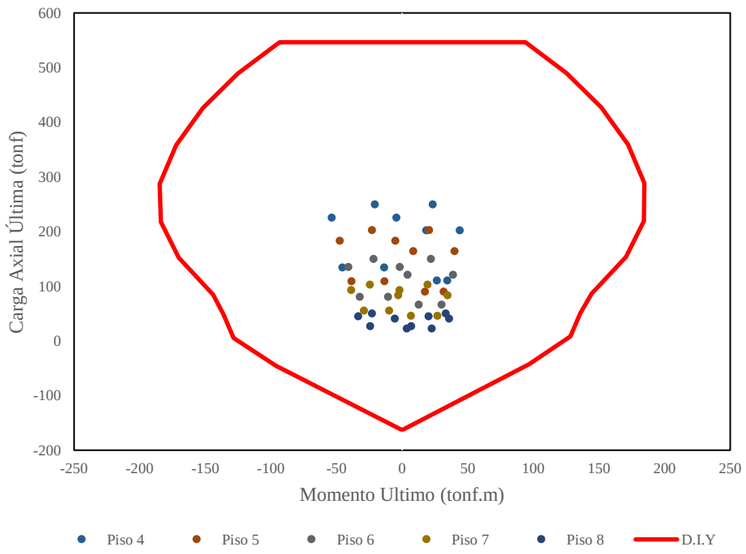
Nota. (c)

Figura 169

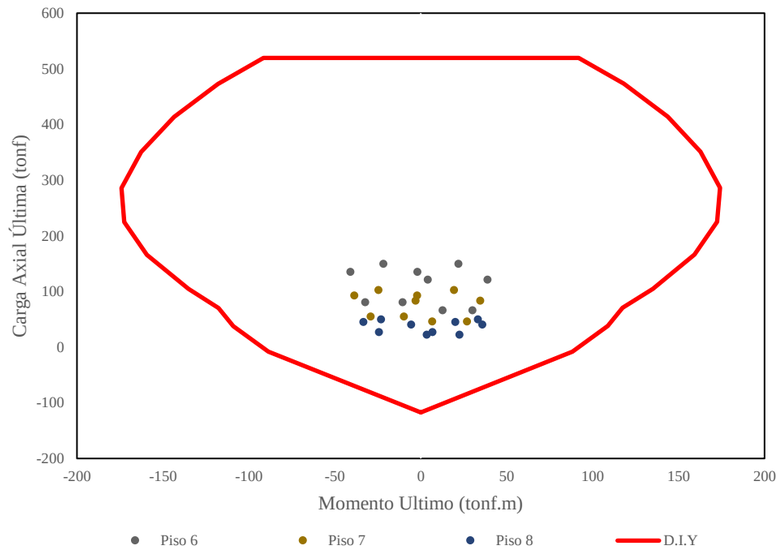
Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)

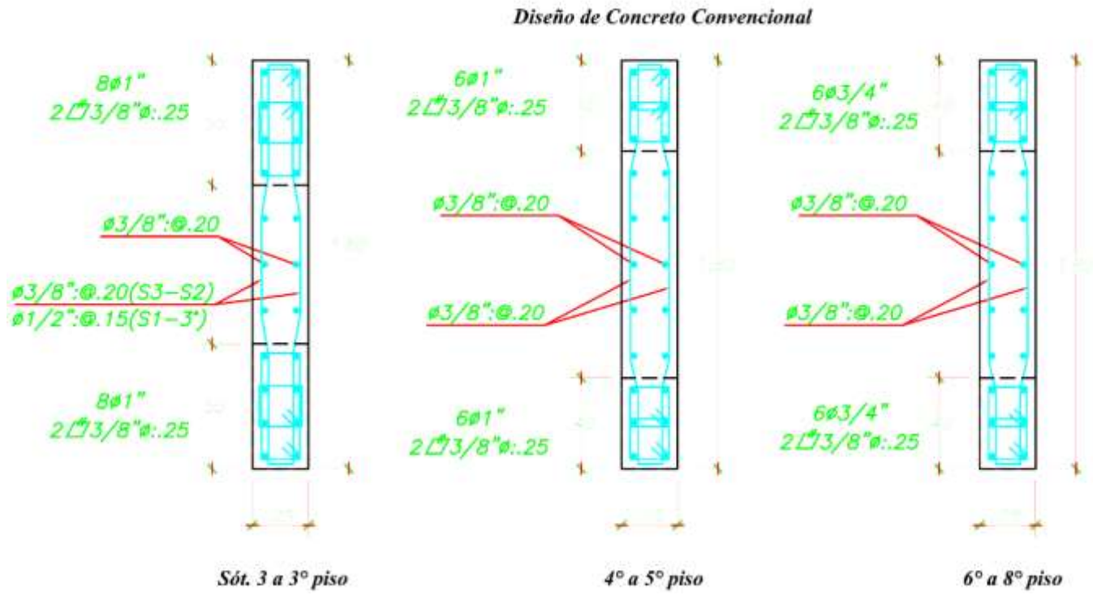
Tabla 120

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA

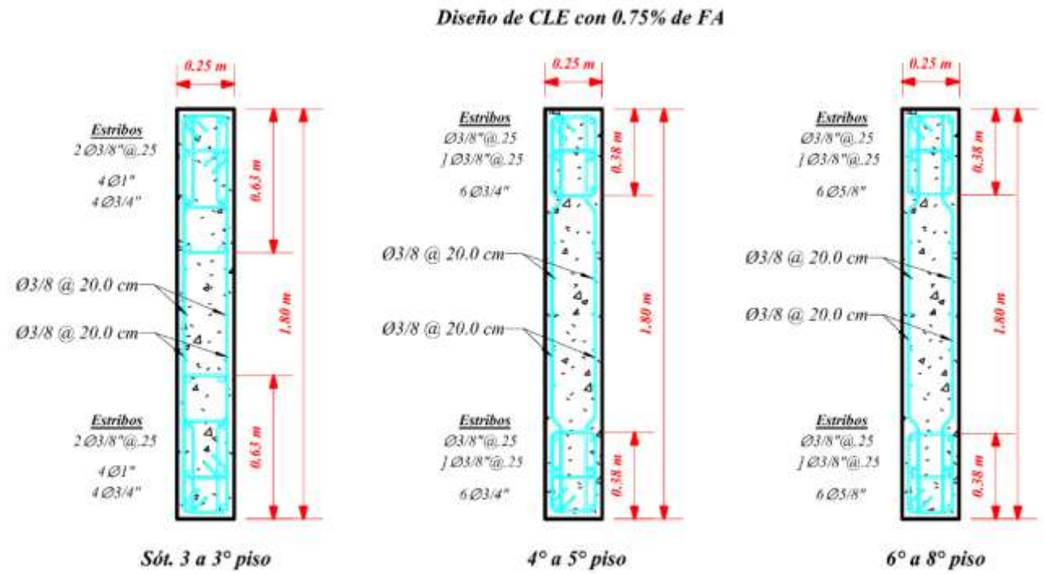
Tipo	Acero Colocado				Adicionales
PL4 Sótanos	Nucleo		Acero en Alma		
	ø	cm^2	ø	cm^2	
Acero Vertical	4-1" + 4-3/4"	31.67	3/8" @0.20	4.28	Nucleo de 65cm
	Cuantia Min:	15.00	Cuantia Min:	3.75	
Acero Horizontal	3/8" @0.25m	-	3/8" @0.20 en dos capas	7.13	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.25	
PL4 de (1-3)					
Acero Vertical	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
PL4 de (4-5)					
Acero Vertical	6-3/4"	17.10	3/8" @0.20	7.13	Nucleo de 40cm
	Cuantia Min:	10	Cuantia Min:	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
PL4 de (6-8)					
Acero Vertical	6-5/8"	11.87	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	

Figura 170

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA.



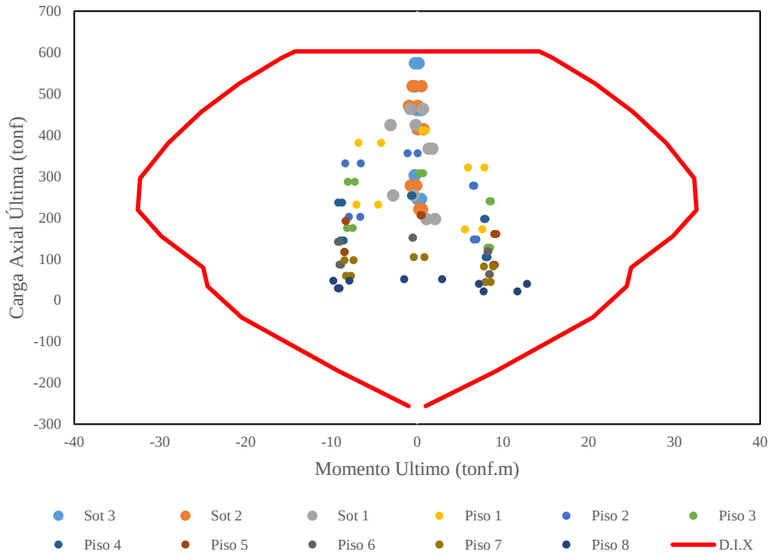
Nota. (a)



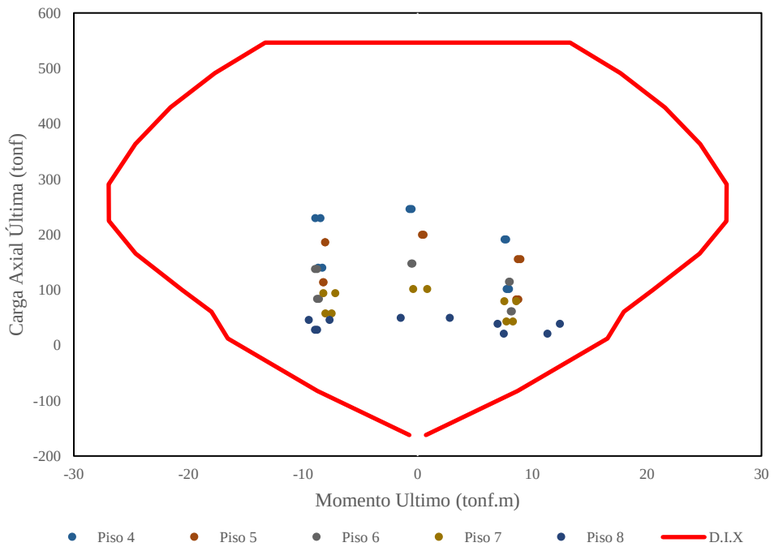
Nota. (b)

Figura 171

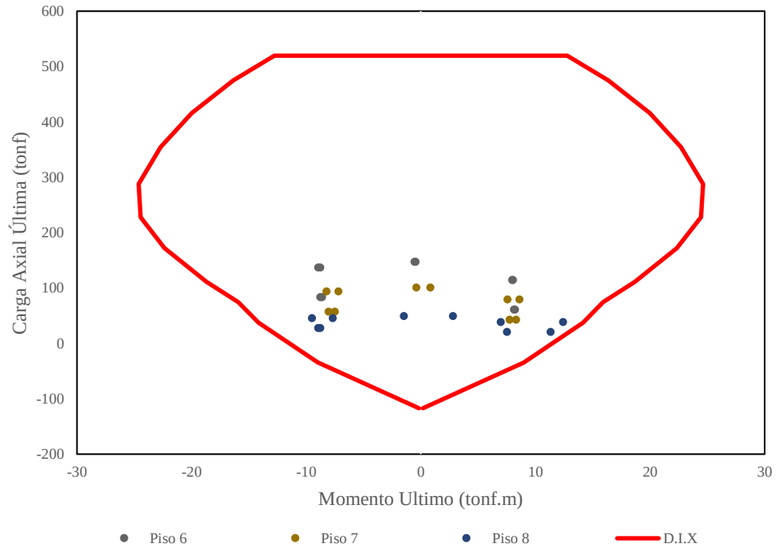
Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



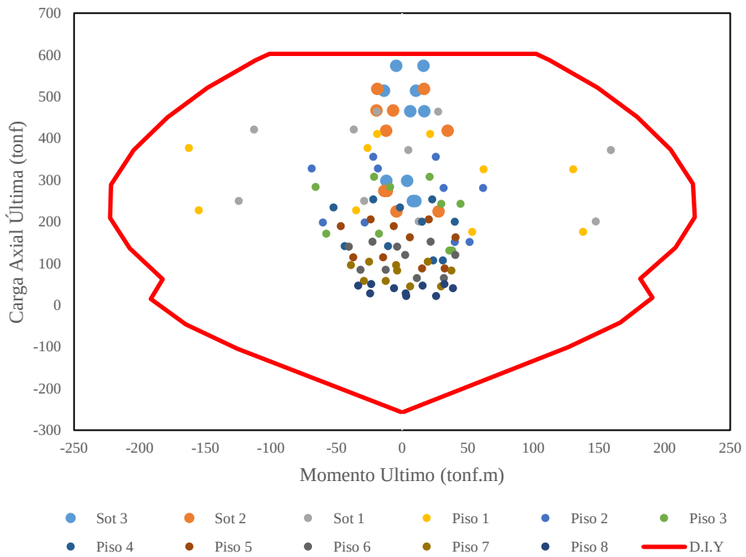
Nota. (b)



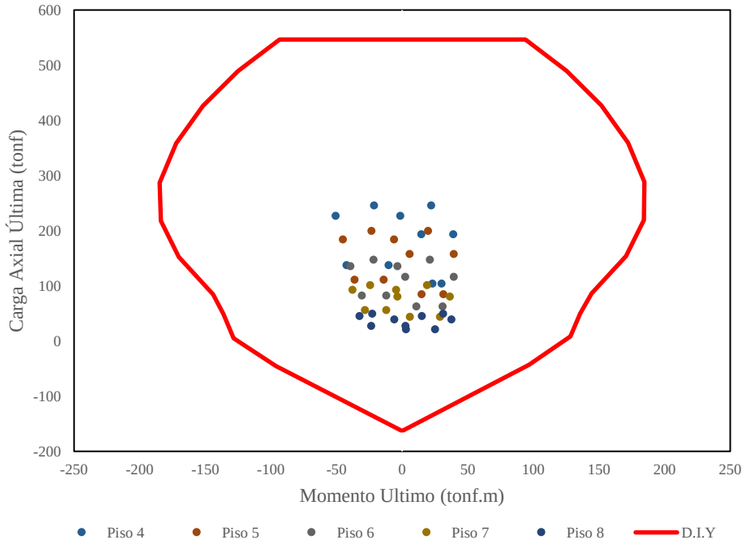
Nota. (c)

Figura 172

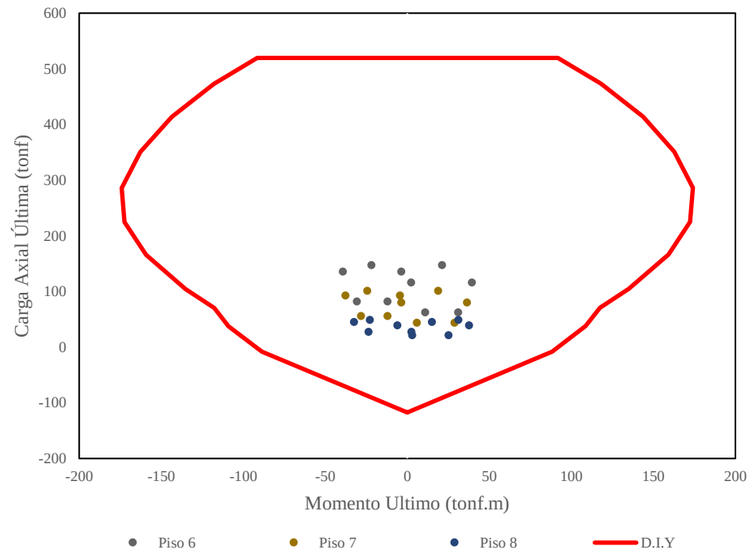
Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)

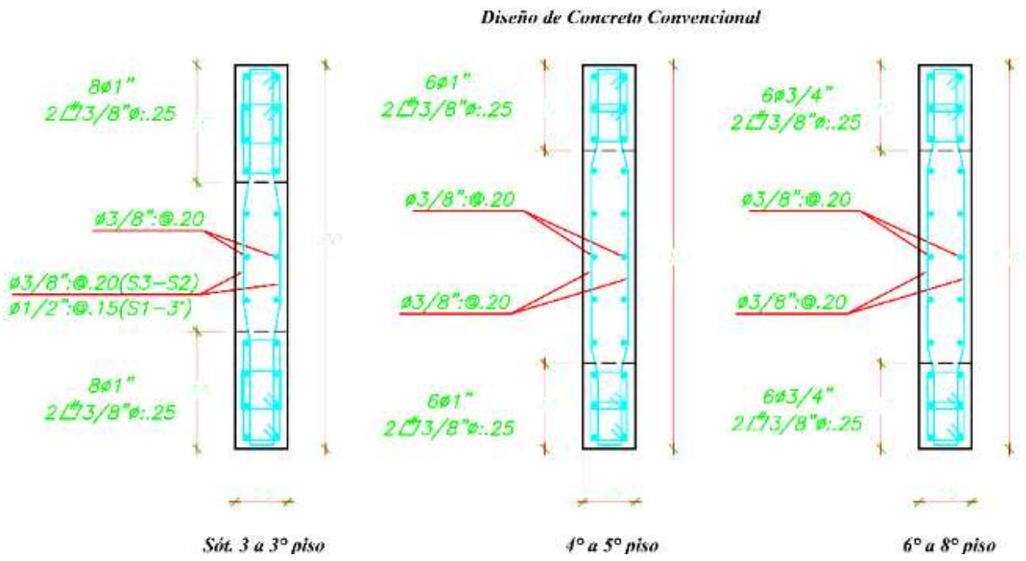
Tabla 121

Distribución de refuerzos verticales y horizontales de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA

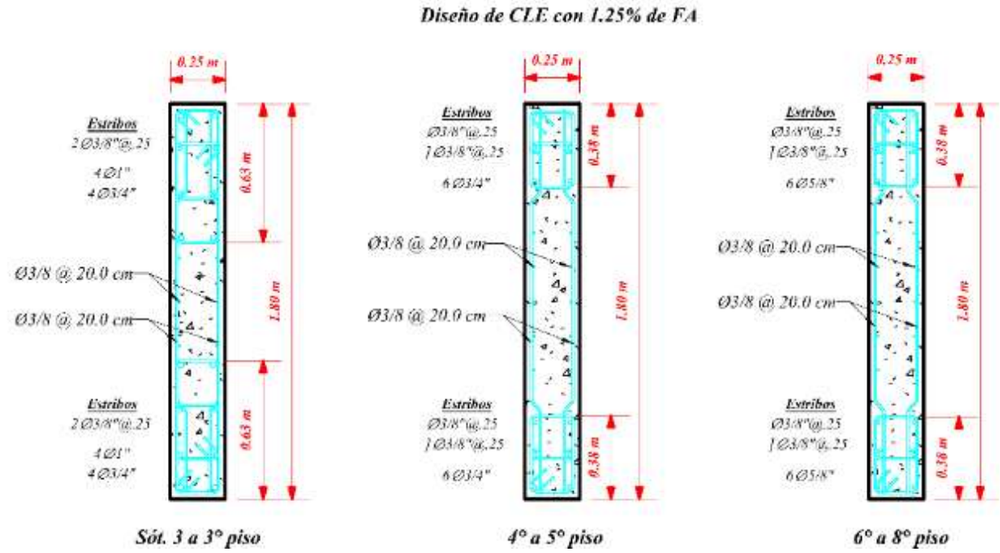
Tipo	Acero Colocado				Adicionales
PL4 Sótanos	Nucleo		Acero en Alma		
	ø	cm^2	ø	cm^2	
Acero Vertical	4-1" + 4-3/4"	31.67	3/8" @0.20	4.28	Nucleo de 65cm
	Cuantia Min:	15.00	Cuantia Min:	3.75	
Acero Horizontal	3/8" @0.25m	-	3/8" @0.20 en dos capas	7.13	
	Cuantia Min:	-	Diseño por Corte:	6.25	
	PL4 de (1-3)				
Acero Vertical	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
	PL4 de (4-5)				
Acero Vertical	6-3/4"	17.10	3/8" @0.20	7.13	Nucleo de 40cm
	Cuantia Min:	10	Cuantia Min:	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
	PL4 de (6-8)				
Acero Vertical	6-5/8"	11.87	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	
Acero Horizontal	↑	↑	↑	↑	
	↑	↑	↑	↑	

Figura 173

Detalle refuerzos verticales y horizontales de PL4 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA.



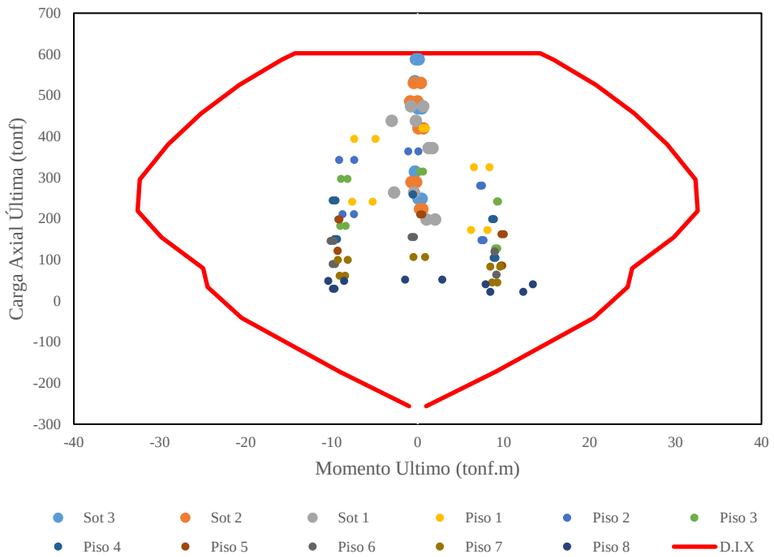
Nota. (a)



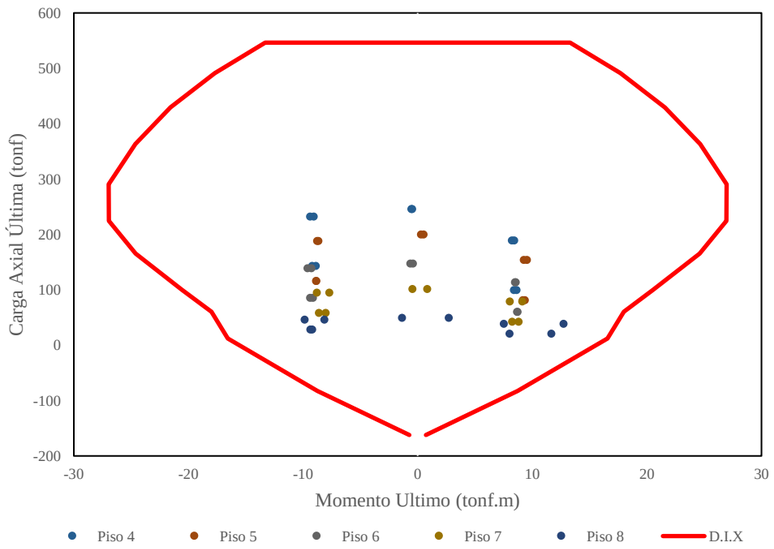
Nota. (b)

Figura 174

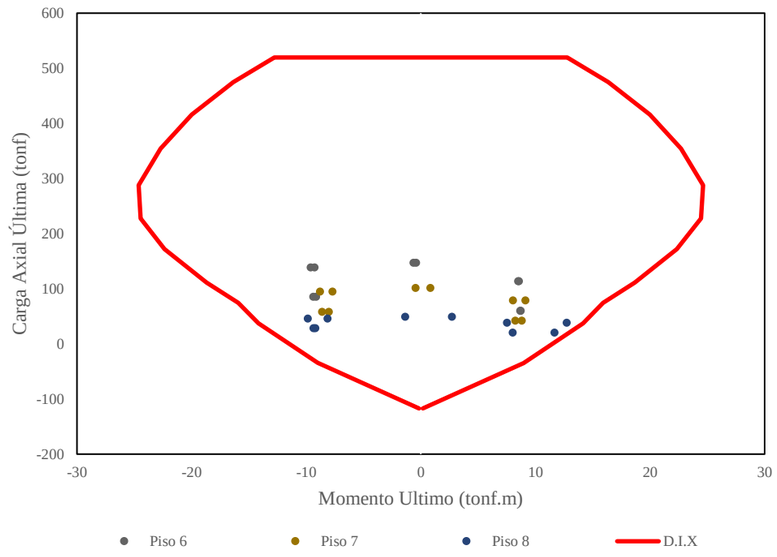
Diagrama de Interacción en eje X de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



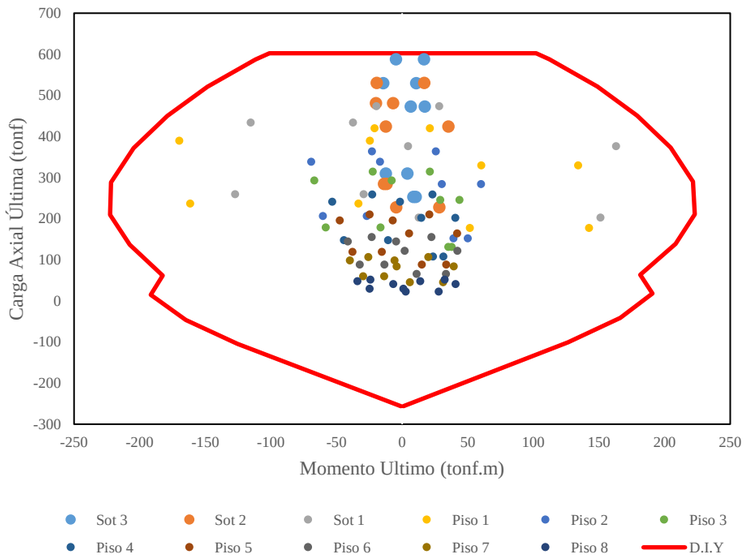
Nota. (b)



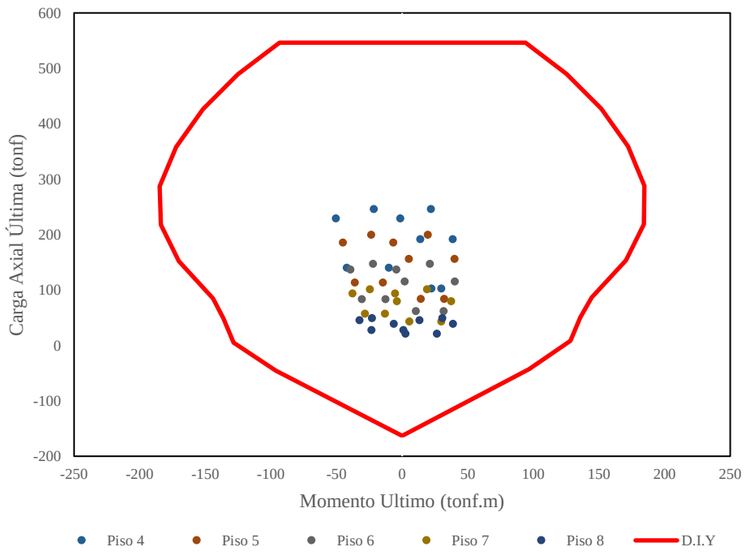
Nota. (c)

Figura 175

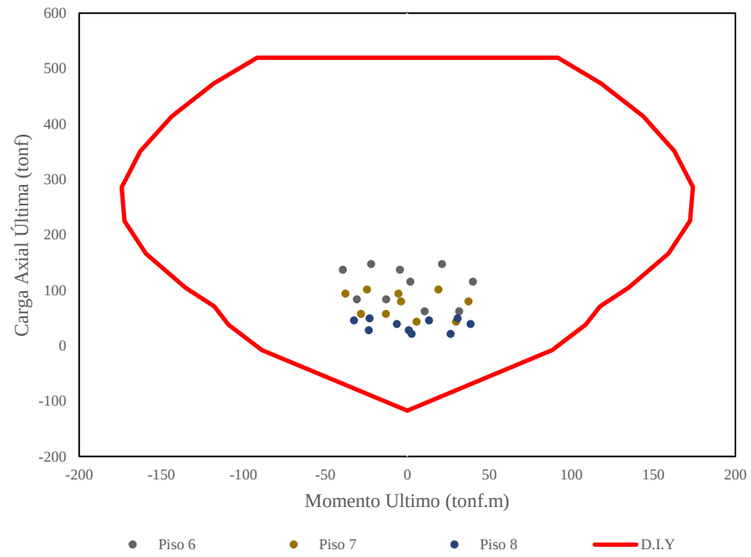
Diagrama de Interacción en eje Y de PL4 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-8.



Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)

La distribución de refuerzos verticales y horizontales se aplicaron para todas las placas y contramuros.

6.5.2.2 Resultados

La **tabla 122 y tabla 123** muestran los valores finales de los metrados de acero y concreto respectivamente para los diseños planteados

Tabla 122

Tabla resumen de metrado de acero para placas y contramuros

Metrado / Placa	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
PL1	7,695.69	6,935.75	6,601.02	6,631.11
PL2	4,670.43	4,286.35	4,120.83	4,129.30
PL3	10,652.61	10,442.94	10,442.94	10,485.22
PL4	10,264.54	8,634.18	8,633.25	8,634.26
PL5	30,663.02	29,858.13	28,191.11	28,191.30
PL6	6,712.77	7,246.71	7,079.84	7,079.84
PL7	107.87	107.87	107.87	107.87
Contramuros	10,617.15	9,773.82	10,775.94	10,775.94
Σ	81,384.07	77,285.75	75,952.80	76,034.83

Tabla 123

Tabla resumen de metrado de concreto para placas y contramuros

Nivel	Metrado (m3)
PL1	67.8
PL2	44.7
PL3	46.11
PL4	44.74
PL5	217.59
PL6	55.75
PL7	0.77
Contramuros	166.68
Σ	644.14

6.5.3 Columnas

El proceso de diseño de columnas es similar casi en su totalidad con el diseño de placas, con la diferencia que se hizo una verificación de esbeltez, arriostramiento lateral y condición biaxial de estos.

6.5.3.1 Determinación de Arriostramiento Lateral

El arriostramiento lateral se calcula una única vez para todos los diseños de columnas. **La tabla 124, tabla 125 y tabla 126** muestran el cálculo del índice "Q" en cada nivel para el uso de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA, donde se determina que el nivel 3 y 5 en el eje Y, solo para el diseño estructural con vigas y losas de CLE con 0.00% de FA, son no arriostrado y requiere cálculos adicionales de esbeltez para amplificar estas cargas.

Tabla 124

Cálculo de Índice de arriostramiento "Q" para niveles con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA

Piso	Altura (m)	∑Pu (tonf)	Vu (tonf)		D_i (mm)		Índice "Q"	
			Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
Sot3	2.6	7730.56	686.20	464.45	0.10	0.11	*0.001*	*0.002*
Sot2	2.6	6810.96	675.20	457.62	0.25	0.27	*0.002*	*0.003*
Sot1	3.25	5891.36	651.59	442.08	0.56	0.61	*0.003*	*0.005*
1	2.45	4906.68	619.73	415.57	2.01	2.97	*0.016*	*0.038*
2	2.45	4311.04	575.38	384.43	4.07	6.18	*0.021*	*0.050*
3	2.45	3739.13	521.19	348.27	6.67	10.41	*0.026*	***0.063***
4	2.45	3143.28	457.42	304.97	9.03	14.36	*0.022*	*0.056*
5	2.45	2571.38	419.81	274.58	11.96	19.27	*0.025*	***0.063***
6	2.45	1975.53	369.96	247.25	14.12	23.06	*0.016*	*0.042*
7	2.45	1403.63	300.95	211.84	17.21	28.21	*0.020*	*0.047*
8	2.45	807.78	197.75	149.49	19.71	32.50	*0.014*	*0.032*
Az	2.45	212.92	61.12	56.12	17.17	26.38	*-0.012*	*-0.032*
Te	1.5	18.80	4.24	3.69	16.64	30.25	*-0.005*	*0.044*

Tabla 125

Cálculo de Índice de arriostramiento "Q" para niveles con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA

Piso	Altura (m)	∑Pu (tonf)	Vu (tonf)		D_i (mm)		Índice "Q"	
			Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
Sot3	2.6	7751.61	690.84	472.82	0.12	0.11	*0.002*	*0.002*
Sot2	2.6	6830.07	680.01	465.98	0.29	0.27	*0.002*	*0.003*
Sot1	3.25	5908.53	656.82	450.40	0.66	0.62	*0.003*	*0.005*
1	2.45	4921.76	625.57	424.24	2.32	2.93	*0.018*	*0.037*
2	2.45	4324.33	581.63	392.84	4.62	5.99	*0.024*	*0.046*
3	2.45	3750.64	527.68	356.87	7.46	9.96	*0.028*	*0.057*
4	2.45	3153.01	463.50	313.04	10.02	13.62	*0.024*	*0.051*
5	2.45	2579.32	425.77	283.13	13.15	18.12	*0.026*	*0.056*
6	2.45	1981.68	374.77	253.79	15.47	21.55	*0.017*	*0.037*
7	2.45	1407.99	304.63	216.55	18.71	26.19	*0.021*	*0.042*
8	2.45	810.36	199.53	151.64	21.35	30.01	*0.015*	*0.028*
Az	2.45	213.73	61.04	56.66	19.26	24.60	*-0.010*	*-0.028*
Te	1.5	18.84	4.21	3.71	18.82	28.08	*-0.004*	*0.040*

Tabla 126

Cálculo de Índice de arriostramiento "Q" para niveles con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA

Piso	Altura (m)	∑Pu (tonf)	Vu (tonf)		D_i (mm)		Índice "Q"	
			Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
Sot3	2.6	7714.73	689.21	477.25	0.12	0.11	*0.002*	*0.002*
Sot2	2.6	6797.65	678.53	470.43	0.29	0.27	*0.002*	*0.003*
Sot1	3.25	5880.56	655.73	454.87	0.65	0.62	*0.003*	*0.005*
1	2.45	4896.30	624.99	428.94	2.31	2.92	*0.018*	*0.036*
2	2.45	4302.00	581.63	397.46	4.58	5.94	*0.023*	*0.045*
3	2.45	3731.45	528.16	361.57	7.36	9.82	*0.027*	*0.055*
4	2.45	3136.95	464.12	317.53	9.86	13.39	*0.023*	*0.049*
5	2.45	2566.40	426.36	287.59	12.91	17.76	*0.025*	*0.054*
6	2.45	1971.90	374.91	257.22	15.17	21.08	*0.016*	*0.035*
7	2.45	1401.35	304.51	218.94	18.31	25.57	*0.020*	*0.040*
8	2.45	806.85	199.06	152.82	20.86	29.24	*0.014*	*0.027*
Az	2.45	213.41	60.76	56.96	19.02	24.07	*-0.009*	*-0.027*
Te	1.5	18.94	4.24	3.78	18.61	27.39	*-0.004*	*0.037*

6.5.3.1 Diseño por flexocompresión

Así como el diseño de placas y contramuros, se tomará como ejemplo la columna C1 para el detalle del proceso de diseño tomado.

Para el cálculo de los factores de esbeltez, se tomó en consideración los momentos generados en la parte superior e inferior de la columna, el cual debe tener una relación que cumpla con los parámetros dictados por Articulo 10.12 de la norma E.060 (MVCS, 2020c). En base a ello, la **tabla 127, tabla 128 y tabla 129** recopila los resultados de factores de amplificación para cada momento y carga axial de las columnas diseñadas para una edificación con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA.

Con estos factores se trabaja y se calcula los momentos y fuerzas axiales amplificados a lo largo de toda la columna. En la **tabla 130** se muestran todos los valores de flexocompresión amplificados. Finalmente, el proceso de diseño se procedió de manera regular como lo explicado con las placas previamente. La **tabla 131** muestra la distribución de refuerzos para el diseño con CLE con 0.00% de FA, mientras que de manera gráfica la **figura 176** muestra el resultado en REVIT, y la **figura 177 y figura 178** muestra los diagramas de interacción para eje X y Y respectivamente y como todas las cargas se encuentran dentro de esta, garantizando que el diseño cumple con lo establecido por norma.

Tabla 127

Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA

Factores de Aplificación por Esbeltez				
Piso	**δ_s**		**δ_{ns}**	
	Eje X	**Eje Y**	**Eje X**	**Eje Y**
Sot3	1.00	1.00	1.84	1.00
Sot2	1.00	1.00	1.00	1.00
Sot1	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.38	1.00
2	1.00	1.00	1.97	1.00
3	1.00	1.00	2.42	1.00
4	1.00	1.00	3.91	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00
Az	1.00	1.00	1.00	1.00
Te	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 128

Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA

Factores de Aplificación por Esbeltez				
Piso	**δ_s**		**δ_{ns}**	
	Eje X	**Eje Y**	**Eje X**	**Eje Y**
Sot3	1.00	1.00	1.60	1.00
Sot2	1.00	1.00	1.00	1.00
Sot1	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.25	1.00
2	1.00	1.00	1.70	1.00
3	1.00	1.00	2.10	1.00
4	1.00	1.00	3.61	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00
Az	1.00	1.00	1.00	1.00
Te	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 129

Factores de amplificación por columna esbelta en C1 para edificación con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA

Factores de Aplificación por Esbeltez				
Piso	**δ_s**		**δ_{ns}**	
	Eje X	**Eje Y**	**Eje X**	**Eje Y**
Sot3	1.00	1.00	1.57	1.00
Sot2	1.00	1.00	1.00	1.00
Sot1	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.26	1.00
2	1.00	1.00	1.65	1.00
3	1.00	1.00	2.05	1.00
4	1.00	1.00	3.47	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00
Az	1.00	1.00	1.00	1.00
Te	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 130

Combinación de cargas axiales y Momentos flectores últimos, amplificados por condición de esbeltez, ejercidos en ambas direcciones para diseño de placa C1.

Cargas Ultimas de Flexocompresión Amplificados por Efecto de Esbeltez - C1																	
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
	Comb. 1	175.25	-6.12	2.83	175.25	1.48	-1.03	176.52	-5.98	2.75	176.52	1.21	-0.84	176.93	-6.07	2.73	176.93	1.11	-0.78
	Comb. 2	38.68	-3.84	5.88	53.66	1.52	-0.53	38.00	-3.67	6.23	53.91	1.33	-0.32	39.08	-3.75	6.35	54.52	1.25	-0.26
Sot 3	Comb. 3	261.78	-6.42	-1.13	246.80	0.96	-1.21	264.81	-6.36	-1.61	248.90	0.70	-1.10	264.57	-6.44	-1.76	249.13	0.61	-1.05
	Comb. 4	-24.35	-1.28	4.70	-9.37	0.92	-0.11	-25.24	-1.18	5.08	-9.32	0.84	0.02	-24.07	-1.23	5.21	-8.63	0.79	0.06
	Comb. 5	198.75	-3.86	-2.31	183.77	0.36	-0.79	201.58	-3.87	-2.75	185.66	0.20	-0.75	201.42	-3.92	-2.89	185.98	0.15	-0.73
	Comb. 1	155.58	-3.39	6.28	155.58	2.15	-3.30	156.47	-3.97	7.06	156.47	1.80	-2.72	156.77	-4.14	7.28	156.77	1.66	-2.50
	Comb. 2	18.64	-1.73	5.86	34.07	2.47	-1.96	16.50	-2.34	6.47	33.05	2.23	-1.38	17.00	-2.25	6.70	33.12	2.11	-1.19
Sot 2	Comb. 3	248.50	-3.95	4.68	233.07	1.15	-3.59	252.33	-4.32	5.39	235.78	0.79	-3.19	252.49	-4.71	5.54	236.37	0.68	-3.01
	Comb. 4	-36.73	-0.31	3.25	-21.30	1.59	-0.61	-38.90	-0.69	3.55	-22.35	1.49	-0.27	-38.30	-0.53	3.70	-22.19	1.43	-0.16
	Comb. 5	193.13	-2.53	2.08	177.70	0.28	-2.24	196.93	-2.68	2.48	180.38	0.05	-2.07	197.19	-3.00	2.55	181.07	0.00	-1.98
	Comb. 1	142.75	-5.09	6.25	142.75	2.22	-3.10	145.84	-6.17	7.32	145.84	1.93	-2.65	147.06	-6.56	7.72	147.06	1.79	-2.44
	Comb. 2	1.27	10.22	8.46	17.57	2.25	-1.79	-1.64	10.00	10.11	16.19	2.02	-1.31	-1.48	9.71	10.70	16.04	1.97	-1.08
Sot 1	Comb. 3	244.16	-18.82	2.06	227.85	1.48	-3.42	252.53	-20.44	2.22	234.70	1.22	-3.14	254.59	-20.80	2.31	237.07	1.04	-3.03
	Comb. 4	-49.04	12.25	5.91	-32.73	1.35	-0.53	-52.79	12.46	7.14	-34.95	1.23	-0.22	-52.88	12.30	7.58	-35.35	1.23	-0.08
	Comb. 5	193.86	-16.79	-0.49	177.55	0.58	-2.16	201.39	-17.98	-0.75	183.55	0.43	-2.05	203.20	-18.21	-0.80	185.67	0.31	-2.02
	Comb. 1	133.52	-6.09	10.55	133.52	5.88	-6.80	141.26	-6.85	10.90	141.26	5.38	-6.14	144.46	-7.36	11.34	144.46	5.14	-5.82
	Comb. 2	-9.65	4.11	26.75	7.07	6.65	-2.48	-10.78	3.09	28.23	7.80	6.80	-1.17	-9.94	2.37	28.84	8.45	6.82	-0.55
Piso 1	Comb. 3	239.46	-14.47	-9.04	222.74	3.33	-9.03	254.01	-14.74	-9.91	235.43	2.33	-9.21	258.75	-14.89	-9.78	240.37	1.90	-9.29
	Comb. 4	-56.31	6.42	22.38	-39.58	4.37	0.21	-60.01	5.70	23.74	-41.43	4.71	1.26	-60.14	5.17	24.19	-41.76	4.84	1.75
	Comb. 5	192.81	-12.15	-13.41	176.08	1.05	-6.34	204.78	-12.12	-14.40	186.20	0.24	-6.78	208.55	-12.09	-14.42	190.17	-0.08	-6.99
	Comb. 1	109.72	-8.94	15.37	109.72	6.84	-11.57	115.24	-9.61	15.22	115.24	6.42	-10.72	117.54	-10.08	15.58	117.54	6.21	-10.30
	Comb. 2	-22.69	-1.45	23.83	-6.95	8.45	-5.37	-23.59	-2.83	25.20	-6.34	8.82	-3.50	-22.30	-3.60	26.10	-5.38	8.90	-2.72
Piso 2	Comb. 3	211.73	-13.73	2.20	195.99	3.17	-14.28	222.22	-13.49	0.59	204.98	2.08	-14.70	224.96	-13.52	0.30	208.04	1.64	-14.78
	Comb. 4	-60.71	1.98	17.82	-44.97	5.81	-0.91	-63.41	0.87	19.25	-46.16	6.35	0.63	-62.81	0.27	20.04	-45.89	6.51	1.24
	Comb. 5	173.71	-10.30	-3.81	157.97	0.53	-9.83	182.40	-9.79	-5.36	165.15	-0.40	-10.57	184.45	-9.66	-5.76	167.52	-0.74	-10.81
	Comb. 1	90.68	-12.13	20.38	90.68	7.14	-11.82	94.98	-12.99	20.69	94.98	6.75	-11.15	96.76	-13.55	21.23	96.76	6.53	-10.79
	Comb. 2	-25.62	-5.91	26.91	-11.68	9.21	-4.64	-25.10	-7.33	28.69	-10.08	9.62	-2.86	-23.38	-8.00	29.77	-8.75	9.69	-2.14
Piso 3	Comb. 3	182.03	-14.69	7.60	168.09	2.92	-15.42	188.98	-14.72	6.35	173.96	1.84	-16.08	190.37	-15.03	6.21	175.74	1.40	-16.19
	Comb. 4	-56.81	-1.25	18.90	-42.87	6.46	-0.08	-57.69	-2.34	20.58	-42.66	7.02	1.44	-56.48	-2.81	21.49	-41.86	7.18	2.01
	Comb. 5	150.84	-10.03	-0.40	136.90	0.16	-10.87	156.40	-9.73	-1.75	141.37	-0.76	-11.78	157.26	-9.84	-2.07	142.63	-1.11	-12.04
	Comb. 1	59.97	-16.33	26.21	59.97	5.98	-9.98	60.71	-17.87	27.78	60.71	5.47	-9.12	61.08	-18.18	27.95	61.08	5.21	-8.71
	Comb. 2	-18.79	-11.40	28.71	-9.31	7.71	-3.91	-16.39	-12.65	31.03	-6.73	7.72	-2.41	-14.83	-12.75	31.61	-5.58	7.65	-1.84
Piso 4	Comb. 3	122.33	-16.33	15.67	112.85	2.45	-13.04	121.24	-17.69	16.03	111.58	1.56	-13.07	120.35	-18.13	15.79	111.10	1.21	-12.97
	Comb. 4	-39.25	-5.11	18.43	-29.78	5.40	-0.06	-37.06	-5.76	20.16	-27.40	5.62	1.10	-35.59	-5.76	20.73	-26.33	5.65	1.51
	Comb. 5	101.87	-10.04	5.39	92.39	0.14	-9.20	100.56	-10.81	5.16	90.91	-0.54	-9.56	99.60	-11.15	4.91	90.34	-0.79	-9.62

Cargas Ultimas de Flexocompresión Amplificados por Efecto de Esbeltez - C1																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Piso 5	Comb. 1	47.93	-4.28	6.90	47.93	6.10	-10.23	48.63	-5.05	7.97	48.63	5.58	-9.35	48.98	-5.33	8.35	48.98	5.33	-8.94
	Comb. 2	-14.99	-1.36	11.33	-7.41	7.80	-4.15	-12.49	-1.50	13.31	-4.84	7.76	-2.71	-11.05	-1.42	14.11	-3.74	7.68	-2.15
	Comb. 3	97.83	-5.90	0.36	90.26	2.56	-13.21	96.57	-7.09	0.19	88.92	1.71	-13.17	95.76	-7.64	0.05	88.44	1.38	-13.04
	Comb. 4	-31.19	0.29	8.63	-23.61	5.45	-0.21	-28.90	0.45	10.20	-21.25	5.62	0.89	-27.56	0.63	10.86	-20.24	5.63	1.28
	Comb. 5	81.64	-4.25	-2.34	74.06	0.21	-9.28	80.16	-5.14	-2.92	72.51	-0.43	-9.57	79.26	-5.59	-3.20	71.94	-0.66	-9.62
Piso 6	Comb. 1	28.59	-3.40	5.40	28.59	4.80	-8.07	29.69	-3.53	5.61	29.69	4.98	-8.38	29.37	-4.20	6.58	29.37	4.19	-7.04
	Comb. 2	-8.36	-1.18	8.09	-3.91	6.03	-3.48	-8.68	-1.23	8.40	-4.06	6.26	-3.61	-5.61	-1.08	10.39	-1.36	5.85	-2.00
	Comb. 3	57.87	-4.59	1.05	53.42	2.12	-10.22	60.09	-4.77	1.10	55.47	2.20	-10.62	56.47	-6.05	0.76	52.23	1.27	-9.96
	Comb. 4	-17.89	0.13	5.98	-13.44	4.19	-0.37	-18.58	0.14	6.21	-13.96	4.35	-0.39	-15.37	0.53	7.84	-11.13	4.24	0.69
	Comb. 5	48.33	-3.28	-1.06	43.89	0.27	-7.12	50.19	-3.41	-1.10	45.58	0.28	-7.39	46.71	-4.44	-1.79	42.46	-0.34	-7.27
Piso 7	Comb. 1	20.22	-3.34	5.39	20.22	4.79	-8.10	21.00	-3.47	5.60	21.00	4.98	-8.41	20.94	-4.12	6.61	20.94	4.17	-7.05
	Comb. 2	-5.40	-1.17	7.44	-2.32	5.90	-3.73	-5.61	-1.21	7.73	-2.40	6.13	-3.88	-3.31	-0.98	9.86	-0.36	5.65	-2.37
	Comb. 3	40.53	-4.52	1.70	37.45	2.24	-10.02	42.09	-4.69	1.76	38.89	2.32	-10.41	39.69	-6.02	1.35	36.75	1.45	-9.61
	Comb. 4	-11.97	0.11	5.34	-8.89	4.06	-0.62	-12.43	0.12	5.55	-9.23	4.22	-0.64	-10.10	0.59	7.30	-7.15	4.05	0.33
	Comb. 5	33.96	-3.24	-0.40	30.87	0.40	-6.91	35.26	-3.36	-0.42	32.06	0.41	-7.17	32.90	-4.45	-1.21	29.96	-0.15	-6.92
Piso 8	Comb. 1	11.86	-3.34	5.52	11.86	4.89	-8.14	12.31	-3.46	5.73	12.31	5.08	-8.45	12.32	-4.22	6.76	12.32	4.13	-7.00
	Comb. 2	-3.43	-1.20	6.83	-1.58	5.84	-4.05	-3.56	-1.25	7.09	-1.64	6.07	-4.21	-2.28	-1.00	9.20	-0.49	5.40	-2.73
	Comb. 3	24.19	-4.41	2.51	22.34	2.46	-9.77	25.12	-4.58	2.61	23.20	2.55	-10.15	23.88	-6.12	2.26	22.08	1.62	-9.18
	Comb. 4	-7.03	0.16	4.66	-5.17	3.96	-0.93	-7.30	0.17	4.84	-5.37	4.12	-0.96	-5.99	0.70	6.56	-4.20	3.82	-0.05
	Comb. 5	20.59	-3.05	0.34	18.74	0.58	-6.64	21.38	-3.16	0.36	19.46	0.60	-6.90	20.16	-4.42	-0.37	18.37	0.04	-6.50
Az.	Comb. 1	1.95	-10.30	5.73	1.95	2.64	-6.93	2.03	-10.70	5.95	2.03	2.74	-7.20	1.64	-10.52	6.99	1.64	2.36	-5.94
	Comb. 2	-3.73	-6.08	7.21	-2.98	3.55	-3.36	-3.88	-6.32	7.48	-3.09	3.68	-3.49	-3.94	-5.42	9.43	-3.18	3.39	-2.26
	Comb. 3	7.53	-11.74	2.58	6.78	0.94	-8.42	7.82	-12.19	2.67	7.04	0.98	-8.74	7.27	-12.79	2.52	6.51	0.63	-7.84
	Comb. 4	-3.74	-2.63	5.09	-2.98	2.55	-0.71	-3.88	-2.73	5.28	-3.10	2.65	-0.73	-3.75	-1.92	6.84	-2.99	2.50	0.00
	Comb. 5	7.53	-8.29	0.46	6.77	-0.06	-5.77	7.82	-8.61	0.48	7.03	-0.06	-5.99	7.46	-9.29	-0.07	6.70	-0.26	-5.58

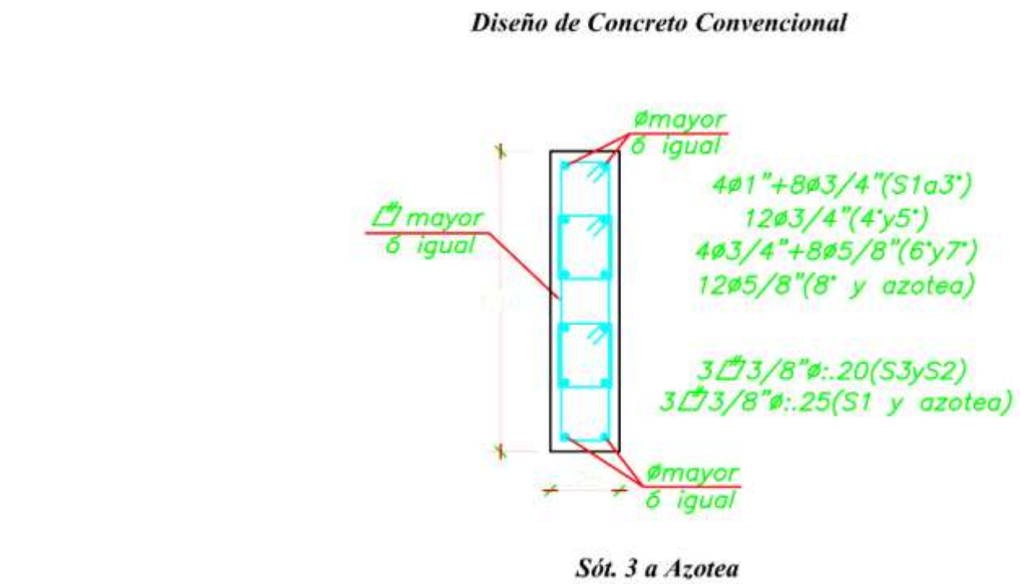
Tabla 131

Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA

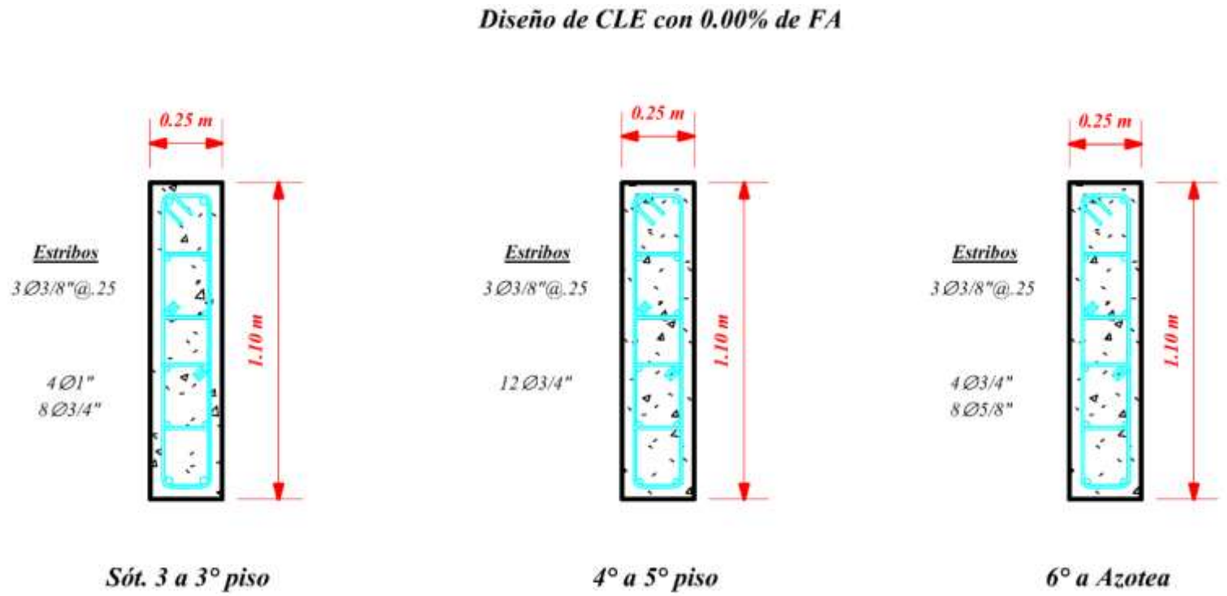
Tipo	Acero Colocado		Adicionales
C1 Sót 1	**ø**	**cm^2**	
Acero Vertical	4-1" + 8-3/4"	43.07	
	Cuantia Mín.	27.5	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (1-3)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (4-5)		
Acero Vertical	12-3/4"	34.20	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (6-7)		
Acero Vertical	6-3/4" + 6-5/8"	28.97	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (8-Az)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		

Figura 176

Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA



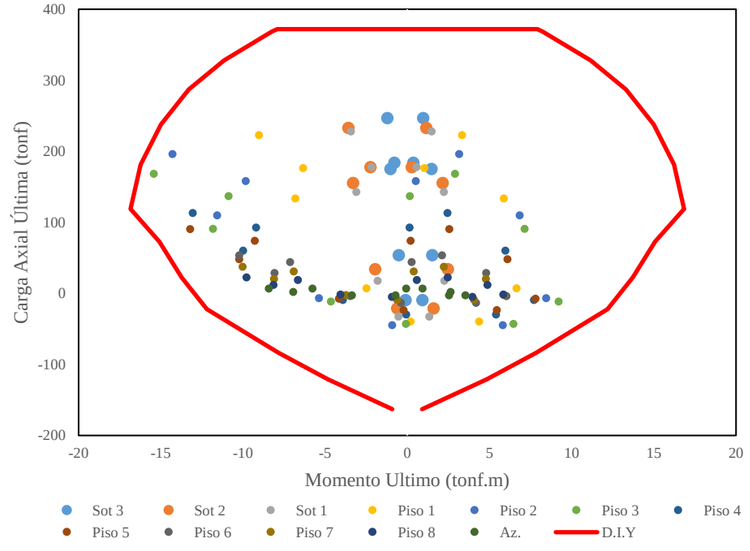
Nota. (a)



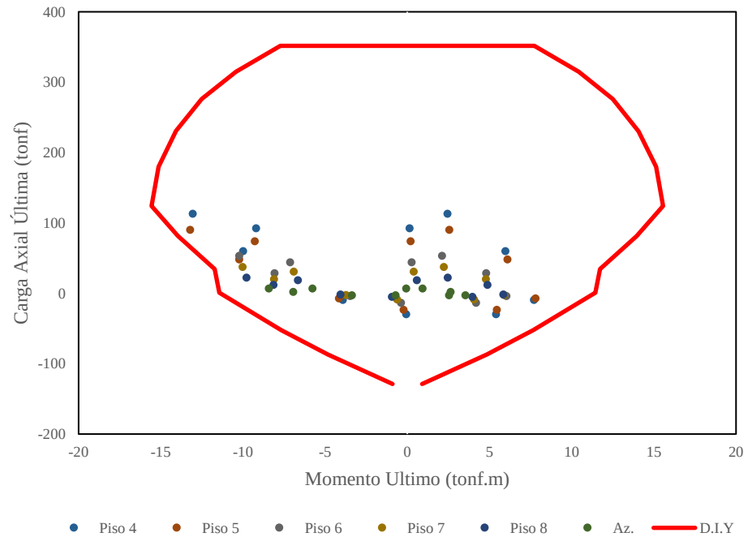
Nota. (b)

Figura 177

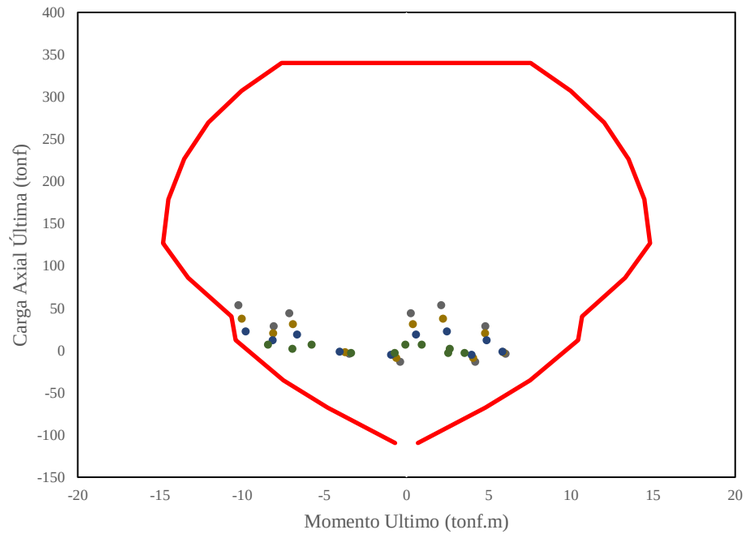
Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-Az.



Nota. (a)



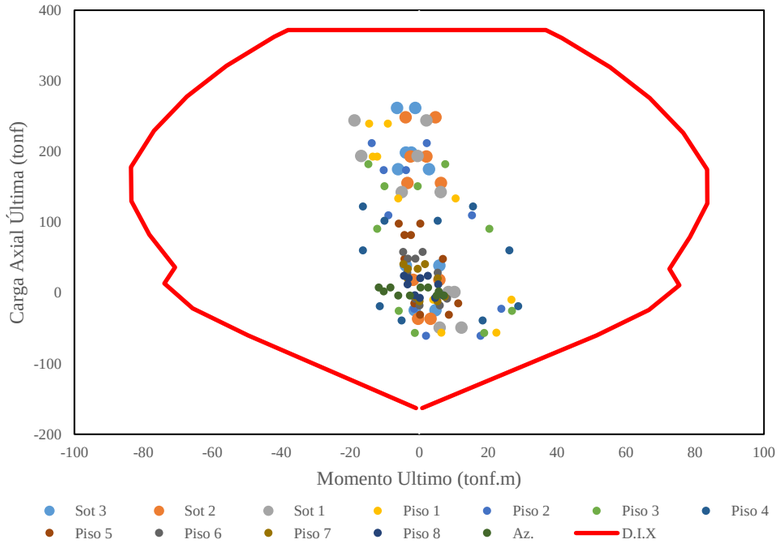
Nota. (b)



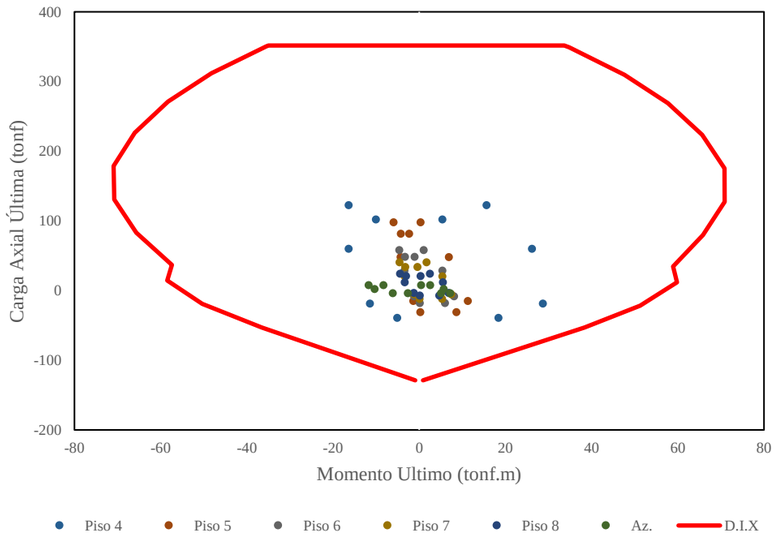
Nota. (c)

Figura 178

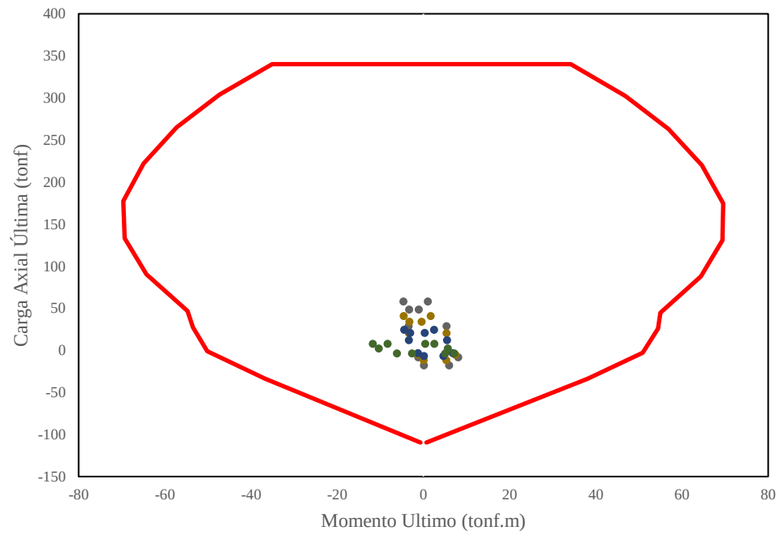
Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 0.00% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, (b) Piso 4-5, y (c) Piso 6-Az.



Nota. (a)



Nota. (b)



Nota. (c)

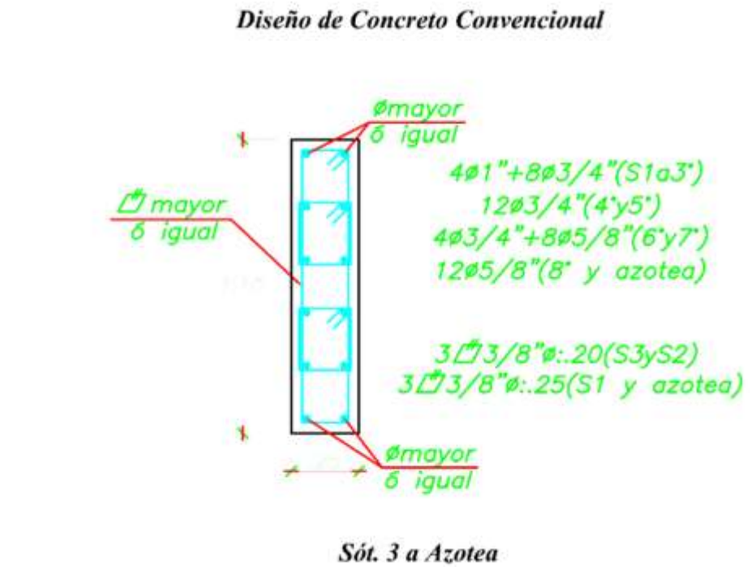
Tabla 132

Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA

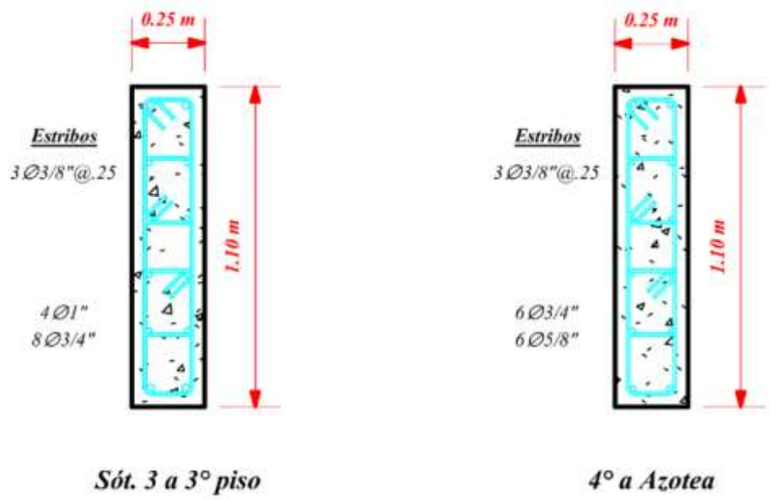
Tipo	Acero Colocado		Adicionales
C1 Sót 1	**ø**	**cm^2**	
Acero Vertical	4-1" + 8-3/4"	43.07	
	Cuantia Mín.	27.5	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (1-3)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (4-5)		
Acero Vertical	6-3/4" + 6-5/8"	28.97	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (6-7)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (8-Az)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		

Figura 179

Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA



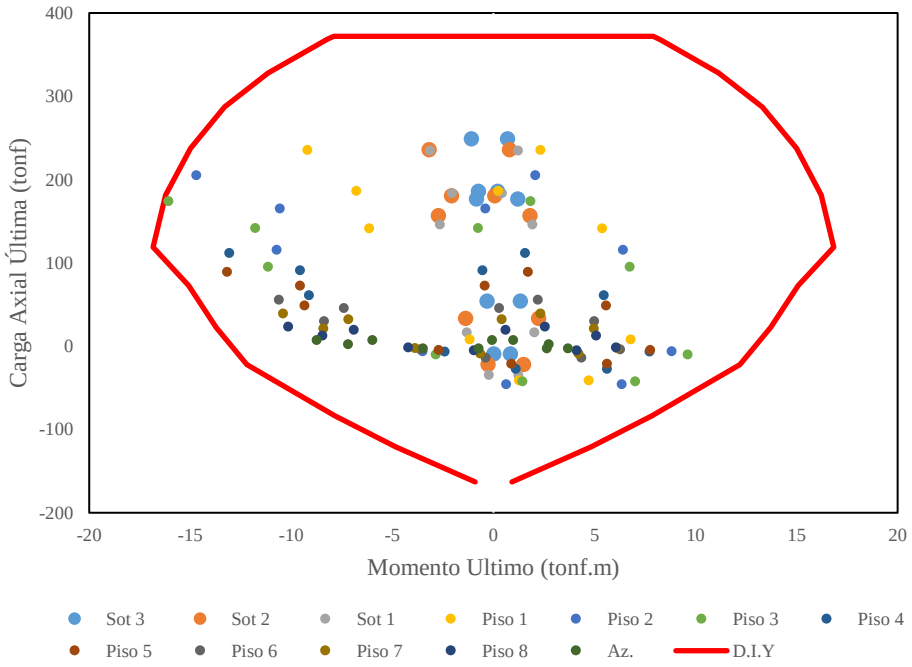
Nota. (a)



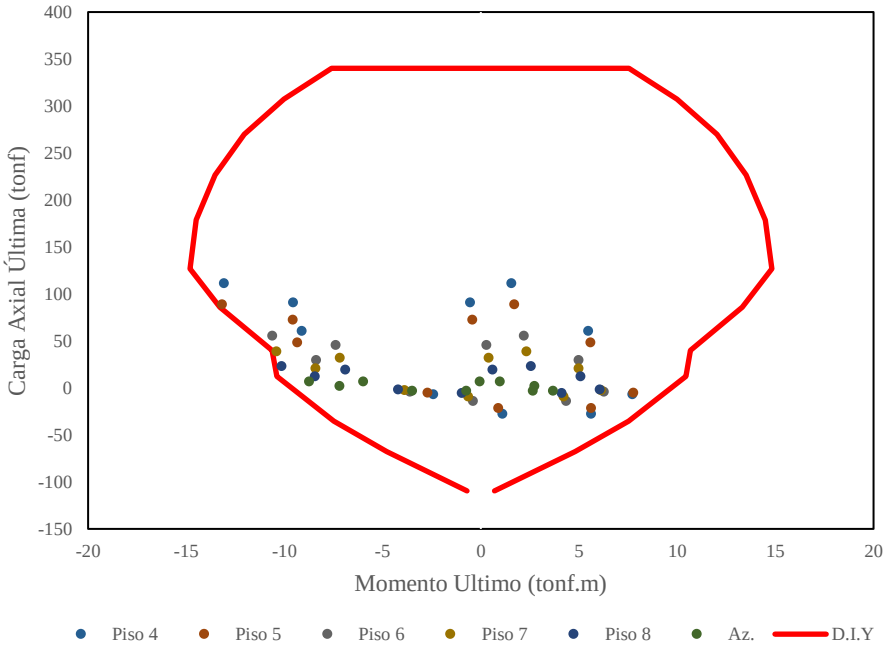
Nota. (b)

Figura 180

Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az.



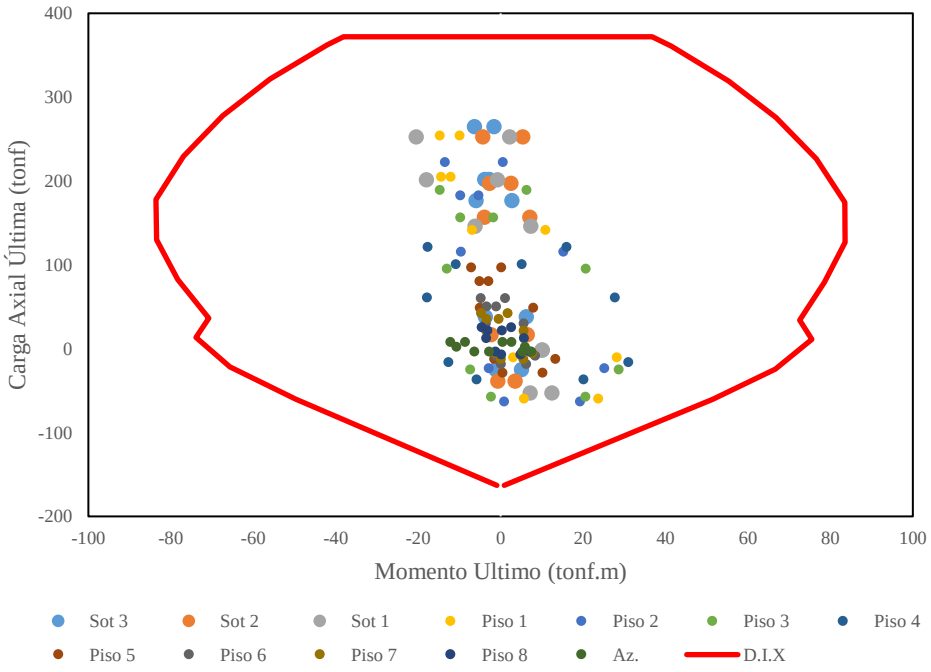
Nota. (a)



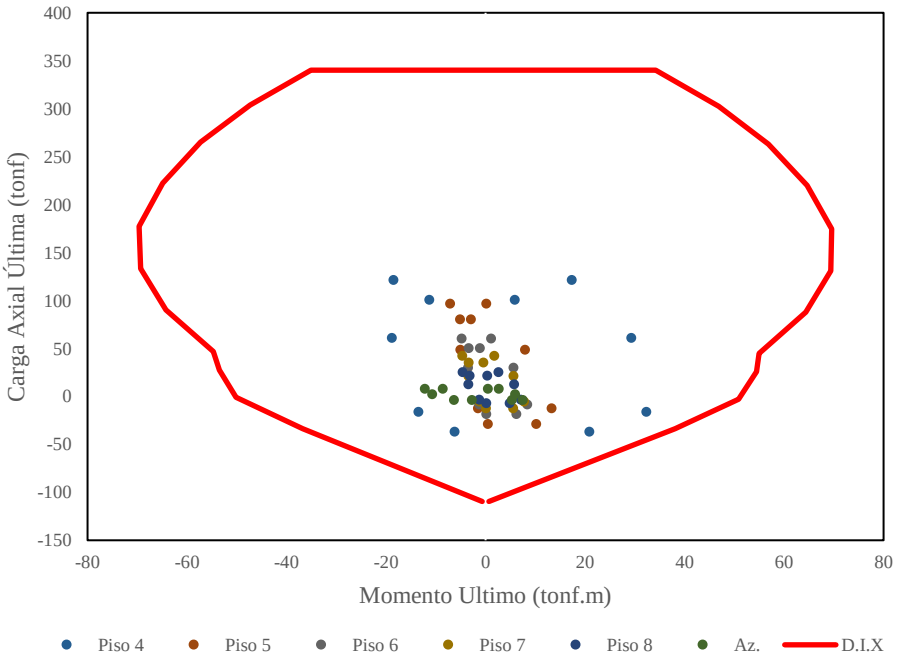
Nota. (b)

Figura 181

Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 0.75% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az.



Nota. (a)



Nota. (b)

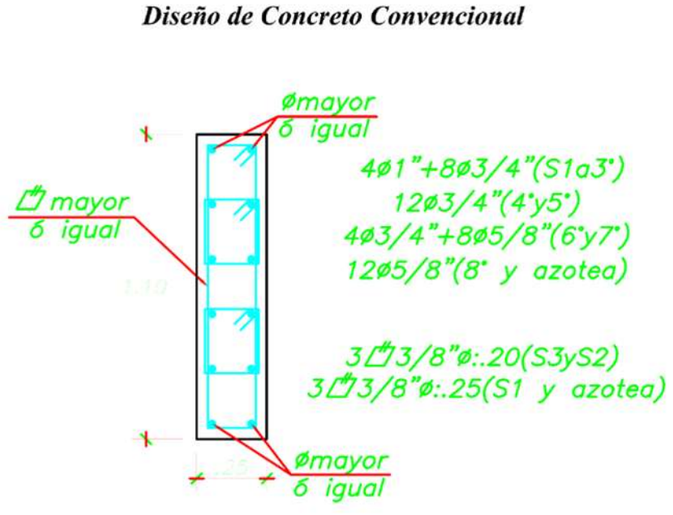
Tabla 133

Distribución de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA

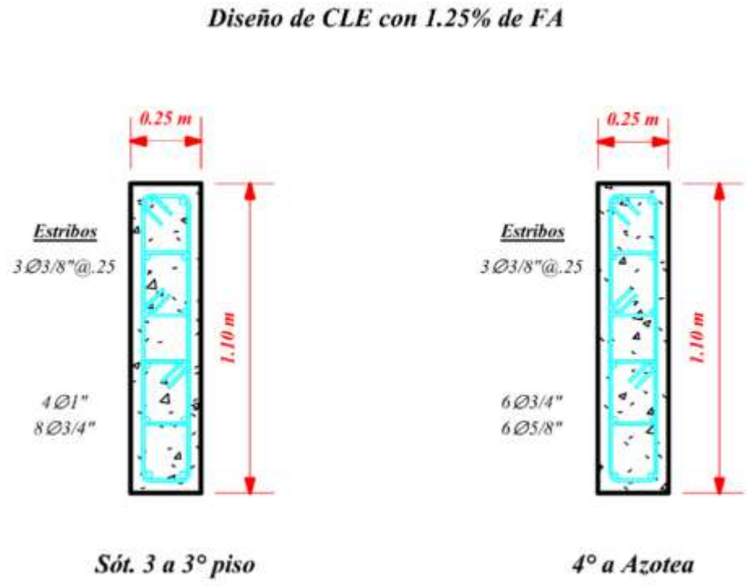
Tipo	Acero Colocado		Adicionales
C1 Sót 1	**ø**	**cm^2**	
Acero Vertical	4-1" + 8-3/4"	43.07	
	Cuantia Mín.	27.5	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (1-3)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (4-5)		
Acero Vertical	6-3/4" + 6-5/8"	28.97	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (6-7)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		
	C1 de (8-Az)		
Acero Vertical	↑	↑	
	Cuantia Mín.	↑	
Acero Horizontal	Similar a Diseño Original		

Figura 182

Detalle de refuerzos longitudinal y transversales de C1 con (a) diseño original y (b) con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA.



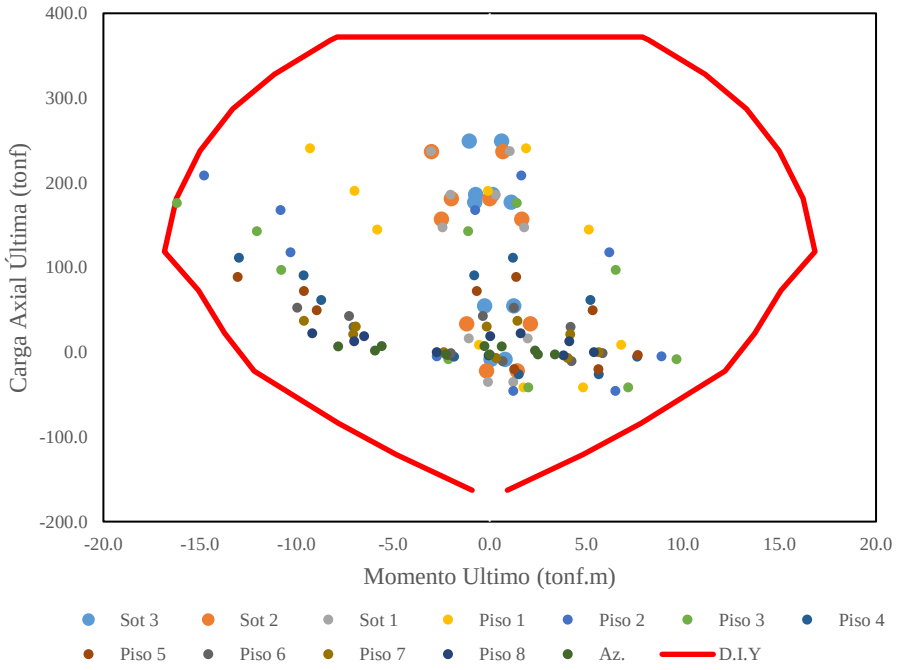
Nota. (a)



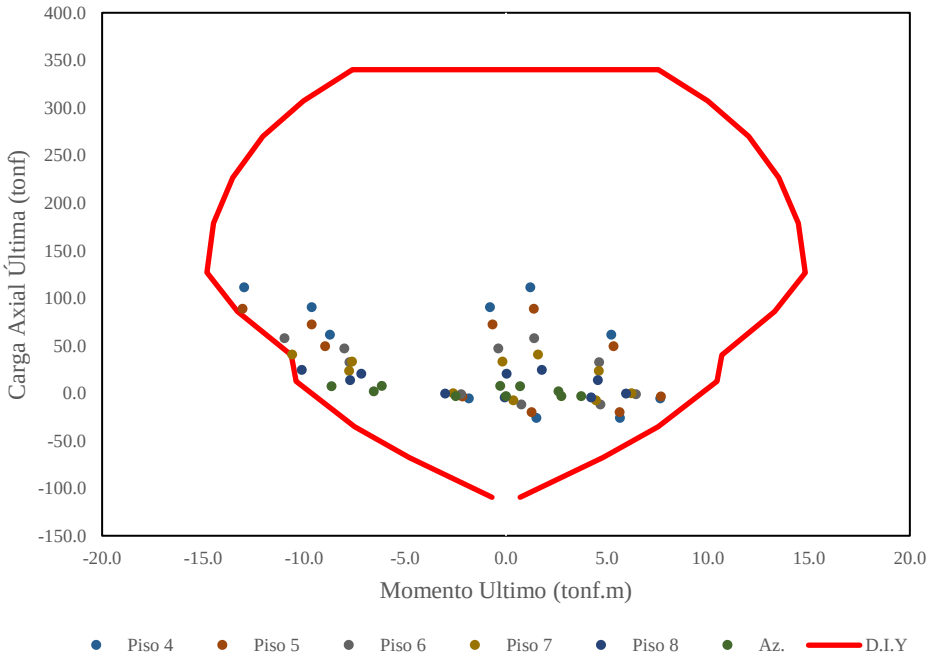
Nota. (b)

Figura 183

Diagrama de Interacción en eje X de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az.



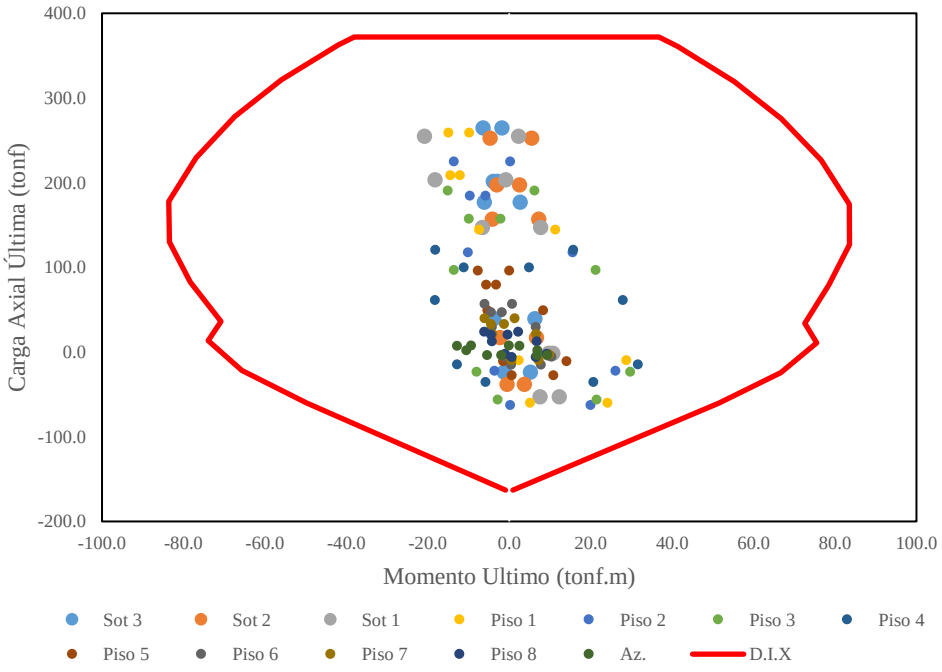
Nota. (a)



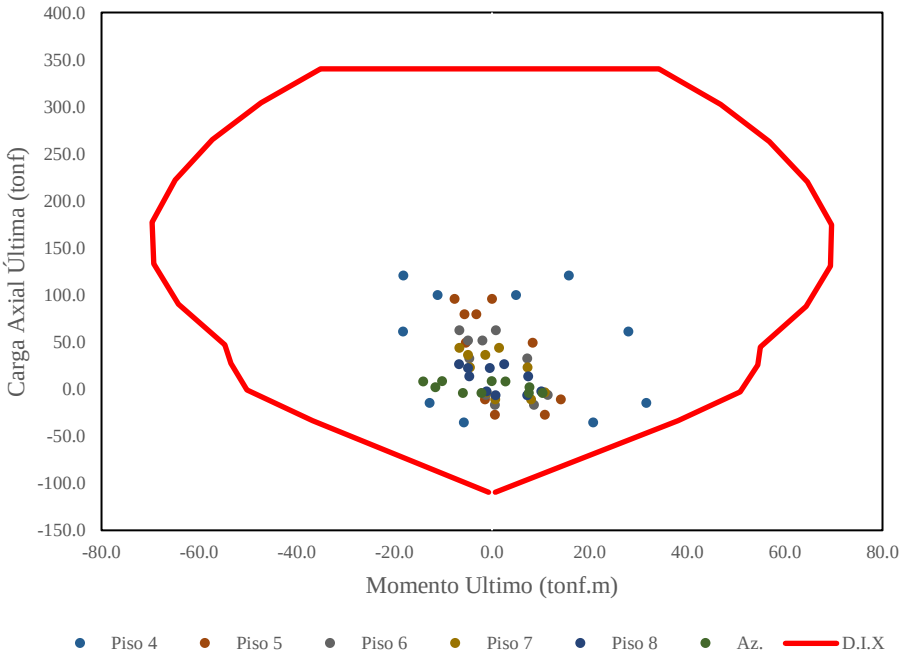
Nota. (b)

Figura 184

Diagrama de Interacción en eje Y de C1 con losas y vigas de CLE con 1.25% de FA para (a) Sótanos – Piso 3, y (b) Piso 4-Az.



Nota. (a)



Nota. (b)

6.5.3.2 Resultados

La **tabla 134** y **tabla 135** muestran los valores finales de los metrados de acero y concreto respectivamente para los diseños planteados.

Tabla 134

Tabla resumen de metrado de acero para columnas

Placa \ Metrado	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
C1	1,900.77	2,030.20	1,926.08	1,926.08
C2	495.69	456.58	456.58	456.58
C3	443.18	467.51	467.51	467.51
C5	3,881.29	3,440.91	3,440.91	3,440.91
Σ	6,720.93	6,395.20	6,291.08	6,291.08

Tabla 135

Tabla resumen de metrado de concreto para columnas

Columna	Metrado (m^3)
C1	10.09
C2	2.82
C3	3.04
C5	14.79
Σ	30.74

6.6 Análisis de costo unitario

Para poder desarrollar un presupuesto adecuado para las partidas de concreto y acero, se tomó en cuenta la mano de obra, los materiales, equipos y para el caso de la partida de concreto su curado. El rendimiento de cada una de las partidas se usó el mismo para cada uno de los diseños, tomando en cuenta que cada uno de estos son realizado in situ, así todos tengan las mismas variables al momento de su elaboración.

Cada ACU elaborado se hizo a partir de proyectos realizados en el año 2024 y a inicios del 2025, siendo de guías para la estructura de estas, como también saber qué tanto ha variado en cantidades como cuadrillas; en cuanto a los costos para las partidas de concreto tomó en cuenta lo siguiente:

- **Mano de obra**: Se contó al operario de equipo liviano, operario, oficial y peón, de los cuáles sus precios unitarios de cada uno de estos se obtuvieron del suplemento técnico de julio del 2025 en el punto 2, Análisis de Precios Unitarios, siendo de 29.99; 29.99; 23.60 y 21.36 soles por hora hombre (hh) respectivamente.
- **Materiales**: Para la arena fina y agregado grueso se usaron precios obtenidos de la página de "Ferretería Jireh" en la sección de agregados, donde nos dieron un costo de 46 solesxm^3 y 58 solesxm^3 respectivamente; de la arcilla expandida se sacó a partir del costo de un saco de 50 litros que salía 160 soles con la empresa Agriplant en noviembre del 2023, la cual luego de hacer la conversión respectiva según su densidad es de 3,160.00 soles por cada m^3; de la fibra de acero se obtuvo a partir de la empresa Sika la cual nos daban que una presentación de 20 kg cuesta un total de 268 soles en noviembre del 2023, tras hacer la conversión correspondiente se obtuvo que su costo por cada kg es de 13.40 soles; en el caso del cemento portland tipo I se corroboró que su costo por bolsa (42.5 kg) es de 30.90 soles; para finalizar con el agua se tomó en cuenta la tabla de tarifa de sedapal por cada m^3 en una categoría no comercial para comercio y otros el costo de este es de 7.314 soles.
- **Equipos**: Para esta categoría se tomó de guía distintos ACU desarrollados a fines del 2024 y mediados del 2025, las cuales fueron variando entre herramientas manuales, vibrador de concreto 4 HP 1.25", mezclador de trompo 11 P3 (23 HP) y winche eléctrico 3.6 HP de dos baldes según la estructura de la que se realizaba su ACU correspondiente.
- **Curado**: El mismo procedimiento se empleó según lo mencionado para los equipos.

Obteniendo así los ACUs para vigas de concreto 210 kg/cm^2 convencionales en la **Tabla 136**, con 0% de FA en la **Tabla 137**, con 0.75% FA en la **Tabla 138** y con 1.25% de FA en la **Tabla 139**; para las losas aligeradas de concreto 210 kg/cm^2 convencionales en la **Tabla 140**, con 0% de FA en la **Tabla 141**, con 0.75% FA en la **Tabla 142** y con 1.25% de FA en la **Tabla 143**; para losas macizas de concreto 210 kg/cm^2 convencionales en la **Tabla 144**, con 0% de FA en la **Tabla 145**, con 0.75% FA en la **Tabla 146** y con 1.25% de FA en la **Tabla 147**; para las columnas y placas solo se realizó los ACU de concreto convencional debido a que estas estructuras no se hizo el cambio de mezclas pero si se analizó el cambio en relación a toda la estructura que se mencionaron en el punto 6.5, los cuales se colocan en la **Tabla 148 y Tabla 149** respectivamente.

Tabla 136

ACU de concreto convencional para vigas de 210 kg/cm^2

Partida	**01**			**CONCRETO f'c=210 kg/cm² PARA VIGAS**			
Rendimiento	**m3/DIA**	**10.0000**	EQ.	**10.0000**		Costo unitario directo por : m3	**594.18**
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON		hh	6.0000	4.8000	21.36	102.53
							193.38
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.4200	46.00	19.32
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.8500	58.00	49.30
0207070002	AGUA		m3		0.1800	7.31	1.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.0000	30.90	278.10
							348.04
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	143.60	4.31
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	0.5000	0.4000	45.00	18.00
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
							50.31
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 137

ACU de CLE con 0.00% de FA para vigas de 210 kg/cm²

Partida	02	CLE de f'c=210 kg/cm² PARA VIGAS					
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ.	10.0000		Costo unitario directo por : m3	1,587.91

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON	hh	6.0000	4.8000	21.36	102.53
						193.38
	Materiales					
02070100010002	ARENA FINA	m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO	m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA	m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA	m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
						1,341.77
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	143.60	4.31
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES	hm	0.5000	0.4000	45.00	18.00
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
						50.31
	Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO	m2		1.5000	1.63	2.45
						2.45

Tabla 138

ACU de CLE con 0.75% de FA para vigas de 280 kg/cm²

Partida	03	CLE con 0.75% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA VIGAS					
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ.	10.0000		Costo unitario directo por : m3	1,748.71

Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON		hh	6.0000	4.8000	21.36	102.53
							193.38
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA		m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA		m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO		kg		12.0000	13.40	160.80
							1,502.57
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	143.60	4.31
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	0.5000	0.4000	45.00	18.00
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
							50.31
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 139

ACU de CLE con 1.25% de FA para vigas de 280 kg/cm²

Partida	04	CLE con 1.25% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA VIGAS				
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ.	10.0000	Costo unitario directo por : m3	1,842.51

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON	hh	6.0000	4.8000	21.36	102.53
						193.38
	Materiales					
02070100010002	ARENA FINA	m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO	m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA	m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA	m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO	kg		19.0000	13.40	254.60
						1,596.37
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	143.60	4.31
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES	hm	0.5000	0.4000	45.00	18.00
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
						50.31
	Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO	m2		1.5000	1.63	2.45
						2.45

Tabla 140

ACU de concreto convencional de FA para losas aligeradas de 210 kg/cm^2

Partida	05	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m3/DIA	14.0000	EQ.	14.0000		Costo unitario directo por : m3	562.20

Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.1400	29.99	34.19
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5700	29.99	17.09
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.5700	23.60	13.45
0101010005	PEON		hh	8.0000	4.5700	21.36	97.62
							162.35
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.4200	46.00	19.32
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.8500	58.00	49.30
0207070002	AGUA		m3		0.1800	7.31	1.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.0000	30.90	278.10
							348.04
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	121.66	3.65
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	1.0000	0.5714	45.00	25.71
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.5714	15.00	8.57
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.5714	20.00	11.43
							49.36
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 141

ACU de CLE con 0.00% de FA para losas aligeradas de 210 kg/cm²

Partida	06	CLE de f'c=210 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m3/DIA	14.0000	EQ.	14.0000		Costo unitario directo por : m3	1,555.93

Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.1400	29.99	34.19
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5700	29.99	17.09
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.5700	23.60	13.45
0101010005	PEON		hh	8.0000	4.5700	21.36	97.62
							162.35
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA		m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA		m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
							1,341.77
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	121.66	3.65
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	1.0000	0.5714	45.00	25.71
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.5714	15.00	8.57
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.5714	20.00	11.43
							49.36
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 142

ACU de CLE con 0.75% de FA para losas aligeradas de 280 kg/cm²

Partida	07	CLE con 0.75% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m3/DIA	14.0000	EQ.	14.0000		Costo unitario directo por : m3	1,716.73
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.1400	29.99	34.19
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5700	29.99	17.09
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.5700	23.60	13.45
0101010005	PEON		hh	8.0000	4.5700	21.36	97.62
							162.35
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA		m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA		m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO		kg		12.0000	13.40	160.80
							1,502.57
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	121.66	3.65
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	1.0000	0.5714	45.00	25.71
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.5714	15.00	8.57
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.5714	20.00	11.43
							49.36
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 143

ACU de CLE con 1.25% de FA para losas aligeradas de 280 kg/cm²

Partida	08	CLE con 1.25% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS				
Rendimiento	m3/DIA	14.0000	EQ.	14.0000	Costo unitario directo por : m3	1,810.53

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	1.1400	29.99	34.19
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5700	29.99	17.09
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5700	23.60	13.45
0101010005	PEON	hh	8.0000	4.5700	21.36	97.62
						162.35
	Materiales					
02070100010002	ARENA FINA	m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO	m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA	m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA	m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO	kg		19.0000	13.40	254.60
						1,596.37
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	121.66	3.65
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES	hm	1.0000	0.5714	45.00	25.71
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.5714	15.00	8.57
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.5714	20.00	11.43
						49.36
	Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO	m2		1.5000	1.63	2.45
						2.45

Tabla 144

ACU de concreto convencional para losas aligeradas de 210 kg/cm^2

Partida	09	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS MACIZAS				
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3	627.61

Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON		hh	8.0000	3.2000	21.36	68.35
							135.21
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.5000	46.00	23.00
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.8000	58.00	46.40
0207070002	AGUA		m3		0.1860	7.31	1.36
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		13.0000	30.90	401.70
							472.46
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	111.15	3.33
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.4000	15.00	6.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4000	20.00	8.00
							17.33
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.6000	1.63	2.61
							2.61

Tabla 145

ACU de CLE con 0.00% de FA para losas macizas de 210 kg/cm^2

Partida	10	CLE con 0.00% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS				
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3	1,496.92

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	21.36	68.35
						135.21
	Materiales					
02070100010002	ARENA FINA	m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO	m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA	m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA	m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
						1,341.77
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	111.15	3.33
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.4000	15.00	6.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.4000	20.00	8.00
						17.33
	Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO	m2		1.6000	1.63	2.61
						2.61

Tabla 146

ACU de CLE con 0.75% de FA para losas macizas de 280 kg/cm²

Partida	11	CLE con 0.75% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.0000		Costo unitario directo por : m3	1,657.72
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON		hh	8.0000	3.2000	21.36	68.35
							135.21
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA		m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA		m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO		kg		12.0000	13.40	160.80
							1,502.57
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	111.15	3.33
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.4000	15.00	6.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4000	20.00	8.00
							17.33
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.6000	1.63	2.61
							2.61

Tabla 147

ACU de CLE con 1.25% de FA para losas macizas de 280 kg/cm²

Partida	**12**	**CLE con 1.25% de FA, f'c=280 kg/cm² PARA LOSAS ALIGERADAS**					
Rendimiento	**m3/DIA**	**20.0000**	EQ.	**20.0000**		Costo unitario directo por : m3	**1,751.52**

Código	**Descripción Recurso**	**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	29.99	23.99
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	23.60	18.88
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	21.36	68.35
						135.21
	Materiales					
02070100010002	ARENA FINA	m3		0.3500	46.00	16.10
02070200010002	AGREGADO GRUESO	m3		0.1500	58.00	8.70
0207070002	AGUA	m3		0.2330	7.31	1.70
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.0000	30.90	309.00
0213010002	ARCILLA EXPANDIDA	m3		0.3184	3,160.00	1,006.27
02221700010044	FIBRA DE ACERO	kg		19.0000	13.40	254.60
						1,596.37
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	111.15	3.33
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.4000	15.00	6.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.4000	20.00	8.00
						17.33
	Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO	m2		1.6000	1.63	2.61
						2.61

Tabla 148

ACU de concreto convencional de 280 kg/cm^2 para columnas

Partida	13		CONCRETO f'c=280 kg/cm2 PARA COLUMNAS				
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ.	10.0000		Costo unitario directo por : m3	653.22
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	23.60	37.76
0101010005	PEON		hh	8.0000	6.4000	21.36	136.70
							270.42
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.4200	46.00	19.32
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.8500	58.00	49.30
0207070002	AGUA		m3		0.1800	7.31	1.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.0000	30.90	278.10
							348.04
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	143.60	4.31
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
							32.31
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Tabla 149

ACU de placas de 280 kg/cm^2 para columnas

Partida	14	CONCRETO f'c=280 kg/cm2 PARA PLACAS					
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ.	10.0000		Costo unitario directo por : m3	807.66
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
		Mano de Obra					
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	29.99	47.98
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	23.60	37.76
0101010005	PEON		hh	9.0000	7.2000	21.36	153.79
							287.51
		Materiales					
02070100010002	ARENA FINA		m3		0.5000	46.00	23.00
02070200010002	AGREGADO GRUESO		m3		0.8000	58.00	46.40
0207070002	AGUA		m3		0.1860	7.31	1.36
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		13.0000	30.90	401.70
							472.46
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	236.17	7.09
0348000003	ANDAMIO METÁLICO		hm	3.0000	2.4000	4.23	10.15
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.8000	20.00	16.00
							45.24
		Subpartidas					
900322140207	CURADO DE CONCRETO		m2		1.5000	1.63	2.45
							2.45

Para el caso del acero, se tomó en cuenta lo dicho en el suplemento técnico de julio del 2025, en el punto 1 de Precios Unitarios de Partidas, para la sección de aceros de refuerzo fy=4200 kg/cm^2 se toma el valor del rendimiento de 250 kg/día, que el precio unitario por cada kg es un valor total de 6.35 soles, que a detalle los valores de mano de obra, materiales y equipos son de 1.84; 4.31 y 0.20 respectivamente.

7. Análisis de Resultados

RESUMEN DE CAPITULO:

PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS DE CONCRETO LIGERO CON FA:

El análisis de las propiedades del concreto muestra que los diseños de CLE reducen significativamente el peso unitario entre 30% y 35% respecto al concreto convencional, manteniendo adecuada trabajabilidad (slump de 3 a 4") y aumentando la resistencia a compresión hasta en 49.59% en el caso de 1.25% de fibra de acero (FA). El módulo de rotura también mejora hasta en 10.58%, aunque el módulo de elasticidad disminuye especialmente en el diseño sin fibra en un 54.22%

ANALISIS ESTRUCTURAL Y RIESGO SÍSMICO:

En el análisis sísmico, todos los diseños con CLE reducen el peso sísmico del edificio, logrando menores fuerzas cortantes basales en aproximadamente 9%–10% para los diseños con 0.75% y 1.25% FA. Las derivas también se reducen de manera proporcional al peso para estos mismos diseños, mientras que el CLE sin fibra presenta derivas ligeramente.

METRADOS, PRESUPUESTO Y COSTO FINAL DE CASCO:

Finalmente, los metrados globales de acero muestran reducciones significativas: el diseño con 0.75% de FA disminuye el metrado total en 8.4% y el de 1.25% en 9.3% respecto al diseño original, mientras que el CLE 0% reduce solo 3.1%. Sin embargo, el análisis económico revela que el presupuesto del casco estructural aumenta en todos los casos con CLE: 40%, 43% y 47% para 0.00%, 0.75% y 1.25% FA respectivamente, debido al alto costo unitario de la arcilla expandida y de menor manera a la fibra de acero, alcanzando presupuestos finales de S/ 2.61M, S/ 2.66M y S/ 2.74M, frente a S/ 1.86M del concreto convencional.

7.1 Análisis de propiedades mecánicas y físicas de concreto ligero

En base a los resultados obtenidos en el punto 6.2.1. y 6.2.2. se puede analizar la **tabla 150** donde muestran los resultados mecánicos y físicos que obtiene los distintos tipos de diseño ligero estructural en conjunto a uno convencional, el cuál sirve como punto de comparación para ver la mejoría de sus propiedades en estado fresco y endurecido, y la **tabla 151** de una comparación porcentual entre estos valores. Siendo la fuerza a la compresión, el módulo de rotura, el módulo de elasticidad, su peso unitario y el asentamiento o slump los valores más relevantes.

Tabla 150

Propiedades mecánicas y físicas de los diseños de concreto

Diseño de Concreto	f'c (kgf/cm^2)	Módulo de rotura (kgf/cm^2)	Módulo de elasticidad (kgf/cm^2)	Peso unitario (kgf/m^3)	Slump (Pulg.)
Convencional	210	28.98	217,370.65	2400	4
0.00% de FA	246.62	28.28	99,505.28	1572.3	4
0.75% de FA	295.67	30.57	174,773.11	1595.7	3 4/9
1.25% de FA	314.14	32.05	211,777.37	1664	3

Tabla 151

Variación porcentual de propiedades mecánicas y físicas de los diseños de concreto

Diseño de Concreto	f'c (kgf/cm^2)	Módulo de rotura (kgf/cm^2)	Módulo de elasticidad (kgf/cm^2)	Peso unitario (kgf/m^3)	Slump (Pulg.)
Convencional	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
0.00% de FA	17.44%	-2.43%	-54.22%	-34.49%	0.00%
0.75% de FA	40.80%	5.49%	-19.60%	-33.51%	-13.89%
1.25% de FA	49.59%	10.58%	-2.57%	-30.67%	-25.00%

Interpretando estos valores en el concreto en estado fresco se puede observar que el peso unitario del concreto ligero es 34.49% menos a uno convencional y aquellos que se le añaden la fibra de acero tienen resultados de 33.51% y 30.67% menos, mostrando así que a pesar de la adición de un material relativamente pesado, al ser un diseño ligero este no se ve completamente afectado y así logra mantener un valor menor al convencional; para el asentamiento se ve que para el diseño ligero con 0.00% de fibra de acero el rango del slump

está dentro de los resultados de uno convencional, para el caso de los diseños de con 0.75% y 1.25% de FA obtiene valores de 13.89% y 25%, respectivamente, menos al convencional.

Siendo estos valores dentro del rango de un concreto trabajable según lo plasmado en el punto 6.2.1.1, siendo avalado por la ACI 211.1 (ACI, 2009) el cuál en base a la tabla 6.3.1 se debe utilizar un concreto con un asentamiento (slump) entre 3" a 4" donde luego rectifican la afirmación en el punto 7.2 al dar un ejemplo de las proporciones que se debe emplear, este rango de valores es afirmado por Kosmatka y Wilson (2011) en el manual Design & Control of Concrete Mixtures, donde se discute mucho la selección del slump según el tipo de elemento y colocación, para el caso de losas/pavimentos el uso típico es de un slump de 3" a 4" y enfatizan que se debe elegir de manera correcta este valor para garantizar el llenado completo entre armaduras, facilidad de colocación y mínima segregación, donde mencionan que para losas el óptimo de trabajabilidad suele estar en el rango mencionado con un vibrado mecánico.

Para los resultados de concreto endurecido se ve que al llegar a los 28 días de curado de los diseños de concreto obtienen resultados 17.44%, 40.80% y 49.59% mayores a uno convencional, siendo interpretados de manera más detallada en la **figura 185** que muestra el crecimiento de los días de curado y en la **figura 186** con un gráfico de barras plasmando los valores cuando el concreto ha alcanzado aproximadamente el punto más alto de su resistencia final.

Justificación de resultados se tiene la investigación de Wulandari et al. (2018) con su investigación titulada "Compressive Strength of Steel-Fiber Concrete with Artificial Lightweight Aggregate (ALWA)" con un 15% de un agregado artificial ligero con adición de un 1.5% de fibra de acero los resultados que obtuvieron fueron de 28.5 MPa; también con el respaldo de Yang et al. (2022) con su investigación titulada "Mechanical Properties of Lightweight Aggregate Concrete Reinforced with Various Steel Fibers" su diseño refleja un resultado de 43.4 MPa a 28 días mostrando mejoría ya que su diseño base es de 40 MPa.

Figura 185

Gráfica comparativa de la resistencia a la compresión del concreto ligero estructural

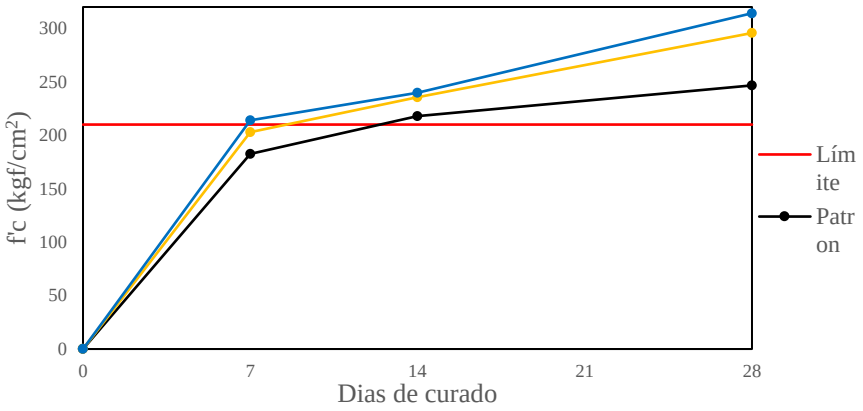
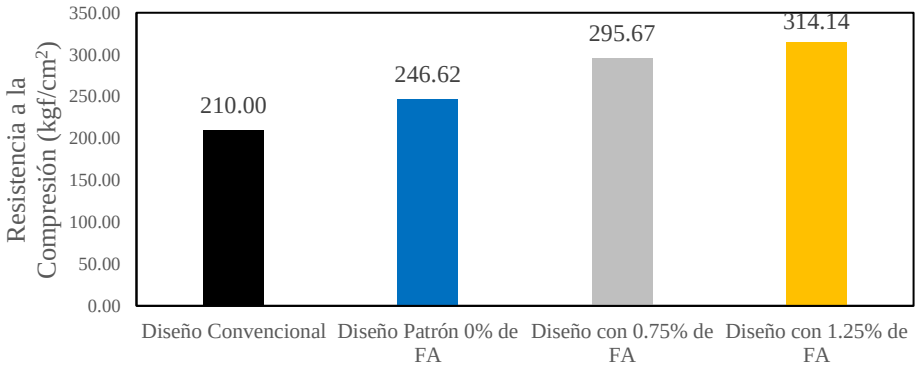


Figura 186

Gráfica de barras de resistencia a la compresión de los diseños de concreto



En el módulo de rotura los valores obtenidos son 14.91%, 24.22% y 30.09% mayores para los diseños con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. Sin embargo, se debe de considerar lo indicado por la norma E.060 para las propiedades de los CLE, el cual indica que este valor debe de ser reducido al 85%. Con ello, los valores obtenidos son de -2.43%, 5.49% y 10.58% mayores para los diseños con 0.00%, 0.75% y 1.25% respectivamente. Estos resultados se ven mejor plasmados en la **figura 187** en donde muestran el avance en los días de curado con respecto a su módulo de rotura y teniendo como línea base el diseño convencional, y la **figura 188** plasma un gráfico de barras de los valores a los 28 días de curado para así mostrar el incremento de los resultados.

Justificación de resultados se tiene a Jhatial et al. (2018) con su investigación titulada “Effect of steel fibres on the compressive and flexural strength of concrete” publicado en el año

2018 con dosificaciones entre 0% a 5% aumenta a un máximo de 6.16 MPa que es superior al de control, además se tiene a Gupta et al. (2022) con su investigación titulada “Mechanical properties of high strength concrete incorporating chopped basalt fibers” del año 2022 registra valores de 5.96 MPa de resistencia a la flexión sin fibra de acero y cuando se le adiciona la fibra alcanza hasta valores de 10.3 MPa.

Figura 187

Gráfica comparativa de la resistencia a la flexión concreto ligero estructural

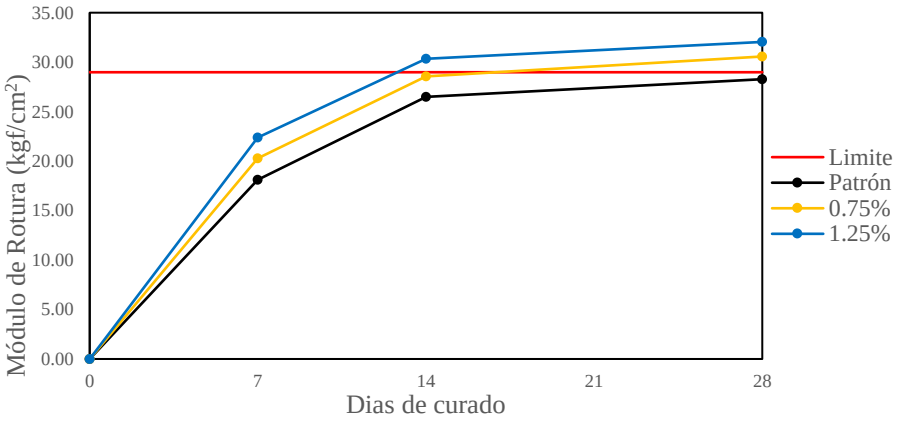
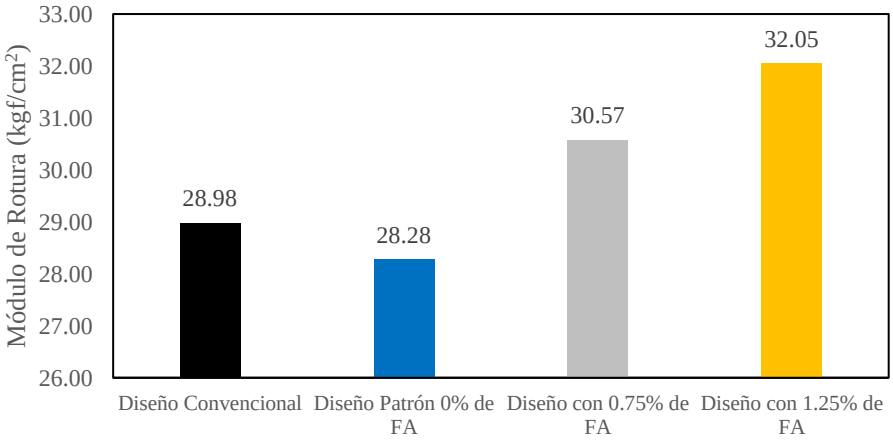


Figura 188

Gráfica de barras del módulo de rotura de los diseños de concreto



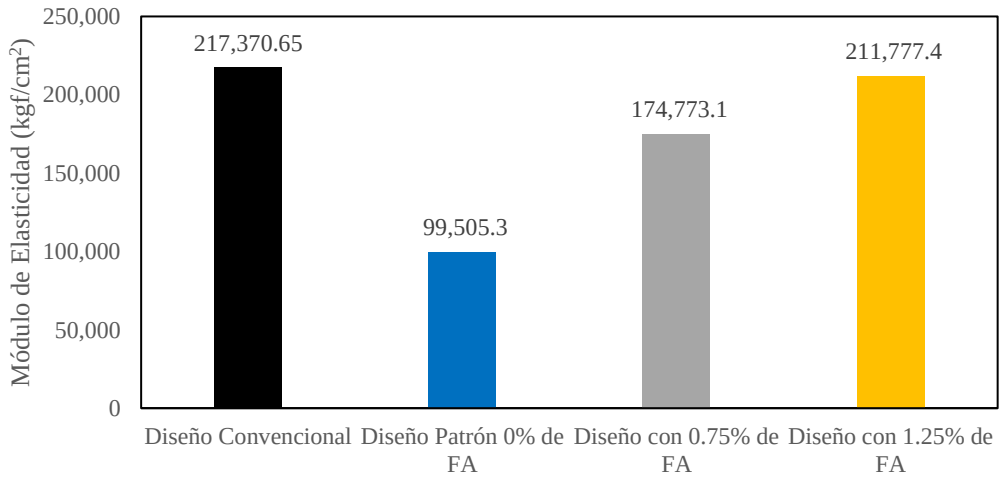
Los resultados del módulo de elasticidad no muestran tanta mejoría ya que para los diseños de 0.00%, 0.75% y 1.25% los valores obtenidos son de 54.22%, 19.60% y 2.57% menos al diseño convencional, mostrando así que un concreto ligero no necesariamente obtiene un resultado beneficioso para esta propiedad mecánica, pero al incorporar la fibra de acero

como aditivo este tiende a asemejarse a uno convencional, esta variación de resultados se plasma en la **figura 189.**

Siendo respaldados por la investigación de Yang et al. (2022), en donde los autores mencionan que por el bajo módulo de elasticidad que posee el agregado, este hizo que el diseño baje en un 25% a un 50% el valor al del referencial, siendo una solución aceptable el uso de la fibra de acero, pero no la más adecuada. Además, se tiene a los autores Wang et al. (2021) hacen mención que tras realizar el análisis de sus resultados concluyen que, aunque la fibra mejora notablemente la resistencia a tracción/flexión y la tenacidad, la influencia de la fibra sobre el módulo de elasticidad es relativamente pequeña o no obvia en muchas condiciones, señalando que varía fuertemente según el tipo/porosidad del agregado ligero.

Figura 189

Gráfica de barras del módulo de elasticidad de los diseños de concreto



7.2 Análisis comparativo de susceptibilidad sísmica

En base a los resultados obtenidos en el punto 6.3.4. se puede analizar la **tabla 152** y la **tabla 153** donde se ve los valores de desplazamientos en el centro de masa de cada nivel al eje X y eje Y respectivamente, así como la **tabla 154 y tabla 155** se aprecia los valores porcentuales de variación.

Tabla 152

Valores comparativos de desplazamiento absoluto en centros de masa respecto a eje X (mm)

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	16.96	16.42	15.33	15.10
Azotea	16.96	16.42	15.33	15.10
Piso 8	19.12	18.73	17.38	17.07
Piso 7	16.63	16.19	15.10	14.86
Piso 6	14.12	13.65	12.81	12.62
Piso 5	11.67	11.19	10.56	10.43
Piso 4	9.13	8.66	8.24	8.15
Piso 3	6.61	6.20	5.94	5.90
Piso 2	4.20	3.87	3.75	3.74
Piso 1	2.06	1.86	1.83	1.83
Sótano 1	0.52	0.45	0.45	0.46
Sótano 2	0.24	0.21	0.21	0.21
Sótano 3	0.10	0.08	0.08	0.08

Tabla 153

Valores comparativos de desplazamiento absoluto en centros de masa respecto a eje Y (mm)

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	32.89	32.40	30.01	29.40
Azotea	32.89	32.40	30.01	29.40
Piso 8	35.08	34.53	31.98	31.35
Piso 7	30.35	29.67	27.63	27.13
Piso 6	25.65	24.90	23.31	22.93
Piso 5	21.04	20.23	19.08	18.80
Piso 4	16.29	15.48	14.71	14.54
Piso 3	11.61	10.88	10.44	10.36
Piso 2	7.17	6.61	6.42	6.39
Piso 1	3.40	3.06	3.02	3.02
Sótano 1	0.63	0.55	0.56	0.56
Sótano 2	0.29	0.25	0.25	0.26
Sótano 3	0.12	0.10	0.10	0.11

Tabla 154

Variaciones porcentuales de mitigación de desplazamientos absolutos en centros de masa para diseños de concreto en eje X

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	0.0%	3.2%	9.6%	11.0%
Azotea	0.0%	3.2%	9.6%	11.0%
Piso 8	0.0%	2.0%	9.1%	10.7%
Piso 7	0.0%	2.7%	9.2%	10.7%
Piso 6	0.0%	3.3%	9.3%	10.7%
Piso 5	0.0%	4.2%	9.5%	10.7%
Piso 4	0.0%	5.1%	9.8%	10.7%
Piso 3	0.0%	6.3%	10.1%	10.8%
Piso 2	0.0%	7.7%	10.6%	11.0%
Piso 1	0.0%	9.5%	11.2%	11.2%
Sótano 1	0.0%	12.3%	12.3%	11.6%
Sótano 2	0.0%	13.2%	13.2%	12.4%
Sótano 3	0.0%	14.2%	13.1%	13.1%

Tabla 155

Variaciones porcentuales de mitigación de desplazamientos absolutos en centro de masa para diseños de concreto en eje Y

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	0.0%	1.5%	8.7%	10.6%
Azotea	0.0%	1.5%	8.7%	10.6%
Piso 8	0.0%	1.6%	8.8%	10.6%
Piso 7	0.0%	2.2%	9.0%	10.6%
Piso 6	0.0%	2.9%	9.1%	10.6%
Piso 5	0.0%	3.9%	9.4%	10.7%
Piso 4	0.0%	5.0%	9.7%	10.7%
Piso 3	0.0%	6.3%	10.0%	10.8%
Piso 2	0.0%	7.8%	10.5%	10.8%
Piso 1	0.0%	10.0%	11.2%	11.1%
Sótano 1	0.0%	13.0%	12.3%	11.4%
Sótano 2	0.0%	15.3%	13.3%	11.8%
Sótano 3	0.0%	16.1%	13.2%	12.3%

La **figura 190 y figura 191** muestran la distribución de las derivas inelásticas de cada nivel comparadas entre los diseños propuestos y también el original. Mientras tanto, la **tabla 156 y tabla 157** muestran los valores porcentuales comparativos respecto al diseño original.

Figura 190

Distribución comparativa de derivas inelásticas en eje X entre diseños y estructura original

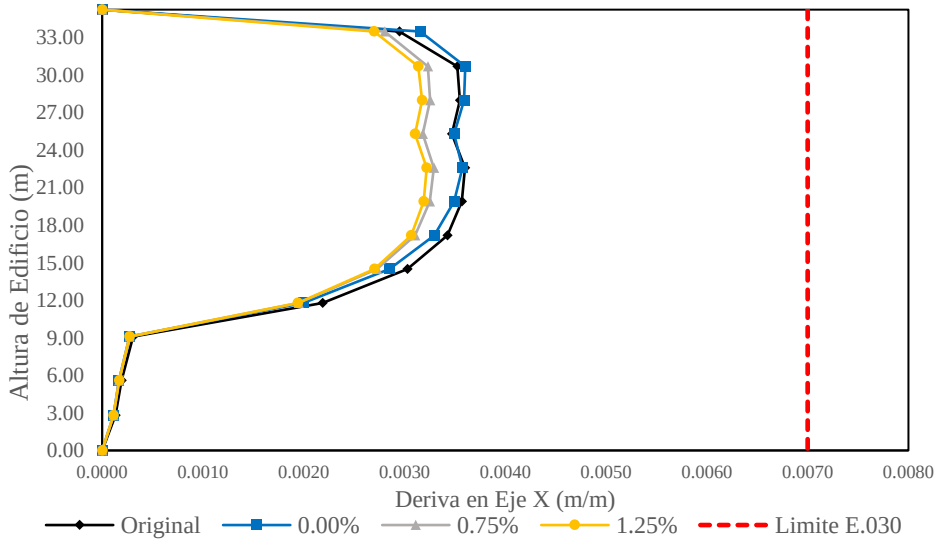


Figura 191

Distribución comparativa de derivas inelásticas en eje Y entre diseños y estructura original

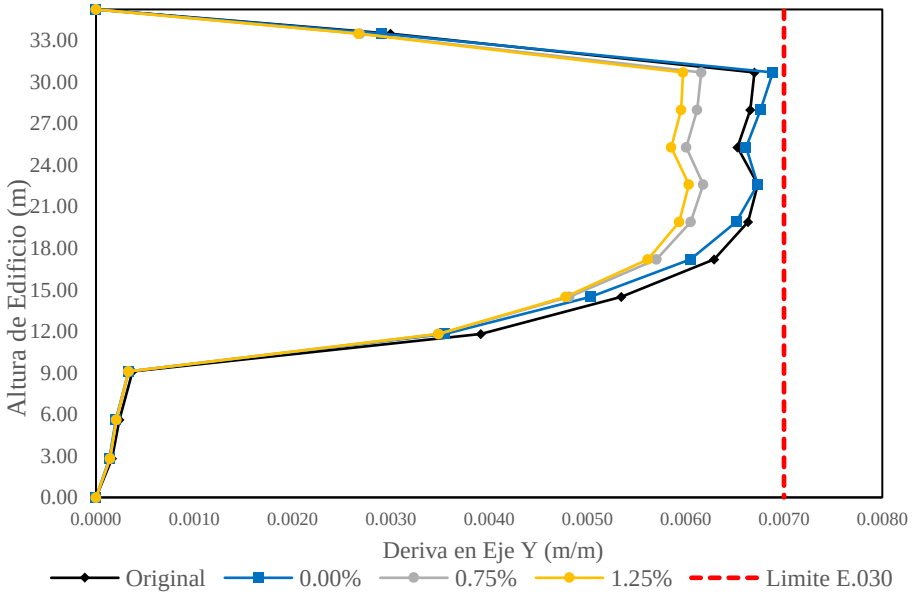


Tabla 156

Variaciones porcentuales promedio de mitigación de derivas inelásticas de diseños en eje X

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Azotea	0.0%	-7.0%	4.9%	8.5%
Piso 8	0.0%	-2.3%	8.3%	10.9%
Piso 7	0.0%	-1.1%	8.4%	10.6%
Piso 6	0.0%	-0.6%	8.3%	10.5%
Piso 5	0.0%	0.7%	8.6%	10.5%
Piso 4	0.0%	2.2%	8.9%	10.6%
Piso 3	0.0%	3.8%	9.3%	10.5%
Piso 2	0.0%	5.9%	10.0%	10.8%
Piso 1	0.0%	8.6%	10.9%	11.1%
Sótano 1	0.0%	11.6%	11.6%	10.8%
Sótano 2	0.0%	12.6%	13.3%	11.9%
Sótano 3	0.0%	14.2%	13.1%	13.1%

Tabla 157

Variaciones porcentuales promedio de mitigación de derivas inelásticas de diseños en eje Y

Nivel	Original	0.00%	0.75%	1.25%
Techo ASC	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Azotea	0.0%	2.8%	10.3%	10.9%
Piso 8	0.0%	-2.8%	8.0%	10.8%
Piso 7	0.0%	-1.5%	8.1%	10.6%
Piso 6	0.0%	-1.4%	8.0%	10.3%
Piso 5	0.0%	0.0%	8.2%	10.4%
Piso 4	0.0%	1.8%	8.8%	10.5%
Piso 3	0.0%	3.8%	9.3%	10.7%
Piso 2	0.0%	5.9%	9.8%	10.6%
Piso 1	0.0%	9.3%	11.0%	11.0%
Sótano 1	0.0%	11.1%	11.4%	11.1%
Sótano 2	0.0%	14.7%	13.4%	11.4%
Sótano 3	0.0%	16.1%	13.2%	12.3%

En base a los resultados se puede afirmar que, en promedio, los valores de derivas inelásticas entre el diseño original y el que utiliza CLE con 0.00% de FA en las losas y vigas poseen el mismo valor de deriva tendiendo a disminuir en un 3.7% para el eje X de más rigidez y un

4.6% en el eje Y más vulnerable al desplazamiento. El valor a partir del diseño de CLE con 0.75% presenta una diminución promedio más positiva, reduciendo en un 10% estimado para ambos ejes de análisis, siempre existiendo más influencia positiva para el eje de menor rigidez lateral.

Sin embargo, es importante verificar los valores individuales que muestran, en la azotea en eje X y piso 8 en eje Y, derivas inelásticas mayores al diseño original. En el eje Y, por ejemplo, la deriva máxima pasa de un valor de 0.0067 a uno rozando el límite 0.007, por lo cual el resultado final indica que este valor sísmico aumenta para el diseño de CLE con 0.00% de FA, mientras que el diseño de 0.75% de FA presento una deriva máxima de 0.0062, y el diseño de 1.25% de FA presentó una deriva inelástica máxima de 0.0060.

Al final, el valor importante para determinar la viabilidad sísmica de la estructura es la deriva inelástica máxima, por lo cual la **tabla 158** muestra una comparación de estos valores por diseño analizado.

Tabla 158

Variaciones porcentuales de mitigación de derivas inelásticas máximas en diseños

Eje	Original	0.00%	0.75%	1.25%
X	0.0036	0.0036	0.0033	0.0032
	-	0%	9%	11%
Y	0.0067	0.0069	0.0062	0.0060
	-	-2%	8%	10%

Se puede afirmar, además, que la elasticidad de los elementos horizontales influye directamente en la rigidez lateral de los pórticos como lo indica la formula general para el cálculo de está considerando la flexibilidad de la viga:

$$K_L = 12\frac{E_C I_C}{h^3}\left(\frac{1+6\gamma}{2+3\gamma}\right)$$

Donde:

$$\gamma = \frac{E_v I_v / L}{E_c I_C / h}$$

Corroborando de manera practica los datos numéricos, considerando las inercias y las distancias como valores constantes “1”) se tendrían los siguientes casos para todos los diseños.

Diseño de Concreto Convencional:

$$\gamma = 0.866$$

$$K_L = 12\frac{E_C I_C}{h^3}(1.348)$$

Diseño de CLE con 0.00% de FA:

$$\gamma = 0.396$$

$$K_L = 12\frac{E_C I_C}{h^3}(1.059)$$

Diseño de CLE con 0.75% de FA:

$$\gamma = 0.686$$

$$K_L = 12\frac{E_C I_C}{h^3}(1.266)$$

Diseño de CLE con 1.25% de FA:

$$\gamma = 0.844$$

$$K_L = 12\frac{E_C I_C}{h^3}(1.338)$$

Se puede verificar como mientras menor sea la rigidez de la viga con respecto a los elementos verticales en los que se apoya, menor será la rigidez lateral de ese pórtico y, por ende, de la rigidez lateral de todo el eje. De esta manera se puede explicar porque las derivas varían entre diseños de concreto.

Por otro lado, la **figura 192 y figura 193** muestran la distribución de las fuerzas cortantes de cada nivel comparadas entre los diseños propuestos y también el original, mientras que la **tabla 159** muestra la variación de estos resultados de manera porcentual.

Figura 192

Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje X entre diseños y estructura original

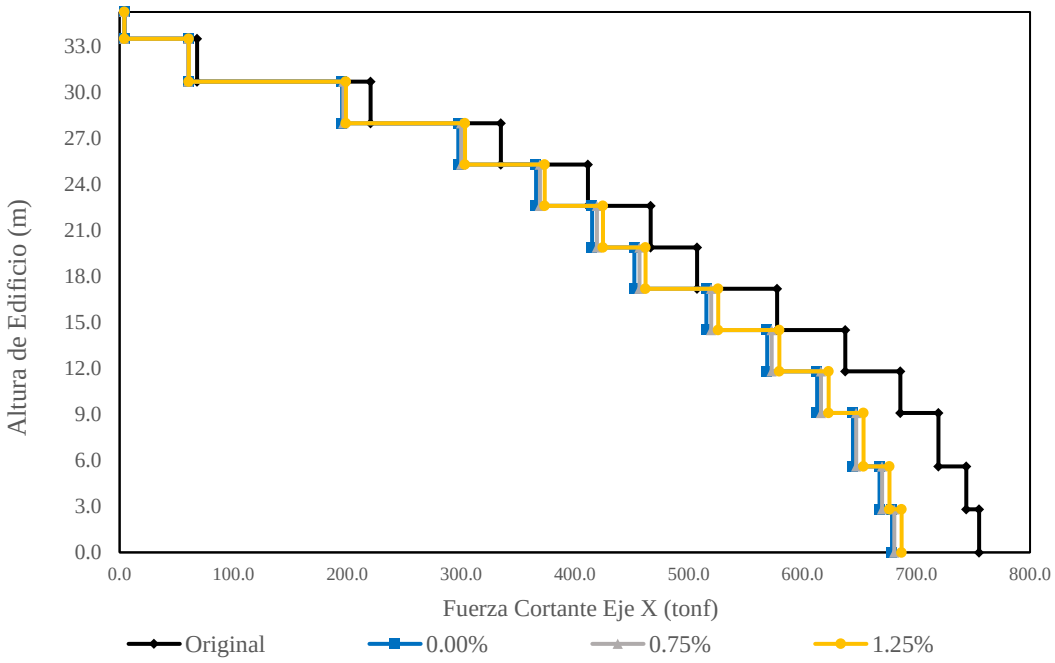


Figura 193

Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje Y entre diseños y estructura original

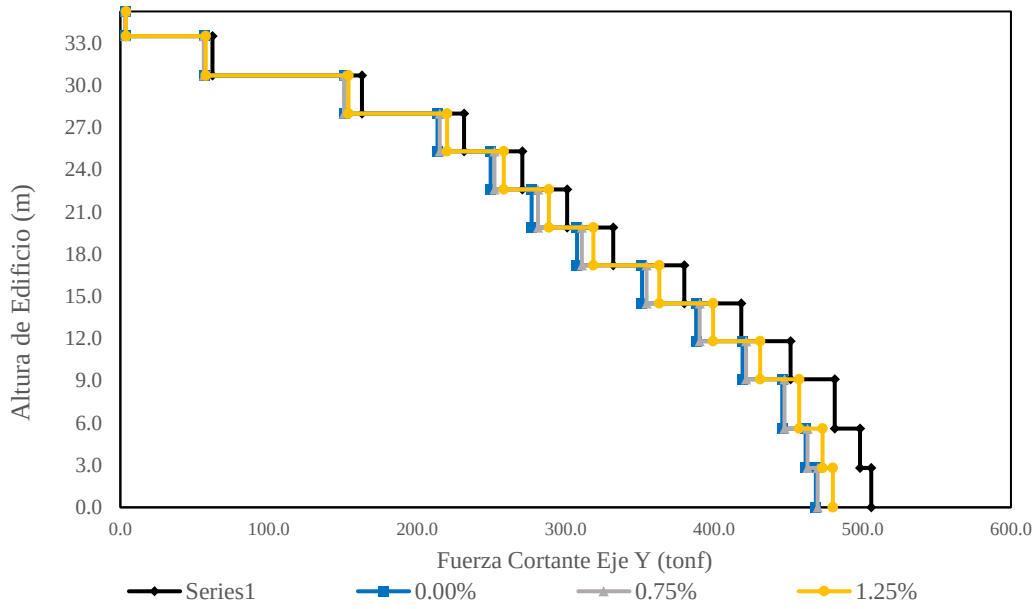


Tabla 159

Variaciones porcentuales de mitigación promedio de fuerzas cortantes basales para diseños

Eje	Original	0.00%	0.75%	1.25%
X	755.27	678.73	680.72	687.15
	-	10%	10%	9%
Y	505.89	468.57	469.76	480.04
	-	7%	7%	5%

En este caso, se puede apreciar una disminución inicial clara entre el diseño original y el diseño de CLE con 0.00% de FA, lógicamente debido a la disminución en el peso sísmico de la estructura, proporcional a los valores porcentuales de la última tabla presentada.

Se puede decir pues, que el peso total de la estructura, al igual que las fuerzas cortantes, disminuyen para el diseño de 0.00% de FA y aumentan progresivamente con el peso propio del concreto que se ve incrementado por la adición de la fibra de acero.

Esta diminución de peso, en un 10% para el CLE con 0.00% de FA, compensa levemente la disminución de la rigidez lateral en ambos ejes ya que la deriva inelástica máxima aumenta en un 2% aproximadamente, traduciéndose a la posibilidad de superar el límite permitido por norma, pero aun dentro de lo permisible para el caso de estudio. Por otro lado, el diseño de 0.75% de FA muestra una disminución en el peso similar de 10% y con valores de deriva inelástica máxima más favorables, promediando una disminución del 8%. Finalmente, el diseño de CLE con 1.25% de FA disminuye el peso total de la estructura en un 9% a la vez que mitiga la deriva inelástica máxima en un 10% aproximadamente.

Se añade, además, los resultados de irregularidad que, si bien todos los diseños presentaron, el uso de CLE con 0.75% y 1.25% de FA presentó una mejoría en los niveles 6 al 8 y 6 a la azotea respectivamente. Con todo esto, se puede concluir que:

Diseño de CLE con 0.00% de FA:

- Disminuye peso sísmico y fuerzas cortante de estructura en un 10%
- Aumenta deriva inelástica máxima en un 2%
- No mitiga irregularidad torsional respecto al diseño original

Diseño de CLE con 0.75% de FA:

- Disminuye peso sísmico y fuerzas cortantes de estructura en un 10%
- Disminuye deriva inelástica máxima en un 8%
- Mitiga irregularidad torsional en 3 de 8 niveles superiores respecto a diseño original

Diseño de CLE con 1.25% de FA:

- Disminuye peso sísmico de y fuerzas cortantes estructura en un 9%
- Disminuye deriva inelástica máxima en un 10%
- Mitiga irregularidad torsional en 4 de 8 niveles superiores respecto a diseño original

7.3 Análisis comparativo en diseño de vigas

En base a los resultados obtenidos en el punto 6.4.1. se consideró tomar como ejemplo 5 vigas con alta carga aplicada para un análisis detallado del comportamiento de estas diseñadas con todos los tipos de concreto.

- VCH 25x25 (1-Sot)
- VP 25x55 (2-Sot)
- VP 40x55 (1-Sot)
- VCH 25x25 (1)
- VP 25x55 (5)

De este modo, la **tabla 160** muestra los valores de momentos últimos a los que están siendo sometidos las vigas para su diseño a flexión, fisuramiento y servicio. En base a ello, la tabla 140 muestra la distribución final del refuerzo longitudinal que requiere cada viga para cada diseño comparado con el diseño de concreto convencional. Para el análisis de fisuramiento o deflexión se debe conocer previamente el área de acero positiva y negativa en el centro de la viga. En este caso se tomó el tramo más largo en caso de tratarse de una viga continua, sometiéndola a las cargas gravitacionales por servicio (CM + CV), evaluándolo posteriormente para verificar si las deflexiones instantáneas y a largo plazo se encontraban dentro de lo permitido por la norma E.060 según el acero positivo y negativo colocado. La **tabla 161** muestra los resultados de este análisis de fisuramiento y deflexión. En la **tabla 162** se presenta un análisis más detallado de la deflexión en los tramos centrales de las vigas ejemplo, donde se aprecia el uso más alto de refuerzos de acero mientras menos fibra de acero posea el concreto.

Finalmente, la **tabla 163 y tabla 164** muestra los valores de fuerza cortantes ultimas y la distribución de estribos necesaria respectivamente.

Tabla 160

Momentos flectores últimos ejercidos en vigas ejemplo en todos los diseños.

Viga	Tramo	Ub	Mu (tonf.m)											
			Concreto Convencional			CLE con 0.00% FA			CLE con 0.75% FA			CLE con 1.25% FA		
			Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.	Ext. Izq.	Centro	Ext. Der.
VCH 25x25 (1-Sot)	1	-	-	-	2.70	-	-	2.60	-	-	2.60	-	-	2.60
		+	-	2.20	-	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.15	-
	2	-	2.70	-	2.20	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10	2.60	-	2.10
		+	-	1.20	-	-	1.10	-	-	1.10	-	-	1.20	-
	3	-	2.20	-	-	2.10	-	-	2.10	-	-	2.10	-	-
		+	-	1.70	-	-	1.60	-	-	1.60	-	-	1.60	-
VP 25x55 (2-Sot)	1	-	25.41	8.35	12.69	30.56	7.64	11.67	29.75	7.44	11.97	29.62	7.41	12.13
		+	16.70	15.99	8.35	15.27	13.50	7.64	14.87	13.86	7.44	14.81	14.14	7.41
VP 40x55 (1-Sot)	1	-	25.71	7.86	32.80	26.39	7.36	29.42	24.23	7.20	28.79	23.62	7.19	28.77
		+	12.86	23.95	16.40	13.20	19.33	14.71	12.11	20.90	14.39	11.81	21.74	14.39
	2	-	21.11	5.77	8.55	15.62	3.91	7.24	18.08	4.52	7.74	19.05	4.76	8.08
		+	10.55	5.77	5.77	7.81	4.53	3.99	9.04	5.10	4.99	9.52	5.37	5.36
VCH 25x25 (1)	1	-	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10
		+	-	2.80	-	-	2.70	-	-	2.70	-	-	2.70	-
	2	-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-	3.10	-	-
		+	-	0.60	-	-	0.60	-	-	0.60	-	-	0.60	-
VP 25x55 (5)	1	-	38.38	9.60	27.85	21.88	6.89	27.58	24.35	8.13	32.50	25.54	8.70	34.80
		+	12.95	12.37	18.19	10.94	10.92	13.79	12.18	11.98	16.25	12.77	12.99	17.40

Tabla 161

Distribución de refuerzos de acero longitudinal para vigas ejemplo en todos los diseños

Viga	Tramo	Refuerzo	Concreto Convencional						CLE con 0.00% FA						CLE con 0.75% FA						CLE con 1.25% FA					
			Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.		Ext. Izq.		Centro		Ext. Der.	
			ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²	ø	cm²
VCH 25x25 (1-Sot)	1	-	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-5/8"	6.49	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-3/8"	3.96	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53
	2	-	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
	3	-	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 1/2"	3.80	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 3/8"	3.25	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
VP 25x55 (2-Sot)	1	-	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3-1"	20.90	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 3/4"	23.12	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-5/8"	14.09	2-1" -	10.13
VP 40x55 (1-Sot)	1	-	3-3/4" -	8.55	3-3/4" -	8.55	3-3/4" 4-1"	28.82	3-3/4" 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68
		+	3/4" 2-1"	12.98	3/4" 4-1"	23.12	3/4" 2-1"	12.98	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 3-1" + 2-3/4"	26.60	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1" + 2-5/8"	22.64	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" 3/4"	8.55
	2	-	3-3/4" 4-1"	28.82	3-3/4" -	8.55	3-3/4" -	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" + 3/4"	8.55	2-3/4" + 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4" + 2-1"	18.68	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
		+	3/4" 2-3/4"	8.55	3/4" 2-3/4"	8.55	3/4" 2-3/4"	8.55	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" + 1"	10.77	2-3/4" + 1"	10.77	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" -	5.70	2-3/4" -	5.70
VCH 25x25 (1)	1	-	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 2-5/8"	7.92	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96
	2	-	2-5/8" 5/8"	5.94	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-1/2" 2-1/2"	5.07	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53	2-1/2" 5/8"	4.51	2-1/2" -	2.53	2-1/2" -	2.53
		+	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96	2-5/8" -	3.96
VP 25x55 (5)	1	-	2-1" 4-1"	30.40	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 3-3/4"	18.68	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 1/2"	21.54	2-1" 2-3/4"	15.83	2-1" -	10.13	2-1" 2-1" + 1/2"	21.54
		+	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-1" -	10.13	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 3/4" + 2-3/4"	14.25	2-3/4" 3/4"	8.55	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77	2-3/4" 1"	10.77

Tabla 162

Análisis de fisuramiento y deflexión en el tramo central positivo y negativo de vigas

Viga	Tramo	Refuerzo	Concreto Convencional		CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA		δ_{max}
			cm^2	δ	cm^2	δ	cm^2	δ	cm^2	δ	
VCH 25x25 (1-Sot)	1	-	2.53	1.24	2.53	1.17	2.53	1.24	2.53	1.20	1.24
		+	3.80		6.49		3.96		3.80		
VP 25x55 (2-Sot)	1	-	5.70	2.52	5.70	2.39	5.70	2.38	5.70	2.49	2.52
		+	15.83		23.12		15.83		14.09		
VP 40x55 (1-Sot)	1	-	8.55	3.12	8.55	3.17	8.55	3.13	8.55	3.23	3.25
		+	23.12		26.60		22.64		18.68		
VCH 25x25 (1)	1	-	3.96	1.09	2.53	1.06	2.53	1.10	2.53	1.05	1.11
		+	3.96		7.92		5.94		5.94		
VP 25x55 (5)	1	-	10.13	2.18	10.13	2.50	10.13	2.50	10.13	2.48	2.52
		+	10.13		14.25		10.77		10.77		

Tabla 163

Fuerzas cortantes últimas ejercidas en vigas ejemplo en todos los diseños.

Viga	Tramo	Vu (tonf)							
		Concreto Convencional		CLE con 0.00% FA		CLE con 0.75% FA		CLE con 1.25% FA	
		Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.	Ext. Izq.	Ext. Der.
VCH 25x25 (1-Sot)	1	1.70	2.50	1.70	2.50	1.70	2.50	1.70	2.50
	2	2.50	2.10	2.50	2.00	2.50	2.10	2.50	2.10
	3	2.10	1.40	2.00	1.50	2.10	1.40	2.10	1.40
VP 25x55 (2-Sot)	1	39.59	25.35	32.54	21.25	32.67	21.73	32.80	21.92
VP 40x55 (1-Sot)	1	30.11	32.12	27.86	29.11	27.49	29.14	27.59	29.39
	2	20.97	14.00	17.98	13.11	19.19	13.26	19.73	13.44
VCH 25x25 (1)	1	2.50	3.60	2.50	3.60	2.50	3.60	2.50	3.60
	2	3.60	1.30	3.60	1.30	3.60	1.30	3.60	1.30
VP 25x55 (5)	1	31.66	35.29	27.05	28.89	28.15	30.92	28.82	32.04

Tabla 164

Distribución de refuerzos de acero transversal para vigas ejemplo en todos los diseños

Viga	Tramo	Refuerzo Transversal			
		Concreto Convencional	**CLE con 0.00% FA**	**CLE con 0.75% FA**	**CLE con 1.25% FA**
VCH 25x25 (1-Sot)	1	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
	3	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 3@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (2-Sot)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 22@.05, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VP 40x55 (1-Sot)	1	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
	2	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	2-3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 7@.15, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25
VCH 25x25 (1)	1	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25
	2	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 5@.10, Rto.@.25
VP 25x55 (5)	1	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.20	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25	3/8": 1@.05, 11@.10, Rto.@.25

El análisis se divide en tres secciones que evalúan el diseño por flexión, fisuramiento y corte.

- Diseño por flexión:

Se puede apreciar una constante en los resultados de la viga VCH 25x25 (1-Sot), VCH 25x25 (1) y, en general, todas las vigas chatas a lo largo de la estructura. Los momentos de flectores últimos tienden a disminuir muy levemente entre diseños de CLE, viéndose que la diferencia más amplia se ve entre la comparación de los diseños ligeros con el diseño original principalmente asociado a la disminución en el peso del concreto. Aun así, como se aprecia en las tablas de refuerzo de acero longitudinal (Figura 140), el refuerzo longitudinal negativo en los bordes de las vigas se mantiene constante en la mayoría de los casos comparando entre

el diseño original y el diseño con CLE con 0.00% de FA. Esto último se asocia a que, a pesar de la disminución del peso y los momentos aplicados, la resistencia a compresión de las vigas sigue siendo 210 kg/cm^2 en ambos casos, caso contrario a los diseños con 0.75% y 1.25% de FA que poseen una resistencia a compresión de 280 kg/cm^2 y requieren menos esfuerzo por flexión en esas zonas.

De igual manera, para el caso de las vigas peraltadas VP 25x55 (2-Sot), VP 40x55 (1-Sot), VP 25x55 (5) y todas las demás vigas peraltadas en el proyecto presentan el mismo patrón que las vigas chatas, pero con magnitudes de influencia más amplificados. Es decir, la diferencia entre refuerzo a flexión del concreto convencional y CLE con 0.00% de FA tiende a ser que este último requiere mucho menos debido a los momentos flectores disminuidos. Para estas vigas, sin embargo, se considera las 9 combinaciones de carga, incluyendo sismo dinámico en ambas direcciones. Esto nos da valores de refuerzo a flexión que tiendes a aumentar mientras más peso tenga la estructura y el elemento viga. Vale recalcar que esto no se cumple para todas las vigas, sino que cada una tiene su propio comportamiento según la ubicación de estas.

Se puede decir que cada viga tiene su comportamiento propio y la disminución de la cuantía requerida en los bordes tiende a disminuir en porcentajes distintos para cada uno, en algunos casos incluso se debe de aumentar como se aprecia en la viga VP 25x55 (2-Sot).

- Diseño por deflexión:

Por el lado de la deflexión o fisuramiento, se evidencia como en todos los casos se requiere una mayor cantidad de acero en las zonas centrales de las vigas debido a la disminución del módulo de elasticidad y también la aplicación del factor de reducción lamba (λ=0.85) para el módulo de corte redujo considerablemente la inercia efectiva de la sección del concreto. A pesar de la reducción del peso propio y el peso gravitacional ejercido en la viga. De manera numérica y porcentual, la **tabla 165** muestra la diferencia entre el área de acero colocado, tanto en zona positiva como negativa, del centro de las vigas, así como los valores porcentuales que estos representan respecto al diseño con concreto convencional.

Tabla 165

Valores comparativos de área de acero colocado en centro de vigas ejemplo para control de fisuras

Viga	CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA	
	+ cm^2	+ %	+ cm^2	+ %	+ cm^2	+ %
VCH 25x25 (1-Sot)	2.69	42%	0.16	3%	-	0%
VP 25x55 (2-Sot)	7.28	34%	-	0%	-1.74	-8%
VP 40x55 (1-Sot)	3.48	11%	-0.48	-2%	-4.43	-14%
VCH 25x25 (1)	2.53	32%	0.56	7%	0.56	7%
VP 25x55 (5)	4.12	20%	0.63	3%	0.63	3%

Se puede apreciar que las vigas chatas y peraltadas requieren de un aumento superior al 10%, promedio 27.92%, de área de acero para control la deflexión en caso se use CLE con 0.00% de FA respecto al diseño con concreto convencional. Por otro lado, a partir del diseño con CLE con 0.75% de FA podemos apreciar que se coloca menos área de acero, sin embargo, el valor promedio sigue teniendo tendencia positiva, promedio de aumento en un 2.23%. Finalmente, las vigas de CLE con 1.25% de FA mostraron una mejora en su desempeño ante fisuración, requiriendo un promedio de 2.39% menos acero respecto al diseño con concreto convencional.

- Diseño por corte:

En el diseño por corte se apreció una influencia muy alta de la reducción de 85% del módulo de rotura, afectando directamente a la resistencia a compresión del concreto y, por ende, disminuyendo el espaciamiento de estribos necesarios en la zona de confinamiento. En este caso, solo se apreció esto para las vigas peraltadas ya que las vigas chatas trabajaron en su totalidad con el estribaje mínimo debido a las cortas cargas cortantes. La **tabla 166** muestra los valores de resistencia cortante de la viga en las secciones de borde para cada diseño realizado, así como también los valores porcentuales comparativos de estos referentes al diseño con concreto convencional. De igual manera, la **tabla 167** muestra los valores de espaciamiento mínimo de estribos en zona de confinamiento requerido para cada viga.

Tabla 166

Valores comparativos de resistencia cortante de concreto para vigas ejemplo

Viga	Concreto Convencional		CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA	
	V_c (tonf)	+ %	V_c (tonf)	+ %	V_c (tonf)	+ %	V_c (tonf)	+ %
VCH 25x25 (1-Sot)	4.27	0%	3.63	-15%	4.19	-2%	4.19	-2%
VP 25x55 (2-Sot)	9.41	0%	7.51	-20%	9.69	3%	9.69	3%
VP 40x55 (1-Sot)	15.05	0%	12.01	-20%	14.78	-2%	14.78	-2%
VCH 25x25 (1)	3.90	0%	3.31	-15%	3.83	-2%	3.83	-2%
VP 25x55 (5)	8.83	0%	7.51	-15%	9.23	5%	9.23	5%

Tabla 167

Valores comparativos de espaciamiento mínimo para estribos de vigas ejemplo

Viga	Concreto Convencional		CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA	
	S_o (cm)	+ %	S_o (cm)	+ %	S_o (cm)	+ %	S_o (cm)	+ %
VP 25x55 (2-Sot)	10.17	0%	9.54	-6%	10.21	0%	10.16	0%
VP 40x55 (1-Sot)	23.94 11.97	0%	26.41 13.20	10%	15.05	26%	14.82	24%
VP 25x55 (5)	11.32	0%	11.09	-2%	10.82	-4%	10.32	-9%

Se puede apreciar que toda la resistencia a corte para las vigas de CLE con 0.00% de FA disminuye notablemente en un promedio de 17%, tanto para vigas peraltadas como chatas debido a la reducción por factor de concreto ligero. Estos resultados mejoran a medida que se aplica los porcentajes de fibra de acero en 0.75% y 1.25%, igualando en promedio al diseño de concreto convencional. Por otro lado, el espaciamiento mínimo de refuerzo

cortante se debe de evaluar independientemente por viga ya que este valor depende, tanto de la resistencia cortante como de las fuerzas ultimas. Se puede decir que este tiende ser proporcional al porcentaje de fibra de acero añadida, siendo el más desfavorable el de CLE con 0.00% de FA, pero a la vez mitigando sus falencias mecánicas con la reducción de las fuerzas cortantes ultimas debido al peso.

Con todo lo mencionado, de manera visual, se tiene el siguiente armado comparativo para las vigas ejemplo. Los gráficos se pueden visualizar en el **ANEXO 48**.

Con todo ello, la **tabla 168** muestra el resumen de metrados para las 5 vigas ejemplo. En ella se puede ver como existe un aumento en el metrado de acero para las vigas de CLE con 0.00% de FA debido al refuerzo por fisuramiento requerido. Sin embargo, como ya se mencionó previamente, la compensación por la disminución del peso propio reduce el refuerzo de acero en los extremos de la viga, principalmente los momentos negativos. Se aprecia, además, que el aumento de metraje se efectúa de manera más notable en los sótanos. Esto se puede justificar en conjunto al análisis sísmico, donde se apreció que los sótanos tienen valores de desplazamientos y deriva muy similares con el diseño original como lo apreciamos en la **figura 194**. Para corroborar lo último mencionado, la **figura 195** muestra la diferencia de metrados únicamente en los elementos de vigas ubicadas en sótanos, donde se aprecia que hay un aumento de 9.74% en la cuantificación final para el CLE con 0.00% de FA respecto al original.

Tabla 168

Tabla resumen de metrado de acero en vigas ejemplo

Viga	Metrado (kg)			
	Concreto Convencional	**CLE con 0.00% de FA**	**CLE con 0.75% de FA**	**CLE con 1.25% de FA**
VCH 25x25 (1-Sot)	134.65	145.65	132.62	117.1
VP 25x55 (2-Sot)	191.28	301.37	195.75	190.09
VP 40x55 (1-Sot)	455.59	534.39	330.3	328.03
VCH 25x25 (1)	112.06	92.23	79.47	79.47
VP 25x55 (5)	308.09	280.17	222.39	222.39

Figura 194

Distribución comparativa de fuerzas cortantes en eje Y entre diseños y estructura original

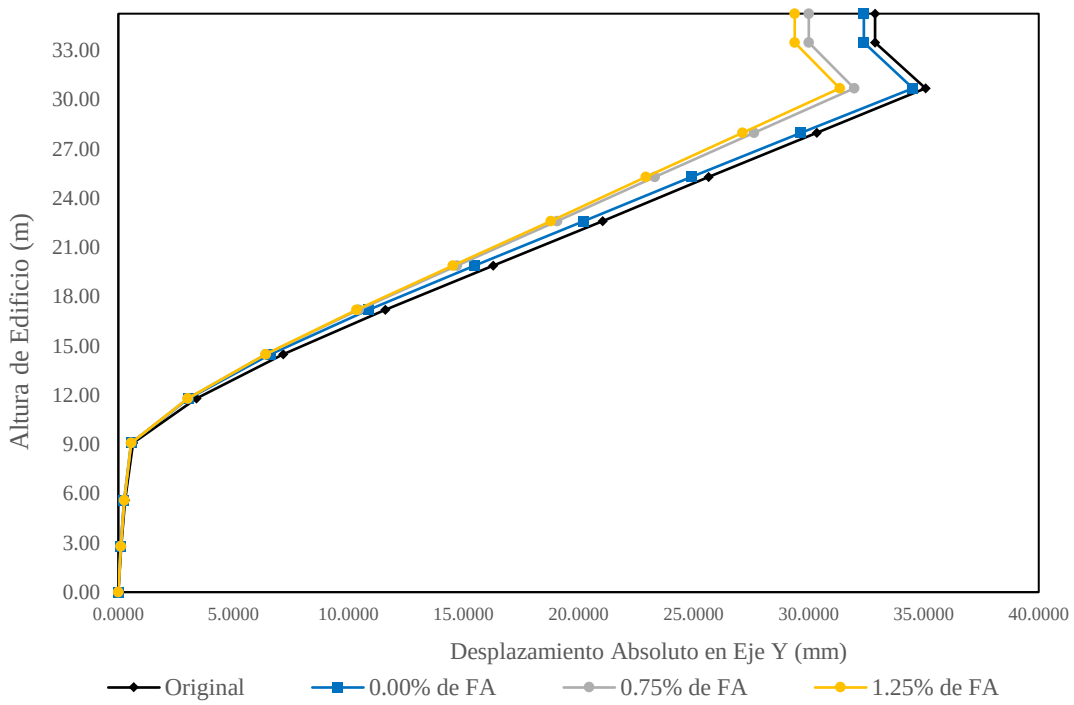
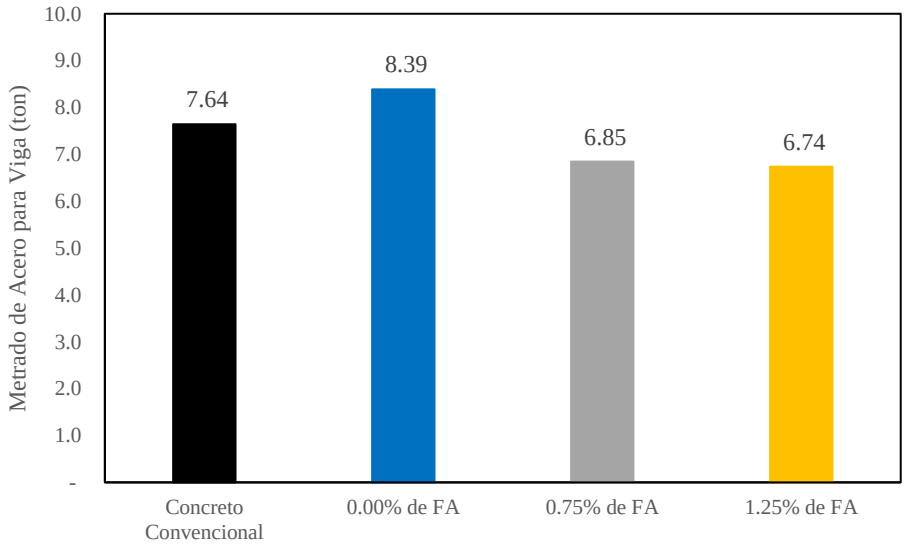


Figura 195

Gráfico de metrado de acero para vigas de sótanos para Concreto Convencional y diseño de CLE.



En el caso del diseño con 0.75% de FA y 1.25% de FA, estos disminuyen considerablemente el metrado de acero para todos los casos, consiguiendo los mejores resultados para el ultimo debido a las mejores propiedades mecánicas, pero viendo un aumento ligero de las fuerzas cortantes y momentos últimos en los extremos.

Es así como la **tabla 169** muestra los valores de metrados finales para cada tipo de viga.

En él se puede observar que las vigas de CLE con 0.00% de FA, a pesar de que muchas vigas ubicadas en el sótano y otras en el entrepiso requieren un aumento de acero en las vigas con respecto al diseño original, la suma final ofrece un resultado que reduce el metrado en 4.15%.

Las vigas de CLE con 0.75% se sobreponen al diseño patrón por un 12.81%, o 5,693.32kg (5.70ton), respecto a este último, y un total de 16.43% al diseño original, lo que se traduce a una disminución de 7,618.72 kg (7.62 ton de acero).

Finalmente, las vigas de CLE con 1.25% aumentan ligeramente el metrado respecto al diseño de 0.75% en 1,466.83 kg (1.47 ton de acero), y un total de 13.27% de disminución respecto al diseño original, lo que se traduce a una disminución de 6,151.89kg (6.15 ton de acero).

La **figura 196** muestra gráficamente la diferencia que existe entre metrados para las vigas diseñadas.

Figura 196

Gráfico de metrado de acero en vigas para Concreto Convencional y diseño de CLE.

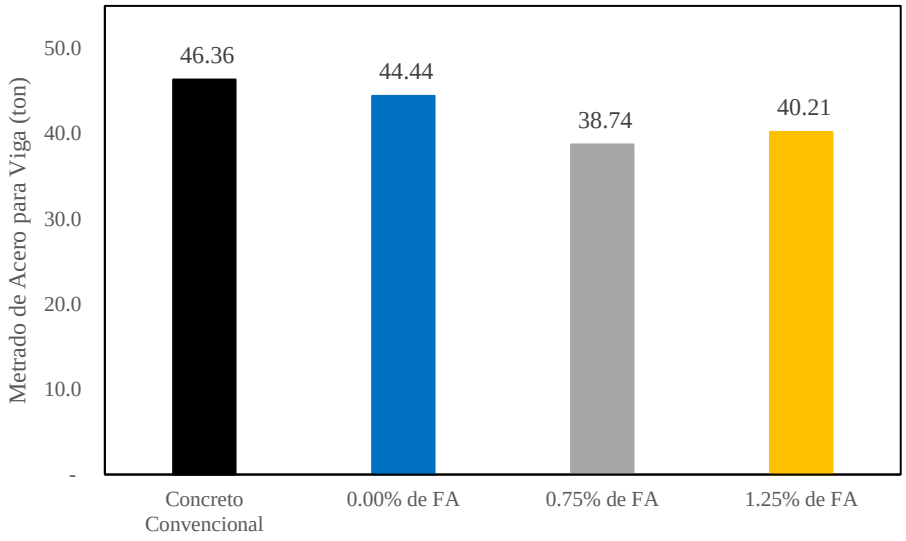


Tabla 169

Tabla resumen de metrado de acero por viga para Concreto Convencional y diseño de CLE.

Viga	Original	0.00%	0.75%	1.25%
VCH 25x20 (1-Sot)	130.69	144.33	127.27	127.27
VCH 25x25 (1-Sot)	134.65	145.65	132.62	117.10
VP 15x55 (1-Sot)	312.53	372.01	274.01	274.01
VP 25x55 (1-Sot)	1,025.83	1,080.31	1,021.01	1,021.01
VP 25x55 (2-Sot)	573.83	904.11	587.25	570.27
VP 25x55 (3-Sot)	573.83	643.50	564.01	484.32
VP 25x55 (4-Sot)	573.83	558.78	460.14	495.78
VP 25x55 (5-Sot)	718.25	977.07	823.54	771.75
VP 25x55 (6-Sot)	237.82	231.49	259.54	286.82
VP 25x55 (7-Sot)	124.77	124.89	124.89	124.89
VP 40x55 (1-Sot)	1,366.77	1,603.17	990.90	984.09
VP 40x55 (2-Sot)	1,869.62	1,601.59	1,480.35	1,480.35
VCH 25x25 (1)	917.10	737.84	635.76	635.76
VCH 25x25 (2)	1,077.17	1,165.20	936.80	936.80
VCH 25x25 (3)	722.04	632.88	577.38	577.38
VCH 25x25 (4)	722.04	632.88	577.38	577.38
VCH 25x25 (5)	279.39	279.17	279.17	279.17
VCH 25x25 (6)	1,009.45	1,104.15	964.37	975.94
VCH 40x25 (1)	2,468.04	2,822.23	2,603.24	2,860.58
VCH 40x25 (2)	674.33	734.00	641.12	600.08
VP 15x55 (1)	995.00	1,153.12	848.00	848.00
VP 20x55 (1)	257.92	173.44	227.76	227.76
VP 20x70 (1)	1,580.04	1,393.28	1,271.65	1,440.78
VP 25x55 (1)	3,146.49	2,994.39	2,737.40	2,851.49
VP 25x55 (2)	2,360.40	2,169.11	2,007.73	1,990.46
VP 25x55 (3)	2,309.10	1,694.89	1,675.06	1,806.72
VP 25x55 (4)	3,083.78	3,149.57	2,660.76	2,964.88
VP 25x55 (5)	2,464.73	2,256.60	1,794.36	1,794.36
VP 25x55 (6)	2,351.26	2,030.34	1,879.28	1,883.79
VP 25x55 (7)	3,211.15	2,691.00	2,749.02	2,791.90
VP 25x55 (8)	1,787.69	1,442.60	1,348.25	1,383.17
VP 40x55 (1)	5,605.94	5,301.41	4,133.51	4,675.00
VP 15x55 (1-Az)	167.69	190.83	146.33	146.33
VP 25x70 (1-Az)	279.63	267.33	224.80	224.95
VP 25x70 (2-Az)	226.92	166.86	152.51	152.51
VP 25x70 (3-Az)	180.58	128.22	115.76	115.76
VP 25x70 (4-Az)	384.95	342.45	334.30	334.30
VP 20x55 (1-Az)	32.24	21.68	23.97	23.97
VP 20x70 (1-Az)	197.50	174.16	158.96	180.10
VP 25x55 (1-Az)	97.17	84.77	84.77	84.77
VCH 25x25 (1-Az)	92.15	79.11	72.17	72.17
VCH 25x25 (2-Az)	36.38	34.90	34.90	34.90
Σ	46,360.70	44,435.30	38,741.97	40,208.81

7.4 Análisis comparativo en diseño de losas

En el caso de las **losas macizas**, estos resultados no tuvieron casi ninguna variación debido a que la gran mayoría fue elaborado con los valores de cuantía mínima al tratarse de losas en 2D y dos mallas de refuerzo.

Para el diseño por flexión, todos los momentos últimos se redujeron respecto al diseño original, pero este último ya trabajaba con los valores mínimos de diseño a excepción del siguiente punto:

- LM1 de CLE con 1.25% de FA – Refuerzo Negativo en Y

En este punto en particular, el diseño pasó de tener un momento flector ultimo de 2.51 ton.m a 2.73 ton.m, lo cual requirió un aumento en la distribución de refuerzos con respecto al diseño con 0.00% y 0.75% de FA. Esto llevó a un aumento en el metrado, pero siendo similar al metrado original.

Con respecto a la deflexión de las losas, ninguno excedió al valor máximo permitido para deformaciones instantáneas y a largo plazo. Sin embargo, como es evidente, existe un aumento considerable en la deflexión máxima de CLE con 0.00% de FA que se va mitigando progresivamente mientras más fibra de acero se añade al diseño. La **tabla 170** muestra los valores porcentuales del aumento de deflexión máximo de todos los diseños en comparación al concreto convencional.

Con todo ello, la **figura 197** representa en barras los valores de metrado final. Se aprecia como existe una disminución de 4.10% únicamente en los diseños con 0.00% y 0.75% de FA por la disminución en el peso propio, más no por la deflexión, mientras que el diseño con 1.25% de FA aumentó el metrado para ser similar al diseño original.

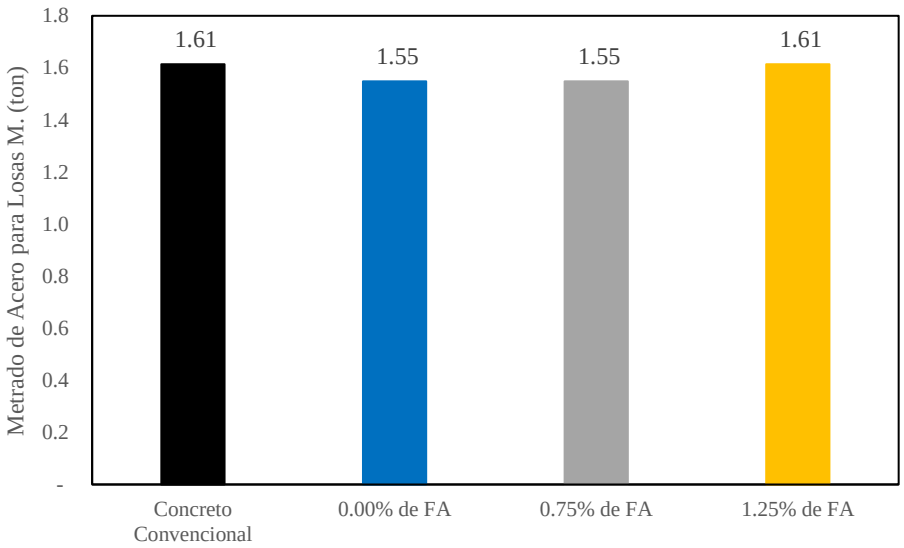
Tabla 170

Valores de deflexión máximas comparativas de losas macizas entre CLE con referencia al diseño original

Losa	Concreto Convencional		CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA	
	δ (cm)	+ %	δ (cm)	+ %	δ (cm)	+ %	δ (cm)	+ %
LM1	0.217	0.0%	0.494	128.2%	0.331	52.9%	0.304	40.4%
LM2	0.071	0.0%	0.119	66.7%	0.105	47.1%	0.100	40.1%
LM3	0.119	0.0%	0.168	41.3%	0.149	25.3%	0.128	7.7%

Figura 197

Gráfico de metrado de acero en losas macizas para Concreto Convencional y diseño de CLE.



El análisis de **losas aligeradas** nos brinda conclusiones similares a las vigas chatas que solo se diseñan con respecto a las cargas gravitacionales. La **tabla 171** recopila los resultados de deflexión máxima las viguetas de cada diseño de losa aligerada y el acero colocado para controlar estas. De igual manera, la **tabla 172** muestra la variación porcentual de los resultados mencionados para apreciar cuanto varia la deflexión con respecto al acero positivo colocado según el diseño de concreto.

En los cuadros podemos apreciar como el diseño de viguetas de CLE con 0.00% de FA siempre va a requerir una mayor o igual cantidad de acero positivo para el control de deflexiones debido a la reducción del módulo de rotura en un 85% y la reducción del módulo de elasticidad. En algunos casos, como el más crítico, el refuerzo pasó de un acero de 1/2” con un refuerzo 3/8” a un refuerzo de 5/8”, represtando un aumento de 63.90% del acero requerido. Se tiene los siguientes resultados promedio para los diseños propuestos:

- El diseño de CLE con 0.00% de FA requiere 28.3% más de área de acero positivo para controlar la deflexión, que aun así aumenta en promedio un 0.3% con respecto al diseño con concreto convencional.
- El diseño de CLE con 0.75% de FA requiere 4.0% más de área de acero positivo para controlar la deflexión, de modo que este disminuye en promedio un 1.6% con respecto al diseño con concreto convencional.

- El diseño de CLE con 0.75% de FA requiere la misma cantidad de área de acero positivo para controlar la deflexión, de modo que este disminuye en promedio un 2.9% con respecto al diseño con concreto convencional.

Finalmente, la **figura 198** muestra el valor de metrado final a colocar en las losas aligeradas.

En él se puede observar que las losas de CLE con 0.00% de FA, ofrece un resultado que aumenta el metrado en 8.12% (1,6 ton de acero adicional) respecto al diseño concreto convencional. Las losas aligeradas de CLE con 0.75% se sobreponen al diseño patrón por un 11.8%, o 2.536.87kg (2.5ton), y un total de 4.6% al diseño original, lo que se traduce a una disminución de 904.25 kg (0.9 ton de acero). Finalmente, las vigas de CLE con 1.25% disminuyen el metrado con respecto al de 0.75% en 1.50% o 289.98 kg (0.3 ton de acero), y un total de 6.0% de disminución respecto al diseño original, lo que se traduce a una disminución de 1,194.23kg (1.2 ton de acero).

Tabla 171

Valores de deflexión máximas y acero positivo colocado para viguetas de losas aligeradas de concreto convencional y CLE

Cod	Tramo	Concreto Convencional		CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA		δ_{max} (cm^2)
		As (cm^2)	δ (cm)	As (cm^2)	δ (cm)	As (cm^2)	δ (cm)	As (cm^2)	δ (cm)	
LA 1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	1.98	0.83	2.53	0.93	1.98	0.85	1.98	0.85	1.02
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5	4.12	1.21	4.83	1.14	4.12	1.16	4.12	1.12	1.23
LA 2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	1.98	1.28	3.25	1.19	2.53	1.08	1.98	1.29	1.29
	3	1.98	1.11	2.53	1.01	1.98	1.16	1.98	1.10	1.24
	4	1.27	1.15	1.98	0.69	1.27	1.19	1.27	1.17	1.21
	5	3.25	1.23	4.12	1.17	3.25	1.22	3.25	1.19	1.23
LA 3	1	2.53	1.14	3.25	1.08	3.25	0.92	2.53	0.92	1.13
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LA 4	1	1.27	0.18	1.27	0.41	1.27	0.24	1.27	0.20	0.43
LA 5	1	1.27	0.30	1.27	0.37	1.27	0.31	1.27	0.31	0.77
	2	2.53	1.10	3.25	1.04	2.53	1.10	2.53	1.06	1.27
	3	1.98	1.13	2.53	1.08	1.98	1.12	1.98	1.10	1.24
	4	1.98	0.97	1.98	1.13	1.98	0.98	1.98	0.94	1.21
	5	2.53	0.92	3.25	0.88	2.53	0.93	2.53	0.90	1.07
LA 6	1	1.27	0.34	1.27	0.48	1.27	0.34	1.27	0.32	0.74
LA 7	1	1.98	0.97	3.25	0.95	1.98	1.00	1.98	0.96	1.11
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

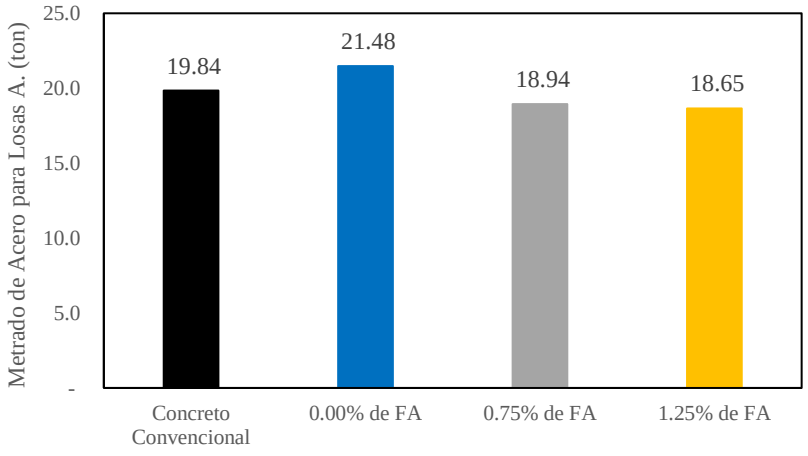
Tabla 172

Valores porcentuales de deflexión máximas y acero positivo colocado de losas aligeradas entre CLE con referencia al diseño original

Cod	Tramo	CLE con 0.00% de FA		CLE con 0.75% de FA		CLE con 1.25% de FA	
		+ cm^2	+ δ	+ cm^2	+ δ	+ cm^2	+ δ
LA 1	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	28.0%	12.0%	0.0%	2.4%	0.0%	2.4%
	4	-	-	-	-	-	-
	5	17.3%	-5.8%	0.0%	-4.1%	0.0%	-7.4%
LA 2	1						
	2	63.9%	-7.0%	28.0%	-15.6%	0.0%	0.8%
	3	28.0%	-9.0%	0.0%	4.5%	0.0%	-0.9%
	4	56.3%	-40.0%	0.0%	3.5%	0.0%	1.7%
	5	26.7%	-4.9%	-0.1%	-0.8%	-0.1%	-3.3%
LA 3	1	28.1%	-5.3%	28.1%	-19.3%	0.0%	-19.3%
	2	-	-	-	-	-	-
LA 4	1	0.0%	128.9%	0.0%	32.8%	0.0%	10.6%
LA 5	1	0.0%	23.3%	0.0%	3.3%	0.0%	3.3%
	2	28.1%	-5.5%	0.0%	0.0%	0.0%	-3.6%
	3	28.0%	-4.4%	0.0%	-0.9%	0.0%	-2.7%
	4	0.0%	16.5%	0.0%	1.0%	0.0%	-3.1%
	5	28.1%	-4.3%	0.0%	1.1%	0.0%	-2.2%
LA 6	1	0.0%	41.2%	0.0%	0.0%	0.0%	-5.9%
LA 7	1	63.9%	-2.1%	0.0%	3.1%	0.0%	-1.0%
	2	-	-	-	-	-	-

Figura 198

Gráfico de metrado de acero en losas aligeradas de concreto convencional y diseño de CLE.



7.5 Análisis comparativo de diseño de columnas y placas

El diseño de placas y columnas se realizó de manera regular, sin cambios en los materiales, sus propiedades o factores de reducción que puedan modificar el proceso como se apreció para los elementos horizontales. En base a ello se puede concluir que el único cambio referente entre cada diseño de placa y columna fueron los momentos y cargas axiales que variaron dependiendo del peso total de la estructura.

De manera más gráfica, la **figura 199** muestran la distribución de fuerzas de flexocompresión para la placa PL1 en el eje X y Y según el diseño realizado para zona de sótanos.

La **figura 200** muestran la distribución de fuerzas de flexocompresión para la placa PL4 en el eje X y Y según el diseño realizado para zona de sótanos.

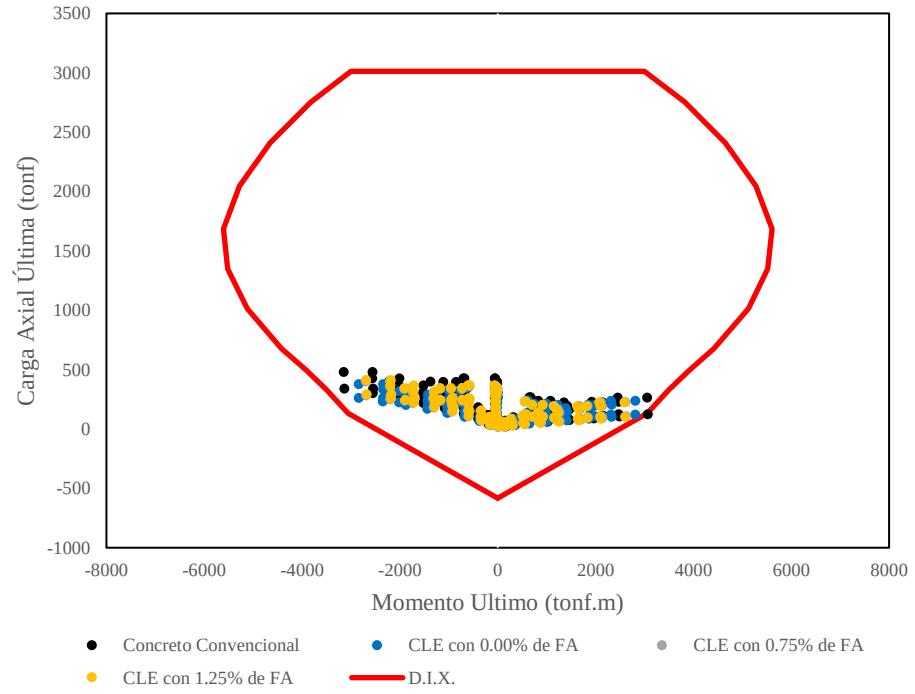
La **figura 201** muestran la distribución de fuerzas de flexocompresión para la placa C1 en el eje X y Y según el diseño realizado para zona de sótanos.

En todos los gráficos de muestra un patrón claro: las fuerzas aplicadas disminuyen mientras más ligero sea la estructura, lo que permite reducir la resistencia del diagrama de interacción y, por ende, la cuantía de acero requerida para soportar las cargas.

De modo general, se puede afirmar que la carga axial se reduce en promedio un 8.52% pasando de un diseño convencional a un diseño de CLE con 0.00% de FA, y un 22.1% los momentos, tanto en X como en Y. Estos resultados, como se aprecia en las figuras mencionadas, pueden regir el diseño de la columna o placa, modificándola y requiriendo un aumento de la cuantía de acero a como se encuentra en el diseño original.

Figura 199

Distribución de cargas de flexocompresión de PL1-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y.



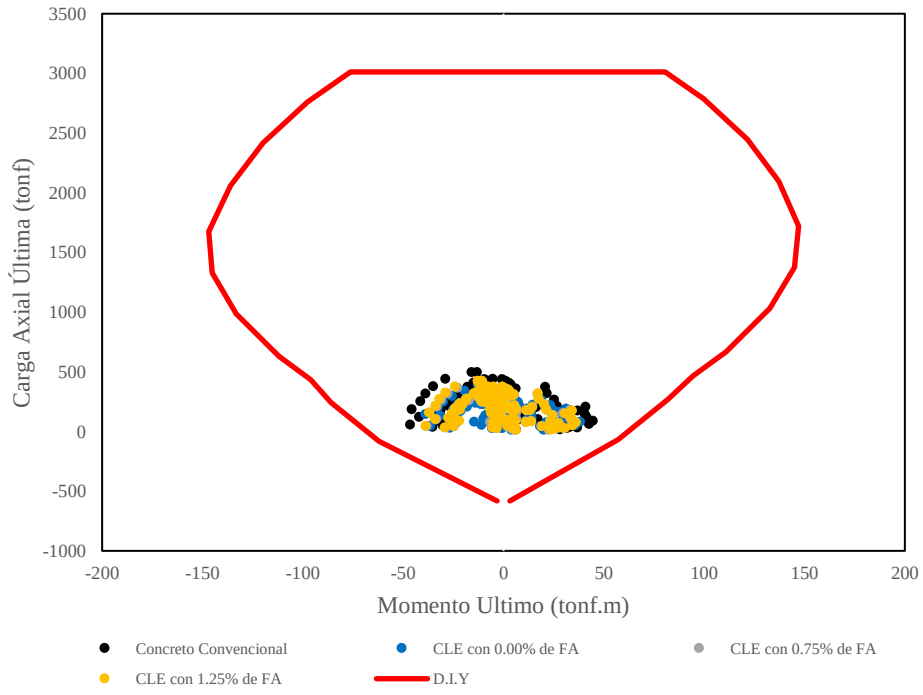
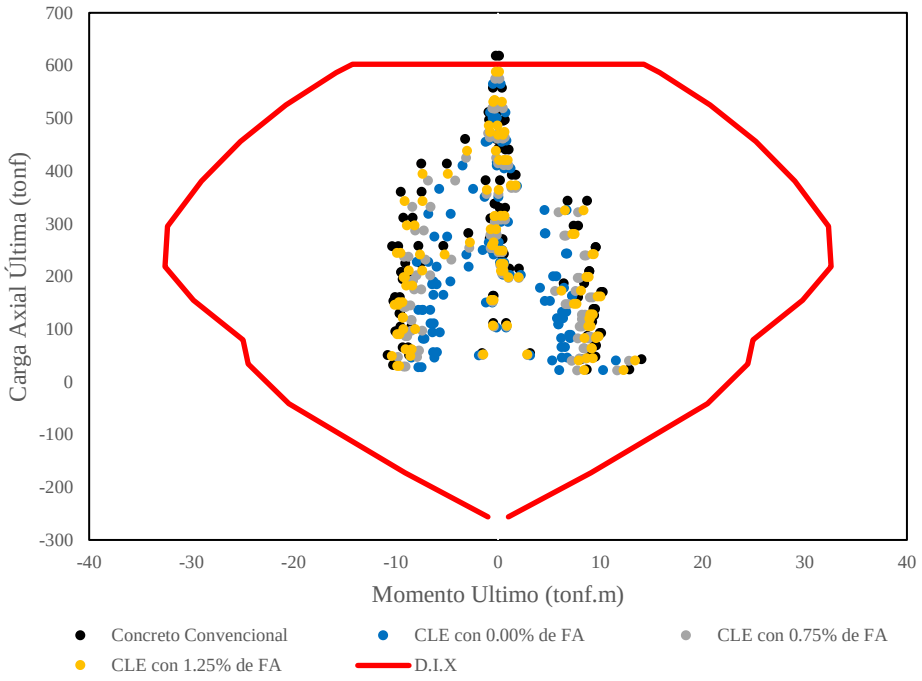


Figura 200

Distribución de cargas de flexocompresión de PL4-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y.



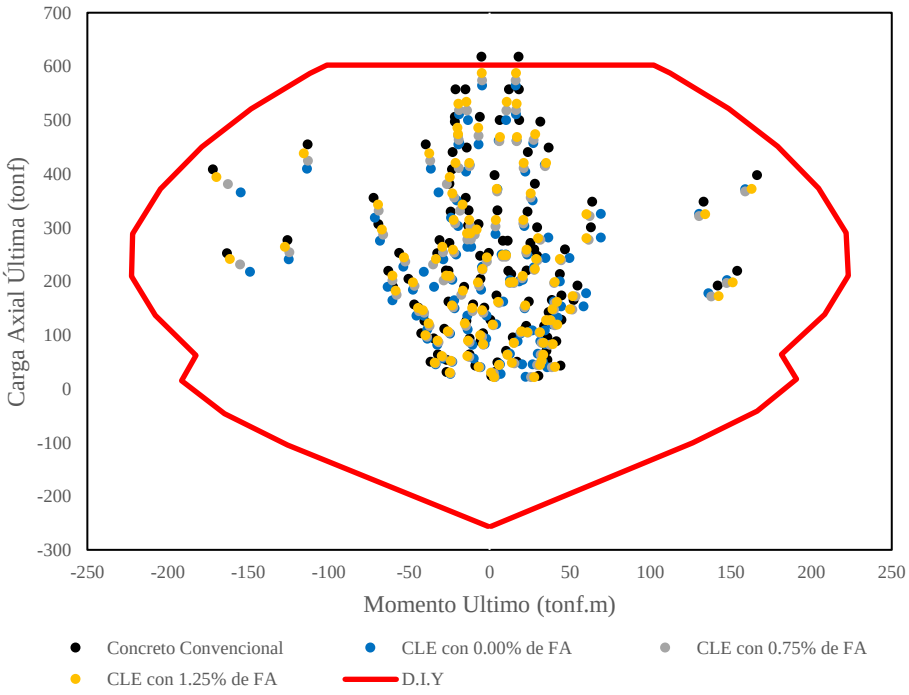
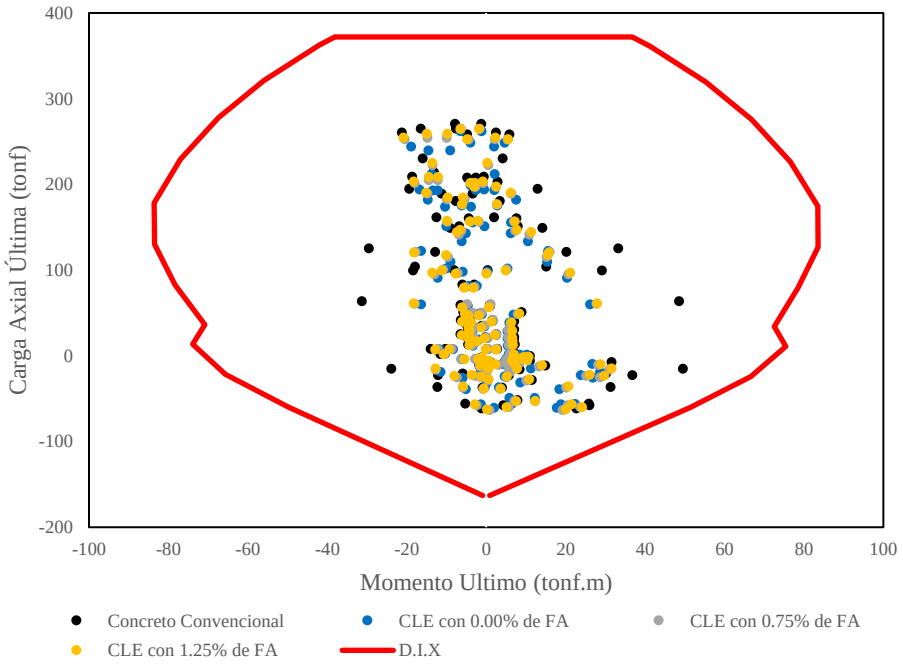
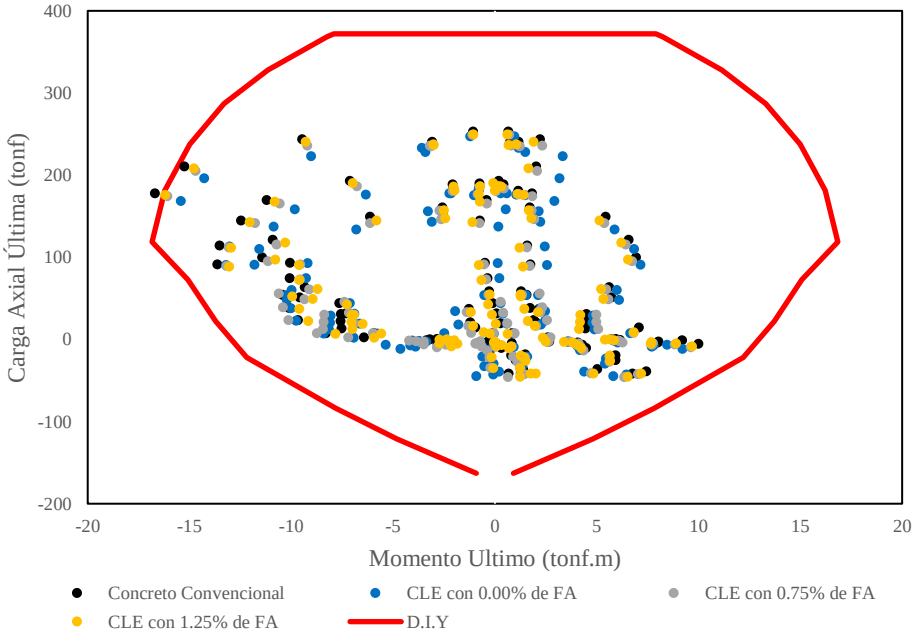


Figura 201

Distribución de cargas de flexocompresión amplificadas de C1-Sotanos con estructura de losas y vigas de concreto convencional y CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA en eje (a) X y (b) Y.



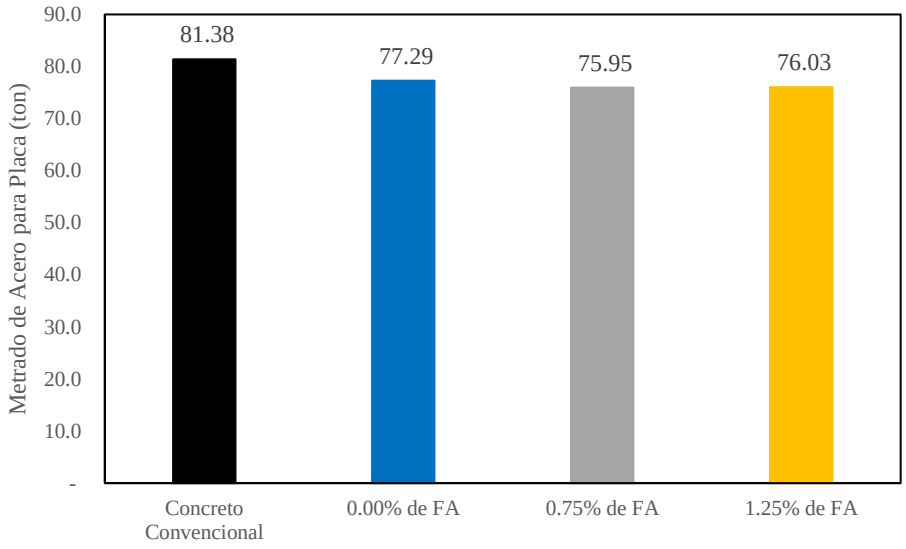


Finalmente tenemos el metrado de acero como se aprecia en la **figura 202 y figura 203** para placas y columnas respectivamente.

En él se puede observar que las placas en estructuras de CLE con 0.00% de FA, ofrece un resultado que disminuye el metrado en 5.04% (4,1 ton de acero) respecto al diseño concreto convencional. Las placas en estructuras de CLE con 0.75% se sobreponen al diseño patrón por un 1.72% (1.3 ton), y un total de 6.67% al diseño original (5.4 ton de acero). Finalmente, las placas en estructuras de CLE con 1.25% aumentan el metrado con respecto al de 0.75% en 0.11% (82 kg de acero), y disminuye en un total de 6.57% respecto al diseño original (5.3 ton de acero).

Figura 202

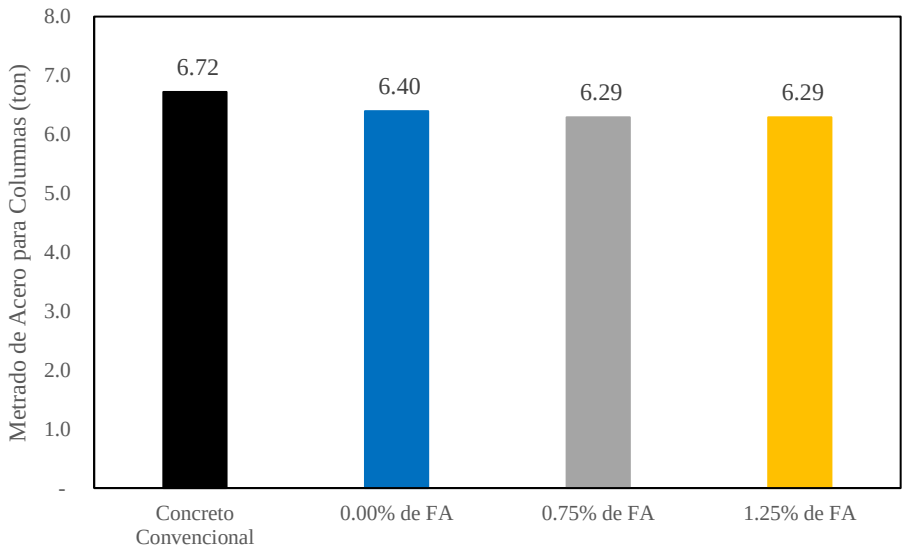
Gráfico de metrado de acero en placas y contramuros de concreto convencional y diseño de CLE.



En él se puede observar que las placas en estructuras de CLE con 0.00% de FA, ofrece un resultado que disminuye el metrado en 4.85% (325 kg de acero) respecto al diseño concreto convencional. Las placas en estructuras de CLE con 0.75% se sobreponen al diseño patrón por un 1.63% (104 kg de acero), y un total de 6.40% al diseño original (429 kg de acero). Finalmente, las placas en estructuras de CLE con 1.25% requieren de la misma cantidad de acero que el diseño con 0.75% de FA.

Figura 203

Gráfico de metrado de acero en columnas de concreto convencional y diseño de CLE.



7.6 Análisis comparativo de costos

Con todos los diseños finalizados y corroborados, se tiene la **tabla 173** con los valores de metrados de acero final, de igual manera la **tabla 174** recopila el metrado final de concreto.

Teniendo en cuenta que la estructura tiene un área techada total de 4536.75m^2, la **tabla 176** y **tabla 175** calcula los valores de ratio de concreto y acero por unidad de área techada respectivamente. Adicional a ello, la **tabla 177** muestra la relación el resultado final de ratio de acero por metro cubico de concreto para cada elemento diseñado.

Tabla 173

Metrado total de acero de refuerzo para todos los elementos y diseños

Metrado (kg) / Elemento	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Vigas Peraltadas	38,097.27	35,922.96	31,159.80	32,414.28
Vigas Chatas	8,263.42	8,512.34	7,582.17	7,794.52
Losas Macizas	1,613.97	1,548.31	1,548.31	1,613.97
Losas Aligeradas	19,844.52	21,477.13	18,940.27	18,650.29
Placas	81,384.07	77,285.75	75,952.80	76,034.83
Columnas	6,720.93	6,395.20	6,291.08	6,291.08
Σ	155,924.18	151,141.69	141,474.44	142,798.98

Tabla 174

Metrado total de concreto armado para todos los elementos y diseños

Elemento	Concreto (m^3)
Vigas	239.81
Losas Macizas	28.92
Losas Aligeradas	305.47
Placas	644.14
Columnas	30.74
Σ	1,249.08

Tabla 175

Ratio de concreto por metro cuadrado de área techada

Elemento	Ratio (m^3/m^2)
Vigas	0.05
Losas Macizas	0.01
Losas Aligeradas	0.07
Placas	0.14
Columnas	0.01
TOTAL	0.28

Tabla 176

Ratio de acero por metro cuadrado de área techada

Ratio (kg/m^2) / Elemento	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Vigas	10.22	9.79	8.54	8.86
Losas Macizas	0.36	0.34	0.34	0.36
Losas Aligeradas	4.37	4.73	4.17	4.11
Placas	17.94	17.04	16.74	16.76
Columnas	1.48	1.41	1.39	1.39
TOTAL	34.37	33.31	31.18	31.48

Tabla 177

Ratio de acero por metro cubico de concreto para cada elemento

Ratio (kg/m³) / Elemento	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Vigas	193.32	185.29	161.55	167.67
Losas Macizas	55.81	53.54	53.54	55.81
Losas Aligeradas	64.96	70.31	62.00	61.05
Placas	126.35	119.98	117.91	118.04
Columnas	218.64	208.04	204.65	204.65
TOTAL	124.83	121.00	113.26	114.32

Considerando los resultados de costos unitarios de cada concreto diseñado se puede afirmar que, el costo de los diseños con 0.00%, 0.65% y 1.25% de FA es 167.24%, 194.31% y 210.09% son mayores respectivamente al de un concreto convencional, en cuando a losas aligeradas estos valores son mayores en un 176.76%, 205.36% y 222.04%, y para el caso de las losas macizas los valores serían 138.51%, 164.13% y 179.08% mayores.

El diseño patrón con un 0.00% de FA es el que tiene un costo menor en un 10.13% y 16.03% comparándolo con el diseño de 0.65% y 1.25% de FA respectivamente para las vigas, para el caso de las losas aligeradas es un valor menor en un 10.33% y 16.36%, y para losas macizas sería 10.74% y 17.01% respetando el orden ya mencionado.

Tomando en cuenta los análisis de resultados anteriores se tomaría en cuenta de base el diseño con un 0.75% de FA, para el caso de vigas es mayor en un 9.20% al diseño patrón de 0.00% de FA, pero menor en un 5.36% al diseño con 1.25% de FA, para las losas aligeradas estos valores cambian en un 9.37% mayor al diseño patrón y menor en un 5.46% al diseño 1.25% de FA, como último elemento estructural se tendría a las losas macizas, siendo mayor en un 9.70% y menor en un 5,66% en el mismo orden de los diseños anteriormente mencionados.

Con lo anteriormente acotado, la **tabla 178** muestra los resultados de resumidos de costos unitarios de concreto convencional, mientras que la **tabla 179** muestra resultados de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25%.

Tabla 178

Valores de costos unitarios de concreto convencional

Para: / Partida	Vigas	Losas Aligeradas	Losas Macizas	Columnas	Placas
Concreto Convencional 210kg/cm^2	S/594.18	S/562.20	S/627.61	S/-	S/-
Concreto Convencional 280kg/cm^2	S/-	S/-	S/-	S/ 653.22	S/807.66

Tabla 179

Valores de costos unitarios de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA

Para: / Partida	Vigas	Losas Aligeradas	Losas Macizas
CLE 210kg/cm^2 con 0.00% de FA	S/1,587.91	S/1,555.93	S/1,496.92
CLE 280kg/cm^2 con 0.75% de FA	S/1,748.71	S/1,716.73	S/1,657.72
CLE 280kg/cm^2 con 1.25% de FA	S/1,842.51	S/1,810.53	S/1,751.52

Si se ve cada partida de manera individual, se puede afirmar que todos los elementos horizontales aumentan su costo más que el doble. La **tabla 180** muestra los porcentajes de aumento de costo unitario de los CLEs diseñados respecto a un diseño convencional.

Tabla 180

Variación porcentual de costo unitario de CLE con FA respecto al diseño de concreto convencional

Partida \ Para:	Vigas	Losas Aligeradas	Losas Macizas
CLE 210kg/cm^2 con 0.00% de FA	167.2%	176.8%	138.5%
CLE 280kg/cm^2 con 0.75% de FA	194.3%	205.4%	164.1%
CLE 280kg/cm^2 con 1.25% de FA	210.1%	222.0%	179.1%

Mediante la multiplicación entre presupuesto y costo unitario de cada partida realizado, la **tabla 181 y tabla 182** muestra los resultados finales de presupuesto para todos los diseños realizado. Para la sumatorio total, se consideró columnas y placas de concreto convencional 280kg/cm^2 en todos los diseños. Para el costo de acero se hizo uso del Suplemento Técnico más reciente del presente año 2025, dando un costo unitario 6.35 soles por kilo de acero a fecha de 15 de agosto de 2025. La **tabla 183** muestra el presupuesto final de acero de refuerzo para todos los diseños realizados.

Finalmente, la **tabla 184** muestra los resultados finales de presupuestos para todos los diseños realizados, considerando las limitaciones anteriormente mencionadas en el desarrollo de la tesis.

Tabla 181

Presupuesto de estructura con concreto convencional

Partida \ Para:	Vigas	Losas Aligeradas	Losas Macizas	Columnas	Placas
Concreto Convencional 210kg/cm^2	S/142,490.31	S/171,735.80	S/18,150.48	S/-	S/-
Concreto Convencional 280kg/cm^2	S/-	S/-	S/-	S/ 20,079.98	S/520,246.11

Tabla 182

Presupuesto de estructura con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA

Para: / Partida	Vigas	Losas Aligeradas	Losas Macizas
CLE 210kg/cm^2 con 0.00% de FA	S/380,796.70	S/373,127.57	S/358,976.39
CLE 280kg/cm^2 con 0.75% de FA	S/419,358.15	S/411,689.02	S/397,537.83
CLE 280kg/cm^2 con 1.25% de FA	S/441,852.32	S/434,183.20	S/420,032.01

Tabla 183

Presupuesto de acero de refuerzo para diseños realizados

Costo	Concreto Convencional	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Acero fy=4,200 kg/cm^2 - 250 kg/día	S/990,118.57	S/959,749.74	S/898,362.67	S/906,773.49

Tabla 184

Presupuesto final de estructuras para los diseños realizados

Diseño	Presupuesto
Concreto Convencional	S/ 1,862,821.25
CLE con 0.00% de FA	S/ 2,612,976.49
CLE con 0.75% de FA	S/ 2,667,273.76
CLE con 1.25% de FA	S/ 2,743,167.12

La sumatoria de los resultados nos deja apreciar como hay un aumento presupuestal considerable entre el diseño convencional y los diseños con CLE.

La **tabla 185** muestra en cuanto varía los resultados de CLE respecto al diseño original, tanto en valor de costo en soles como en porcentaje.

Tabla 185

Variación porcentual de presupuesto entre diseños realizados

Diseño	**Presupuesto**	
	S/.	**%**
Concreto Convencional	S/ -	0%
CLE con 0.00% de FA	S/ 750,155.24	40%
CLE con 0.75% de FA	S/ 804,452.51	43%
CLE con 1.25% de FA	S/ 880,345.87	47%

7.7 Análisis comparativo de desempeño / presupuesto

Para realizar una correcta comparación de cada diseño realizado, se tiene la **tabla 186** en el cual recapitula las ventajas y desventajas de cada concreto diseñado. En él se puede apreciar cómo se desempeña cada diseño respecto a las propiedades planteadas.

Tabla 186

Tabla comparativa de resultados para cada diseño de CLE planteado

Propiedades	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Resistencia a Compresión	Posee valor de resistencia a compresión mínima permisible para uso estructural	Posee resistencia a compresión alta, apta para uso estructural	Posee resistencia a compresión alta, apta para uso estructural
Módulo de Elasticidad	Posee valor de elasticidad pobre. Requiere una alta cantidad de refuerzo a tracción para compensar deflexión y fisuramiento	Posee valor de elasticidad bajo. Requiere una cantidad de refuerzo a tracción moderada para compensar deflexión y fisuramiento	Posee valor de elasticidad estándar. Requiere una cantidad de refuerzo a tracción similar a la de un concreto convencional para compensar deflexión y fisuramiento
Resistencia a Rotura	Posee valor de resistencia a rotura estandar. Requiere una separación de refuerzos a cortante más compacta para compensar su resistencia	Posee valor de resistencia a rotura moderada. Requiere una separación de refuerzos a cortante similar a la de un concreto convencional para compensar su resistencia	Posee valor de resistencia a rotura alta. Requiere una separación de refuerzos a cortante similar a la de un concreto convencional para compensar su resistencia

Propiedades	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Asentamiento	Posee un asentamiento de 4", lo que entra en la clasificación de mezcla fluida, ideal para vaciado de techos	Posee un asentamiento de 3.5", lo que entra en la clasificación de mezcla blanda, adecuada para vaciado de techos	Posee un asentamiento de 3", lo que entra en la clasificación de mezcla blanda, adecuada para vaciado de techos
Peso Propio	Posee un peso ligero de 1.57ton/m^3, suficiente para entrar en clasificación de CLE	Posee un peso ligero de 1.60ton/m^3, suficiente para entrar en clasificación de CLE	Posee un peso ligero de 1.66ton/m^3, suficiente para entrar en clasificación de CLE
Análisis Estructural	Su uso en losas y vigas garantiza una disminución moderada en el peso total de una estructura.	Su uso en losas y vigas garantiza una disminución moderada en el peso total de una estructura.	Su uso en losas y vigas garantiza una disminución moderada en el peso total de una estructura.
Desempeño Sísmico	Su uso en losas y vigas aumenta ligeramente las derivas inelásticas máximas en el análisis estructural dinámico.	Su uso en losas y vigas disminuye de manera moderada las derivas inelásticas máximas en el análisis estructural dinámico.	Su uso en losas y vigas disminuye de manera moderada las derivas inelásticas máximas en el análisis estructural dinámico.
Diseño Estructural	Su uso en vigas y losas garantiza un comportamiento adecuado en zonas de alta fuerza a compresión, pero muy débil ante fuerzas de tracción y deflexión	Su uso en vigas y losas garantiza un comportamiento adecuado en zonas de alta fuerza a compresión, además de un comportamiento moderadamente adecuado ante fuerzas de tracción y deflexión	Su uso en vigas y losas garantiza un comportamiento adecuado en zonas de alta fuerza a compresión, además de un comportamiento adecuado ante fuerzas de tracción y deflexión

Propiedades	CLE con 0.00% de FA	CLE con 0.75% de FA	CLE con 1.25% de FA
Costo Unitario	Posee un costo de producción muy elevado, en el peor de los casos de un 176% más que el de un concreto convencional	Posee un costo de producción muy elevado, en el peor de los casos de un 205% más que el de un concreto convencional	Posee un costo de producción muy elevado, en el peor de los casos de un 222% más que el de un concreto convencional
Presupuesto General	Su uso en vigas y losas aumenta altamente el presupuesto del casco estructural, aproximadamente en un 40%	Su uso en vigas y losas aumenta altamente el presupuesto del casco estructural, aproximadamente en un 43%	Su uso en vigas y losas aumenta altamente el presupuesto del casco estructural, aproximadamente en un 47%

Considerando que el diseño de CLE con 0.00% no cumple con el objetivo de mejorar el desempeño sísmico de la estructura ante un sismo, además de que posee propiedades mecánicas muy pobres, quedando así descartado como la opción más eficiente para los objetivos planteados

Respecto al CLE con 0.75% de FA, esta mejora el desempeño sísmico, además de que sus propiedades mecánicas también se ven mejoradas y el peso de la estructura se reduce muy similarmente a la de un CLE sin fibra. Sin embargo, el presupuesto general aumenta de manera muy alta.

Finalmente, el CLE con 1.25% de FA mejora todas las propiedades anteriormente mencionadas, pero con un costo aún más elevado. No obstante, los resultados no tienen un gran margen de diferencia respecto al diseño con 0.75% de FA.

Con todo ello mencionado, se puede afirmar que el diseño de ***CLE con 0.75% de FA*** es el más optimo, con un balance de costo, desempeño sísmico y diseño estructural más estable y con un costo elevado, pero no sobrevalorado comparado con un concreto con una mayor cantidad de fibra de acero.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

En referencia al objetivo general **"Diseñar un concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y determinar la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima."** Se concluye que:

- La adición de fibra de acero logró compensar casi en su totalidad la perdida de resistencias mecánicas que adquiere el concreto al ser diseñado con agregados ligeros. Con un planteamiento inicial de resistencia de 210kg/cm^2, el diseño con 1.25% de FA alcanzó resultados de hasta 314kg/cm^2, con una elasticidad ligeramente menor a la de un concreto convencional de 210kg/cm^2.
- La aplicación de concreto ligero no garantiza una reducción en las derivas y el desplazamiento lateral de un edificio de alto riesgo sísmico debido a su baja elasticidad. Es necesario la adición mínima de 0.75% de FA en volumen para compensar las carencias mecánicas y mitigar la vulnerabilidad sísmica del edificio.
- La constructibilidad del edificio no se ve afectado debido a que el CLE presenta una fluidez adecuada para el vaciado de techos.
- La influencia en el costo del casco estructural es muy elevada debido a la incorporación de agregado ligero no comercial para uso industrial en la construcción como la arcilla expandida. La reducción en las cuantías de acero no es suficiente para compensar el alto costo del concreto.

En referencia a los objetivos específicos planteados en la investigación:

- La arcilla expandida fabricada en Perú cumple con los estándares para su uso como agregado para concreto estructural según el estándar internacional ASTM C330, obteniendo valores finales de absorción 19.40% y peso específico de 0.33g/cm^3, valores que se encuentran dentro de los parámetros permisibles del estándar anteriormente mencionado.
- La arcilla expandida utilizada para el diseño de mezcla de CLE posee una curva granulométrica que se encuentra dentro de los límites establecidos por el estándar ASTM C330 como se observa en la figura 40.
- Garantizando el cumplimiento del estándar ASTM C330 (ASTM International, 2023a) para agregados ligeros, en conjunto con el estándar ASTM C33 (ASTM

International, 2023b) para agregados convencionales, el diseño de mezcla de CLE aplicando el método ACI 211.2-98 (ACI, 2004) va a obtener valores muy cercanos a los solicitados según la resistencia a compresión que se desee diseñar, tanto en peso unitario, f'c y asentamiento.

- La resistencia a la compresión aumenta de manera proporcional a la cantidad de fibra de acero añadida al diseño. El diseño de CLE con 0.00% de FA presentó un valor f'c estándar con tendencia baja respecto a un diseño convencional, por otro lado, el diseño de 0.75% y 1.25% de FA presentó valores que lo clasifican como un concreto con resistencia de 280 kg/cm^2. Es decir, la resistencia f'c fue aumentando en un 20% y 27% respecto a un diseño de 210 con la adición de 0.75% y 1.25% de FA respectivamente.
- El valor de módulo de elasticidad se vio altamente afectado en todos los diseños de CLE, reduciendo un 54.2%, 19.6% y 2.6% el valor respecto a un diseño convencional de 210kg/cm^2 para CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente. En todos los casos el valor de módulo de elasticidad se verá reducido, tanto de manera experimental como de manera teórica según lo indicado por la E.060.
- El módulo de rotura varia en un -2.43%, 5.49% y 10.58% respecto a un diseño convencional de 210 kg/cm^2, considerando la reducción al 85% de este valor según la norma anteriormente mencionada.
- El peso del concreto se ve reducido en un 34.5%, 33.5% y 30.7% para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA, con el máximo valor de 1664.0 kg/m^3, valor adecuado para que los diseños puedan ser catalogados como Concreto Ligero Estructural.
- El valor de asentamiento obtenido para los diseños de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA se encuentran óptimos para su uso en el vaciado de vigas y losas (vaciado de techos). Sin embargo, los resultados demuestran que mientras más fibra de acero se añada, menos fluida será la mezcla, reduciéndose en promedio media pulgada entre cada diseño. Esto último debido además al aumento de temperatura en estado fresco que genera un fraguado ligeramente más rápido.
- La reducción del peso unitario del concreto y su aplicación en el diseño de losas y vigas trajo como consecuencia lógica la reducción en el peso total de la estructura, aproximadamente en un 10%, 10% y 9% para con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA. De igual manera, los porcentajes de reducción son aplicados

de igual manera para la cortante basal utilizada para la distribución de cargas sísmicas por los niveles.

- A partir del análisis sísmico se concluye que la edificación va a producir un mayor desplazamiento (2% adicional) en sus niveles superiores por el uso de CLE con 0.00% de FA en los elementos horizontales respecto a un diseño convencional, mientras que el uso de FA en un 0.75% y 1.25% mitiga el desplazamiento en un 8% y 10% respectivamente, brindando estructuras menos vulnerables a sismos y por ende con un menor riesgo sísmico.
- El análisis de irregularidades registró la mitigación de la torsión generada en los entrepisos superiores, concluyendo que mientras mejores propiedades mecánicas presenten los elementos horizontales, esta irregularidad puede ser reducida. En este caso, el diseño de CLE sin fibra presentó irregularidad torsional en todos sus niveles superiores, mientras que el CLE con 0.75% y 1.25% de FA reduce la irregularidad a 6 y 5 niveles respectivamente.
- El diseño de vigas y losas presentaron un comportamiento desfavorable en zonas de alta deflexión, tracción y corte para CLE con 0.00% de FA debido a su pobre elasticidad y módulo de rotura, zonas en las cuales se aprecia un aumento considerable de refuerzo de acero colocado (cuantía en flexión-deflexión y separación de estribos en corte), esto a pesar de la reducción de cargas sísmicas y gravitacionales por el aligeramiento. Por otro lado, en zonas de compresión tuvieron un comportamiento favorable debido a la resistencia a compresión adecuada y la reducción de cargas que presentaba el CLE. Tanto el diseño por corte, flexión negativa, flexión positiva y deflexión (sobre todo los últimos dos mencionados) presentaron una mejora con la adición de fibras de acero.
- Los elementos visiblemente más influenciados por el uso de CLE son las vigas peraltadas, que presentaron una disminución de hasta 18.2% de refuerzo para los diseños de 0.75% de FA, mientras que aumentar la cantidad de fibra alcanzo una diminución de refuerzo menor de 14.9%.
- Para los elementos verticales, las placas presentaron variaciones en las fuerzas de flexocompresión que aumentaron de manera proporcional al peso de la estructura, permitiendo reducir los límites de los diagramas de interacción y, por ende, de la cuantía de acero vertical de los muros. Por otro lado, las columnas presentaron variaciones más importantes al momento del diseño ya que este aprecio cambios en

el análisis de esbeltez, que fueron variados dependiendo los momentos en el extremo inferior y superior, pero que se vio mitigado al momento de analizar el arriostramiento lateral de los niveles, presentando mejorías mientras más fibra de acero poseía el diseño de concreto para losas y vigas. Esto último se ve afianzado con la disminución en el desplazamiento lateral y la irregularidad torsional previamente desarrollado.

- Considerando que no se modifica de ninguna manera las dimensiones longitudinales ni transversales de los elementos, se aprecia que el uso de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA disminuyen el metrado final de acero en un 3.1%, 9.3% y 8.4% respectivamente. Estos valores se ven apoyados principalmente en la disminución de refuerzo para los elementos verticales y las vigas peraltadas, elementos que son diseñados considerando fuerzas sísmicas. Por otro lado, elementos como las vigas chatas y losas aligeradas, para CLE con 0.00% de FA, requieren un aumento de refuerzo debido a la condición de servicio que puede ser mitigado haciendo un uso mínimo de 0.75% de FA.
- Con la disminución general del acero de refuerzo requerido para los elementos, el ratio de acero por área techada disminuye en un promedio de 1.05, 3.19 y 2.89 kg/m^2 para el diseño estructural con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente. De igual manera, el ratio de acero por metro cubico de concreto disminuye en un promedio de 3.83, 11.57 y 10.51 kg/m^3 para el diseño estructural con losas y vigas de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA respectivamente.
- Tras realizar el armado de la estructura del ACU para cada diseño de CLE, se vio que el valor del costo de uno de los insumos, la arcilla expandida, es el que aumentaba de manera exponencial el costo de los materiales, siendo que para los elementos de vigas, losas aligeradas y losas macizas tengan un valor promedio de 190.55%, 201.39% y un 206.57% comparando un concreto convencional y el diseño propuesto con fibra de acero. El aumento es debido al alto costo del insumo y la presentación de este, siendo que el uso de la arcilla expandida usualmente es para el área de agricultura, jardinería y cultivos hidrópicos.
- Al verificar el punto 6.6, se puede corroborar el costo de la arcilla expandida utilizada para el diseño de CLE es de 3,160.00 soles por m^3, el cuál según el análisis de costos unitarios para los materiales, extraído del diseño de mezcla realizado previamente, el costo únicamente del insumo “Arcilla Expandida” es de 1,006.27 nuevos soles en

todos los diseños, siendo en promedio un valor equivalente al 59.97% del total del ACU. Tras la búsqueda de este insumo se pudo observar que el mercado peruano no se ha enfocado en el tratamiento de este material para el sector de construcción, esto siempre tomando en cuenta lo dicho en el punto 6.6 del informe donde se hace mención que el rendimiento, equipos y personal son un estándar para todos los diseños en base a un análisis de concreto convencional.

- Considerando únicamente la influencia estructural del uso de CLE con FA para un edificio de alto riesgo sísmico, la estructura es más vulnerable mientras más precarias sean las propiedades mecánicas del concreto en elementos horizontales, tanto en desplazamiento como en irregularidad torsional. Por el análisis realizado, se descarta el uso de CLE sin fibra de acero, ya que este aumenta la vulnerabilidad de la edificación antes posibles sismos.
- Por otro lado, los diseños con 0.75% y 1.25% de FA presentan una mejoría notoria en la mitigación de la vulnerabilidad sísmica, dando como resultados edificios más estables y con una reducción general del acero de refuerzo requerido para todos los elementos estructural.
- Se concluye que, en base a un análisis de costo/rendimiento, el diseño de losas y vigas de CLE con 0.75% de FA es el más óptimo para reducir el riesgo sísmico en una estructura, ya que garantiza propiedades mecánicas más estables para los elementos mencionados, una distribución de peso considerablemente más baja a la de un concreto convencional, una estabilidad torsional más controlable en los entrepisos, desplazamientos laterales menores en los pisos más críticos, un asentamiento aceptable para su vaciado en elementos horizontales. A pesar del alto costo de producción, este no aumenta la susceptibilidad de la edificación ante un sismo como el diseño con 0.00% de FA, o un valor de costo demasiado alto la de un diseño con 1.25% de FA.

8.2 Recomendaciones

En referencia al objetivo general **"Diseñar un concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y determinar la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima."** Se recomienda que:

- Un diseño de mezcla de CLE con 0.75% de FA permite alcanzar el mayor rendimiento global (costo–beneficio–desempeño) y debería convertirse en la dosificación base para concretos ligeros estructurales en zonas de alto riesgo sísmico como San Isidro y aledaños.
- Existe una limitada regularización en el diseño y uso de Concreto Ligeros en el Perú que solo se limitan a bibliografías de investigaciones o tesis. Se recomienda que organismos como la UNI, PUCP y CISMID incluyan parámetros técnicos obtenidos de esta y otras investigaciones para impulsar el uso industrial de este material y sus componentes en la construcción civil.
- Se recomienda la evaluación de otros agregados ligeros estructurales con una mayor comercialización en el área de la ingeniería que no afecten de sobremanera los costos unitarios por m^3 para el diseño de CLE en el Perú.

En referencia a los objetivos específicos planteados en la investigación:

- Implementar el uso de arcilla expandida con una resistencia a compresión mayor igual a 4.8MPa para garantizar mejores propiedades mecánicas al concreto ligero. Valores de resistencia menores pueden generar diseños con valores mucho menores a los requeridos por norma.
- Tener un control adecuado con el agua en el diseño de mezcla debido a la alta absorción que presenta la arcilla expandida.
- Omitir ensayo de humedad de arcilla expandida si es que este viene en una presentación de bolsa y se hace uso inmediato del agregado para la mezcla ya que este viene 100% seco.
- Se recomienda muy ampliamente le evaluación experimental del módulo de elasticidad de CLE por la norma ASTM 469, ya que la formula proporcionada por la norma E.060 brinda resultados con un alto margen de error, como se aprecia en la tabla 31.

- Si no se proyecta la aplicación del ensayo de rotura de vigas, hacer uso del ensayo de tracción por hendidura (Split test) para determinar el valor de módulo de rotura experimental.
- Para hacer el análisis sísmico se recomienda el uso de un software practico como ETABS, considerando las modificaciones en los parámetros para adaptar el análisis a lo indicado por la norma E.030, mientras que el diseño se recomienda hacer de manera manual para un mejor entendimiento del comportamiento estructural de cada elemento.
- Al momento del análisis de derivas, tener en cuenta el valor de desplazamiento promedio del centro de masa para obtener resultados más precios acorde a las especificaciones técnicas.
- Se recomienda e incentiva a la futura investigación del uso e influencia del CLE con FA para el diseño de placas y columnas, teniendo en cuanta que se va a requerir, como mínimo, un porcentaje mayor o igual a 0.75% para tener concretos mínimamente estables y que no afecten de gran manera la rigidez de la estructura.
- Si se considera oportuno hacer uso del CLE con FA para el diseño estructural de edificaciones con sistema de concreto armado, se recomienda hacer uso de fibra de acero en un 0.75% para vigas peraltadas y losas macizas, y fibra de acero en un 1.25% para el vaciado en conjunto de la losa aligerada y vigas chatas para optimizar el diseño y reducir el metrado final de acero requerido.
- Realizar más investigaciones referentes al proceso industrializado de obtención de agregados ligeros para el uso en concreto estructural con la finalidad de reducir así el costo de estos e impulsar su comercialización en el sector constructivo.
- Se recomienda en el desarrollo de los ACUs tener valores de lo más actualizados posibles como también tener anotado el costo de los insumos en su tiempo de compra para así más adelante tener una comparación de su cambio en el transcurso del tiempo.
- En caso de continuar las investigaciones referentes al uso de arcilla expandida en elementos estructurales ubicados en el Perú, evaluar si este insumo debe de considerarse dentro del código “5” de los Índices Unificados de Precios de la construcción o, por su precio muy desvariado con los agregados gruesos convencionales, este debe de entrar a otra categoría o en otro caso crear una para agregados especiales. De esa manera se empieza a regular la variación del costo de

este insumo y se da un primer paso para el uso comercial de la arcilla expandida en el país.

Referencias

American Concrete Institute. (2004). *Standard practice for selecting proportions for structural lightweight concrete* (ACI 211.2-98). https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211298&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_Units

American Concrete Institute. (2009). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* (ACI 211.1-91). https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211191

American Concrete Institute. (2022). *Building code requirements for structural concrete* (ACI 318-19) *and commentary* (ACI 318R-19*)*. https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units

American Concrete Institute. (2023a). *Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete* (ACI Committee 213R-14 – Re-aprobado el 2023). https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=213U14&Language=English&Units=US_AND_METRIC

American Concrete Institute. (2023b). *Report on Fiber Reinforced Concrete* (ACI 544.1R-96). https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=544196&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC

ASTM International. (2017). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression* (ASTM C469-02). https://store.astm.org/c0469-02.html

ASTM International. (2022). *Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete* (ASTM A820/A820M-22). https://www.astm.org/a0820_a0820m-22.html

ASTM International. (2023a). *Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete (ASTM C330/C330M-23)*. https://store.astm.org/c0330_c0330m-23.html

ASTM International. (2023b). *Standard specification for concrete aggregates (ASTM C33/C33M-18)*. https://store-astm-org.translate.goog/c0033_c0033m-18.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

ASTM International. (2023c). *Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete (ASTM C1064/C1064M-17)*. https://store.astm.org/c1064_c1064m-17.html

Blanco, A. (1994). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado* (2.ª ed.). Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima.

Calderón, A. S., & Burbano, M. J. (2016). Efectos en la resistencia del hormigón simple elaborados con agua residual tratada proveniente de la PTAR Cañaveralejo. *Ingeniería y Región*, *16*(2), 35–48. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5976615

Carrillo, J., Alcocer, S. M., & Aperador, W. (2013). Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología, 14*(2), 285–298. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000200012

Centro de Estudios y Prevención de Desastres. (2009). *Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao, Perú*. https://predes.org.pe/publicaciones/http-www-predes-org-pe-wp-content-uploads-2017-10-escenario-sobre-sismo-en-lima-y-callao-pdf/

Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2019). *Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Isidro*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/14899

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2021). *Escenario de riesgo por sismo y tsunami para Lima y Callao.* Ministerio de Defensa. Recuperado el 20 de marzo de 2025, de https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/escenarios/sismos-tsunamis

Cho, S., & Kim, M. O. (2024). Effect of aggregate type on the shear behavior of reinforced lightweight concrete beams. *Applied Sciences, 14*(14), Artículo 5992. https://doi.org/10.3390/app14145992

Christidis, K. I., Badogiannis, E. G., & Mintzoli, C. (2021). Flexural behaviour of pumice lightweight concrete reinforced with end-hooked steel fibres. *Structures, 33,* 3835–3847. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.06.090

Elsherbiny, E. A., Mortagi, M., Youssf, O., Abd Elrahman, M., & Madawy, M. E. E. (2023). Influence of steel and polypropylene fibers on the structural behavior of sustainable reinforced lightweight concrete beams made from crushed clay bricks. *Sustainability, 15*(19), Artículo 14570. https://doi.org/10.3390/su151914570

Esmaeili, J., Ghaffarinia, M., Nodehi, M., Gencel, O., Shi, J., & Ozbakkaloglu, T. (2023). Mechanical and fractural characteristics of structural lightweight fiber reinforced concrete. *Structural Concrete, 24*(2), 2420–2439. https://doi.org/10.1002/suco.202200107

Federal Emergency Management Agency. (2006). *Designing for earthquakes: A manual for architects* (FEMA 454). https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema454.pdf

Gupta, M., Ahirwar, R. R., & Sahu, A. K. (2022). Mechanical properties of high strength concrete incorporating chopped basalt fibres: Experimental and analytical study. *Materials Research Express, 9*(12), Artículo 125305. https://doi.org/10.1088/2053-1591/aca644

Holm, T. A., & Bremner, T. W. (2000). *State-of-the-art report on high-strength, high-durability structural low-density concrete for applications in severe marine environments* (ERDC/SL TR-00-3). U.S. Army Engineer Research and Development Center. https://www.researchgate.net/publication/237475731

Hong, S.-H., Choi, J.-S., Yuan, T.-F., & Yoon, Y.-S. (2021). Mechanical and electrical characteristics of lightweight aggregate concrete reinforced with steel fibers. *Materials, 14*(21), Artículo 6505. https://doi.org/10.3390/ma14216505

Hosen, M. A., Shammas, M. I., Shill, S. K., Al-Deen, S., Jumaat, M. Z., & Hashim, H. (2022). Ductility enhancement of sustainable fibrous-reinforced high-strength

lightweight concrete. *Polymers, 14*(4), Artículo 727. https://doi.org/10.3390/polym14040727

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico: Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020, 17 de enero). *La población de Lima supera los nueve millones y medio de habitantes* [Nota de prensa N°006]. Recuperado el 16 de abril de 2026, de https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/la-poblacion-de-lima-supera-los-nueve-millones-y-medio-de-habitantes-12031/

Jhatial, A. A., Sohu, S., Bhatti, N. K., Lakhair, M. T. & Oad, R. (2018). Effect of steel fibers on the compressive and flexural strength of concrete. *International Journal of Advanced and Applied Sciences, 5*(10), 16–21. https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.10.003

Kosmatka, S. H., & Wilson, M. L. (2011). *Design and Control of Concrete Mixtures: The guide to applications, methods, and materials.* (15.ª ed.). Portland Cement Association. https://secement.org/wp-content/uploads/2019/01/eb001.15.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020a). *Norma E.020 Cargas*. SENCICO. https://drive.google.com/file/d/15atg-9w0OEXjR5C1m6IXUFihwYeUh1aN/view

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020b). *Norma E.030: Diseño Sismorresistente*. SENCICO. https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020c). *Norma E.060: Concreto Armado*. SENCICO. https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view

Mohammed, T., Aguayo, F., Nodehi, M., & Ozbakkaloglu, T. (2023). Engineering properties of structural lightweight concrete containing expanded shale and clay with high

volume class F and class C fly ash. *Structural Concrete*, *24*(3), 4029–4046. https://doi.org/10.1002/suco.202200562

Naaman, A. E., & Homrich, J. R. (1987). Stress–strain properties of SIFCON in uniaxial compression and tension. En *Fiber reinforced concrete: Properties and applications* (ACI SP-105, pp. 283–304). American Concrete Institute.

Nemes, R., Abed, M. A., Seyam, A. M., & Lublóy, É. (2022). Behavior of structural lightweight concrete produced with expanded clay aggregate and after exposure to high temperatures. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *147*, 8111–8118. https://doi.org/10.1007/s10973-021-11167-6

Newman, J., & Choo, B. S. (2003). *Advanced Concrete Technology: Constituent Materials.* (Vol. 3). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-5686-3.X5246-X

Otazzi, G. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial PUCP.

Presidencia de Consejo de Ministros. (2017). *Información territorial de la provincia de Lima*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1903877/Lima%20Metropolitana_Informaci%C3%B3n%20Territorial%20Completo.pdf

Ramazani, P., Moradi Shaghaghi, T., Farzam, M., Afshin, H., & Behnajady, M. A. (2024). Flexural strength of light-weight steel fiber reinforced concrete containing biodegradable LDHs microparticles: Experimental study and multiscale finite element model. *International Journal of Concrete Structures and Materials, 18*, Artículo 37. https://doi.org/10.1186/s40069-024-00667-y

Rodrigues, H. K. S., Oliveira, H. A. de, Melo, F. M. C. de, & Almeida, V. G. de O. (2022). Propriedades de um concreto leve estrutural com incorporação de argila expandida e resíduo de granito. *Revista Matéria, 27*(1), Artículo e13153. https://doi.org/10.1590/s1517-707620220001.1353

Roshani, H., Yousefi, M., Gharaei-Moghaddam, N., & Khatibi, S. H. (2023). Flexural performance of steel-concrete-steel sandwich beams with lightweight fiber-reinforced concrete and corrugated-strip connectors: Experimental tests and

numerical modeling. *Case Studies in Construction Materials, 18*, Artículo e02138. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02138

Saavedra, C. (2016, 29 de octubre). *Verificación del cortante basal según COVENIN 1756-2001*. Saavedra Online. Recuperado el 16 de abril 2026, de https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/

Tavera, H. (2020). *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú*. Instituto Geofísico del Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12816/4893

Tecnología y Educación Innovadora. (2022). *Manual de especialización: Análisis y diseño sismorresistente de edificaciones*. [Curso Online] TEDI Virtual. Recuperado el 04 de agosto de 2024, https://tedivirtual.com/

Wang, H., Wei, M., Wu, Y., Huang, J., Chen, H., & Cheng, B. (2021). Mechanical Behavior of Steel Fiber-Reinforced Lightweight Concrete Exposed to High Temperatures. *Applied Sciences*, *11*(1), Artículo 116. https://doi.org/10.3390/app11010116

Wang, X., Wu, Q., & Chen, W. (2023). Experimental study on the impact resistance of steel fiber reinforced all-lightweight concrete beams under single and hybrid mixing conditions. *Buildings*, *13*(5), Artículo 1251. https://doi.org/10.3390/buildings13051251

Wang, Z., Li, H., Zhang, X., Chang, Y., Wang, Y., Wu, L., & Fan, H. (2023). The effects of steel fiber types and volume fraction on the physical and mechanical properties of concrete. *Coatings*, *13*(6), Artículo 978. https://doi.org/10.3390/coatings13060978

Wulandari, M., Tavio, T., Raka, I. G. P., & Puryanto, P. (2018). Compressive Strength of Steel-Fiber Concrete with Artificial Lightweight Aggregate (ALWA). *Civil Engineering Journal*, *4*(9), 2011–2022. https://doi.org/10.28991/cej-03091134

Yang, K.-H., Kim, H.-Y., & Lee, H.-J. (2022). Mechanical properties of lightweight aggregate concrete reinforced with various steel fibers. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, *16*, Artículo 48. https://doi.org/10.1186/s40069-022-00538-4

Yun, H.-D., Jeong, G.-Y., & Choi, W.-C. (2022). Shear strengthening of high strength concrete beams that contain hooked-end steel fiber. *Materials*, *15*(1), Artículo 17. https://doi.org/10.3390/ma15010017

Anexo(s)

ANEXO 1: Ficha Técnica de proveedor de Arcilla Expandida - Agriplant

Agriplant SRL
INNOVACIÓN EN LA HORTICULTURA

FICHA TÉCNICA

ARCITEK

Arcilla expandida

Revisado: 15/04/2019

IMPORTANCIA

La *ARCITEK* es un agregado de arcilla de peso ligero, tiene una forma redondeada con poros muy pequeños que permite una buena absorción de agua y de excelente durabilidad. Ideal para plantas ornamentales, así como la horticultura e hidropónica de alto rendimiento.

DESCRIPCIÓN

Este material aislante derivada de una expansión en un horno rotatorio a 1200 °C es un producto natural, ligero, incombustible, no inflamable e inalterable con el tiempo. Posee una estructura interna formada por una espuma cerámica con micro poros. Es de baja densidad y alta resistencia superficial y rígida. No acumula sales, por lo tanto, su conductividad eléctrica es de baja y pH neutro.

APLICACIONES

Excelente en geotecnia, agricultura y paisajismo, en particular drenaje, vertederos, florerías y cubiertas ajardinadas.

CARACTERÍSTICAS		DETALLES		
Procedencia		PORTUGAL		
Composición		Agregado de arcilla.		
Apariencia		Redondeada		
Granulometría	mm	FINA 4,0 - 8,0	MINI 8.0- 12.5	PLUS 8.0-16.0
Densidad aparente seca	(± 15%) kg/m³	358	287	274
Superficies aplastadas y salidas*	(% masa)	NA	7	12
Resistencia al aplastamiento (± 10%)	MPa	4.8	1.8	1.3
Conductividad térmica	(W/m° C)	0.11	0.11	0.10
Absorción de agua	(% masa seca)	26.2	22.7	22.8
Resistencia al fuego		Incombustible Euro Clase A1		
Presentación		Bolsa de 50L		

*Porcentaje de partículas machacadas de un total del 100%

Recomendaciones: Al añadir agua, la superficie del sustrato tiene que permanecer granulosa y estable, pero sin compactación. Las recomendaciones de uso se han de entender como indicativas y se deben adecuar a las condiciones "in situ". Esta información se suministra de buena fe, es precisa y confiable según mejor conocimiento, pero debe considerarse solo como una guía en la selección del producto no como garantía de funcionarla. declina toda responsabilidad por resultados obtenidos mediante el uso de esta información.

ANEXO 2: Diseño de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211.2

REFERENCIA : *Datos de laboratorio*

SOLICITANTE : *Leonardo Ortega Loayza & Juan Allaga Villanueva*

TESIS : *Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas aligeradas y macizas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro*

UBICACIÓN : *LIMA* ***Fecha de ensayo:*** *27/10/2023*

f'c 210 kg/cm² (PATRÓN)

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.59	2.75	0.6	2.0	1632.0	1846.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.56	7.65	0.1	0.6	1444.0	1591.0
ARCILLA EXPANSIVA	0.33		0.2	19.4	0.4	0.4

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A)	**VALORES DE DISEÑO**				
	1 ASENTAMIENTO		4.00	pulg	
	2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"		
	3 RELACION AGUA CEMENTO		0.480		
	4 AGUA		202		
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		1.5		
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.70		
	7 TEMPERATURA C°		25.5	°c	
B)	**ANALISIS DE DISEÑO**				
	FACTOR CEMENTO	**420.532**	**Kg/m³**	**9.9**	**Bls/m³**
	Volumen absoluto del cemento		0.1348	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agua		0.2020	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire		0.0150	m³/m³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS				
	Volumen absoluto del Agregado fino		0.2165	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso		0.0863	m³/m³	
	Volumen absoluto del Arcilla		0.3453	m³/m³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS				
C)	**CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO**				
	CEMENTO		421	Kg/m³	
	AGUA		202	Lt/m³	
	AGREGADO FINO		561	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO		223	Kg/m³	
	ARCILLA EXPANSIVA		114	Kg/m³	
	PESO DE MEZCLA		**1520**	**Kg/m³**	
D)	**CORRECCIÓN POR HUMEDAD**				
	AGREGADO FINO HUMEDO		564.2	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO		223.0	Kg/m³	
	ARCILLA EXPANSIVA		114.2	Kg/m³	
E)	**CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS**		**%**	**Lts/m³**	
	AGREGADO FINO		1.40	7.9	
	AGREGADO GRUESO		0.50	1.1	
	ARCILLA EXPANSIVA		19.20	21.9	
				30.8	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA			**232.8**	**Lts/m³**
F)	**CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO**				
	CEMENTO		421	Kg/m³	
	AGUA		233	Lts/m³	
	AGREGADO FINO		564	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO		223	Kg/m³	
	ARCILLA EXPANSIVA		114	Kg/m³	
	PESO DE MEZCLA		**1555**	**Kg/m³**	
G)	**CANTIDAD DE MATERIALES (135 lt.)**				
	CEMENTO		56.77	Kg	
	AGUA		31.43	Lts	
	AGREGADO FINO		76.17	Kg	
	AGREGADO GRUESO		30.10	Kg	
	ARCILLA EXPANSIVA		15.42	Kg	

PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)		PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0	**C**	1.0
A.F	1.34	**A.F**	1.23
A.G	0.53	**A.G**	0.55
H2o	23.5	**H2o**	23.5

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211.2

REFERENCIA : *Datos de laboratorio*

SOLICITANTE : *Leonardo Ortega Loayza & Juan Allaga Villanueva*

TESIS : *Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas aligeradas y macizas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro*

UBICACIÓN : *LIMA*

Fecha de ensayo: *27/10/2023*

f'c 210 kg/cm² (0.75% FIBRA DE ACERO)

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.59	2.75	0.6	2.0	1632.0	1846.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.58	7.65	0.1	0.6	1444.0	1591.0
ARCILLA EXPANSIVA	0.33		0.2	19.4	0.4	0.4

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO

1	ASENTAMIENTO	4.00	pulg
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	
3	RELACION AGUA CEMENTO	0.480	
4	AGUA	202	
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %	1.5	
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.70	
7	TEMPERATURA C°	25.5	°c

B) ANÁLISIS DE DISEÑO

FACTOR CEMENTO	**420.532**	**Kg/m³**	**9.9**	**Bls/m³**
Volumen absoluto del cemento		0.1348	m³/m³	
Volumen absoluto del Agua		0.2020	m³/m³	
Volumen absoluto del Aire		0.0150	m³/m³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS				
Volumen absoluto del Agregado fino		0.2165	m³/m³	
Volumen absoluto del Agregado grueso		0.0863	m³/m³	
Volumen absoluto del Arcilla		0.3453	m³/m³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS				

C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO

CEMENTO	421	Kg/m³
AGUA	202	Lt/m³
AGREGADO FINO	561	Kg/m³
AGREGADO GRUESO	223	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114	Kg/m³
PESO DE MEZCLA	**1520**	**Kg/m³**

D) CORRECCION POR HUMEDAD

AGREGADO FINO HUMEDO	564.2	Kg/m³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	223.0	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114.2	Kg/m³

E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS

	%	Lts/m³
AGREGADO FINO	1.40	7.9
AGREGADO GRUESO	0.50	1.1
ARCILLA EXPANSIVA	19.20	21.9
		30.8
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA		**232.8** Lts/m³

F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO

CEMENTO	421	Kg/m³
AGUA	233	Lts/m³
AGREGADO FINO	564	Kg/m³
AGREGADO GRUESO	223	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114	Kg/m³
0.75% FIBRA DE ACERO	12	Kg/m³
PESO DE MEZCLA	**1555**	**Kg/m³**

G) CANTIDAD DE MATERIALES (135 lt.)

CEMENTO	56.77	Kg
AGUA	31.43	Lts
AGREGADO FINO	76.17	Kg
AGREGADO GRUESO	30.10	Kg
ARCILLA EXPANSIVA	15.42	Kg
0.75% FIBRA DE ACERO	1.57	Kg

PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)		**PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)**	
C	1.0	**C**	1.0
A.F	1.34	**A.F**	1.23
A.G	0.53	**A.G**	0.55
H2o	23.5	**H2o**	23.5

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211.2

REFERENCIA : *Datos de laboratorio*
SOLICITANTE : *Leonardo Ortega Loayza & Juan Allaga Villanueva*
TESIS : *Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas aligeradas y macizas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro*
UBICACIÓN : *LIMA*
Fecha de ensayo: *27/10/2023*

f'c 210 kg/cm² (1.25% FIBRA DE ACERO)

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.59	2.75	0.6	2.0	1632.0	1846.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.58	7.65	0.1	0.6	1444.0	1591.0
ARCILLA EXPANSIVA	0.33		0.2	19.4	0.4	0.4

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO

1	ASENTAMIENTO	4.00	pulg
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	
3	RELACION AGUA CEMENTO	0.480	
4	AGUA	202	
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %	1.5	
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.70	
7	TEMPERATURA C°	25.5	°c

B) ANÁLISIS DE DISEÑO

FACTOR CEMENTO	**420.532**	**Kg/m³**	**9.9** **Bls/m³**
Volumen absoluto del cemento		0.1348	m³/m³
Volumen absoluto del Agua		0.2020	m³/m³
Volumen absoluto del Aire		0.0150	m³/m³
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS			
Volumen absoluto del Agregado fino		0.2165	m³/m³
Volumen absoluto del Agregado grueso		0.0863	m³/m³
Volumen absoluto del Arcilla		0.3453	m³/m³
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS			

C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO

CEMENTO	421	Kg/m³
AGUA	202	Lt/m³
AGREGADO FINO	561	Kg/m³
AGREGADO GRUESO	223	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114	Kg/m³
PESO DE MEZCLA	**1520**	**Kg/m³**

D) CORRECCION POR HUMEDAD

AGREGADO FINO HUMEDO	564.2	Kg/m³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	223.0	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114.2	Kg/m³

E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS

	%	**Lts/m³**
AGREGADO FINO	1.40	7.9
AGREGADO GRUESO	0.50	1.1
ARCILLA EXPANSIVA	19.20	21.9
		30.8
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA		**232.8** **Lts/m³**

F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO

CEMENTO	421	Kg/m³
AGUA	233	Lts/m³
AGREGADO FINO	564	Kg/m³
AGREGADO GRUESO	223	Kg/m³
ARCILLA EXPANSIVA	114	Kg/m³
1.25% FIBRA DE ACERO	19	Kg/m³
PESO DE MEZCLA	**1555**	**Kg/m³**

G) CANTIDAD DE MATERIALES (135 lt.)

CEMENTO	56.77	Kg
AGUA	31.43	Lts
AGREGADO FINO	76.17	Kg
AGREGADO GRUESO	30.10	Kg
ARCILLA EXPANSIVA	15.42	Kg
1.25% FIBRA DE ACERO	2.62	Kg

PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)		**PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)**	
C	1.0	**C**	1.0
A.F	1.34	**A.F**	1.23
A.G	0.53	**A.G**	0.55
H2o	23.5	**H2o**	23.5

ANEXO 3: Ficha Técnica de Fibra de Acero SikaFiber CHO 80/60 NB

CONSTRUYENDO CONFIANZA

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO
SikaFiber® CHO 80/60 NB

FIBRA DE ACERO PARA REFUERZO DEL CONCRETO EN LOSAS Y CONCRETO PRE-FABRICADO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto pre-fabricado, especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales, permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika Fiber CHO 80/60 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.
En elementos de concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 80 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

Sika® Fiber CHO 80/60 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Sacos de papel x 20 kg.
Vida Útil	Indefinido
Condiciones de Almacenamiento	Los sacos de Sika® Fiber CHO 80/60 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
Dimensiones	• Longitud: 60 mm con extremos conformados • Diámetro: 0.75 mm • Relación longitud/diámetro: 80

INFORMACIÓN TÉCNICA

Absorción de Agua	Cero
Resistencia a la Tensión	1200 MPa min.
Elongación de Rotura	4% max.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	Normalmente entre 10 y 45 kg de Sika® Fiber CHO 80/60 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

DOSIFICACIÓN

Sika® Fiber CHO 80/60 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacié las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

LIMITACIONES

No agregue Sika® Fiber CHO 80/60 NB al mezclador antes de los áridos.
Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

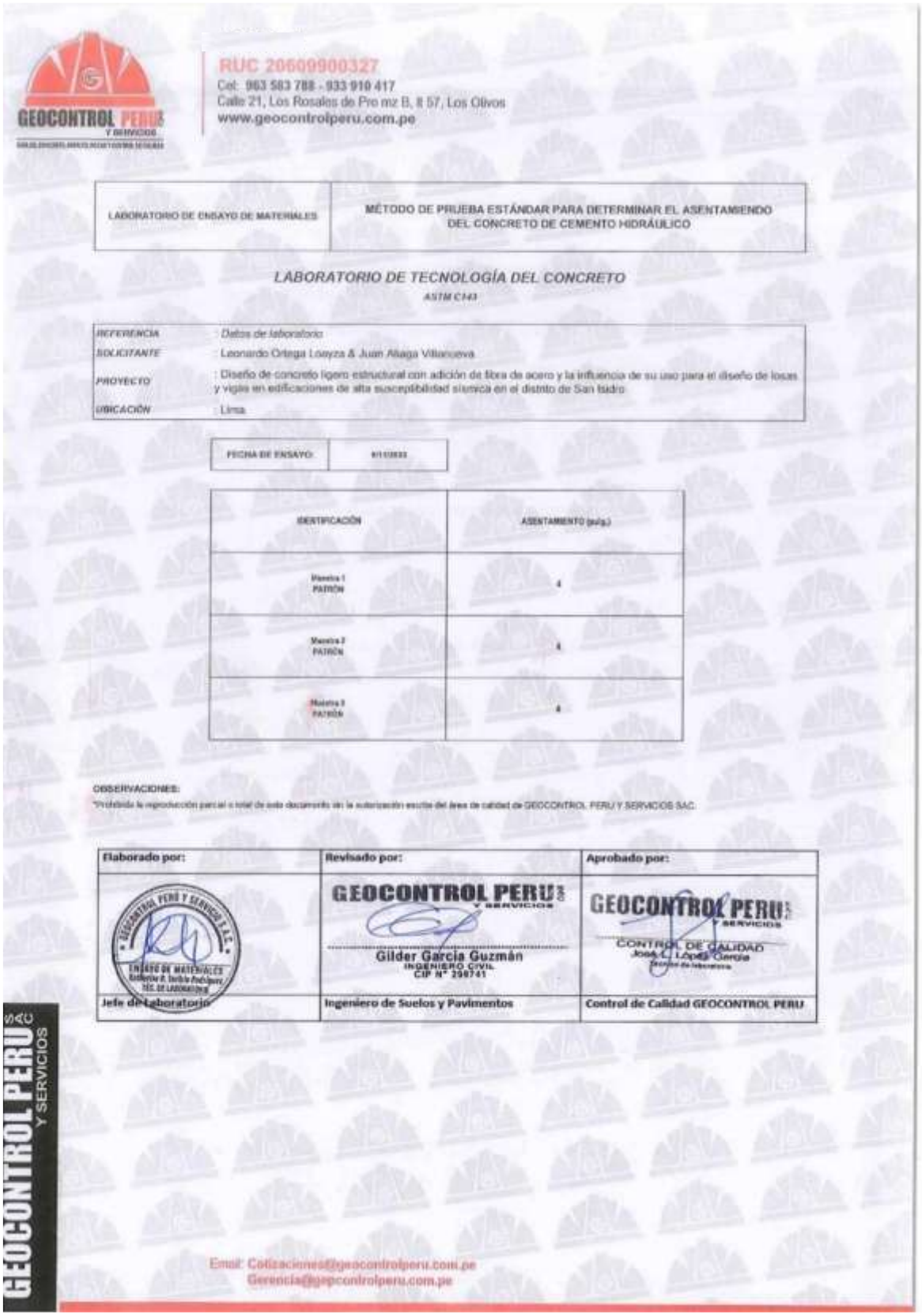
REGULACIÓN (EC) Nº 1907/2006 - REACH

DIRECTIVA 2004/42/CE - LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES DE VOC

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

ANEXO 4: Resultados de laboratorio – Asentamiento en Concreto Fresco



GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENDO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Leonardo Ortega Loayza & Juan Allaga Villanueva
PROYECTO	: Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	: Lima

FECHA DE ENSAYO:	8/11/2021

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 PATRÓN	4
Muestra 2 PATRÓN	4
Muestra 3 PATRÓN	4

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES	GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 238741	GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José C. López Garcia
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENDO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Lima

FECHA DE ENSAYO:	01/10/2021

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	3 1/2
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	3 1/2
0.75% DE FIBRACE ACERO - MUESTRA 3	3 1/2

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES Rubén Jorge E. Tarifeño Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 209741	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José U. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

RUC 20609900327

Cel: 983 983 388 / 983 918 917 417

Calle 35, Urb. Residencial Pro Rio B, # 870, Urb. Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENDO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	*Datos de laboratorio*
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Lima.

FECHA DE ENSAYO:	9/15/2023

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
1.25% DE FIBRA DE ACERO – MUESTRA 1	3
1.25% DE FIBRA DE ACERO – MUESTRA 2	3
1.25% DE FIBRA DE ACERO – MUESTRA 3	3

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

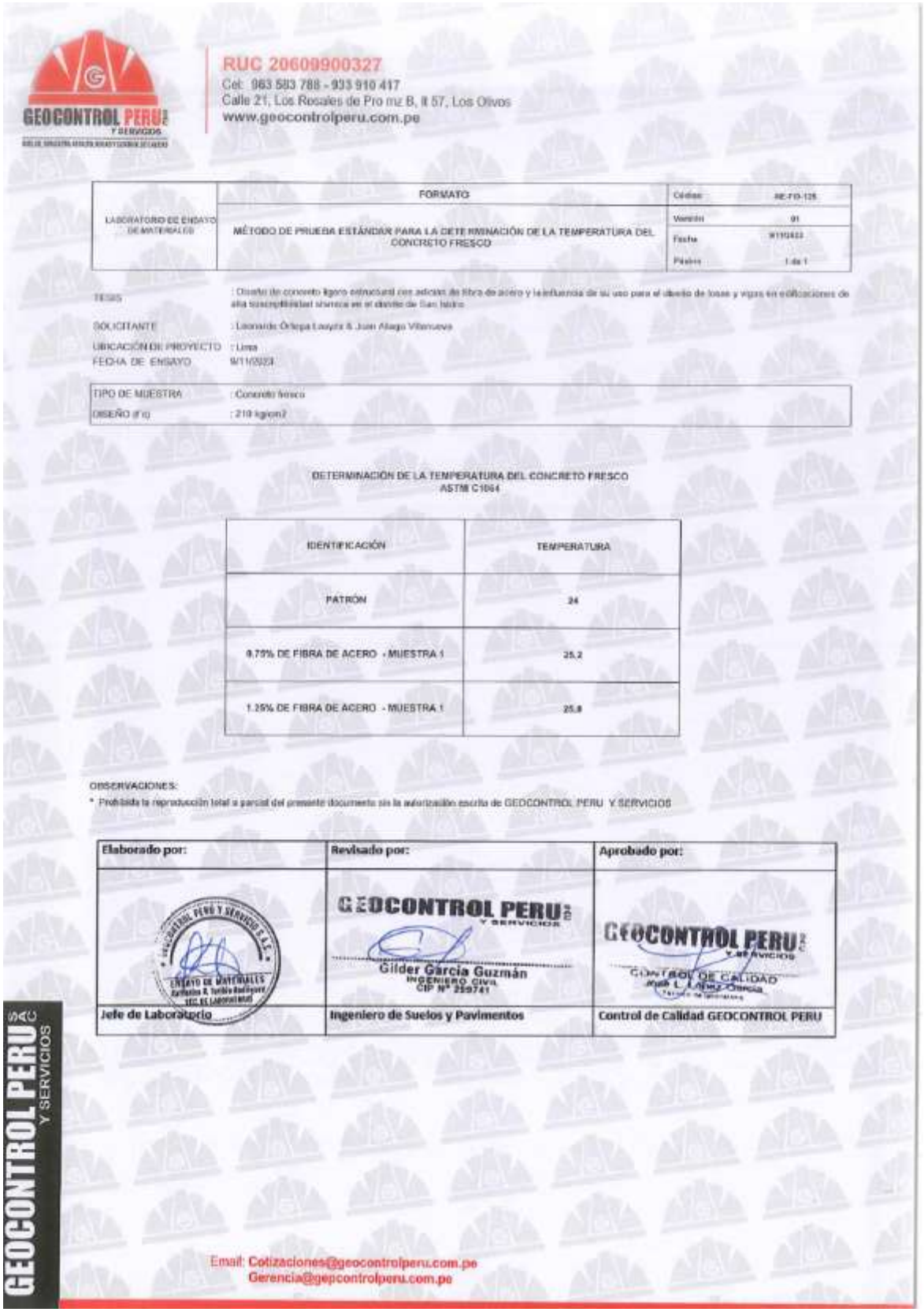
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
ENSAYO DE MATERIALES	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. Loayza García
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 5: Resultados de laboratorio – Temperatura de Concreto Fresco



GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código: AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO	Versión: 01
		Fecha: 9/11/2023
		Página: 1 de 1

TESIS : Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro

SOLICITANTE : Leonardo Ortega Lauyra & Juan Allago Villanueva

UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima

FECHA DE ENSAYO 9/11/2023

TIPO DE MUESTRA	: Concreto fresco
DISEÑO (f'c)	: 210 kg/cm2

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO
ASTM C1064

IDENTIFICACIÓN	TEMPERATURA
PATRÓN	24
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	25.2
1.25% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	25.8

OBSERVACIONES:

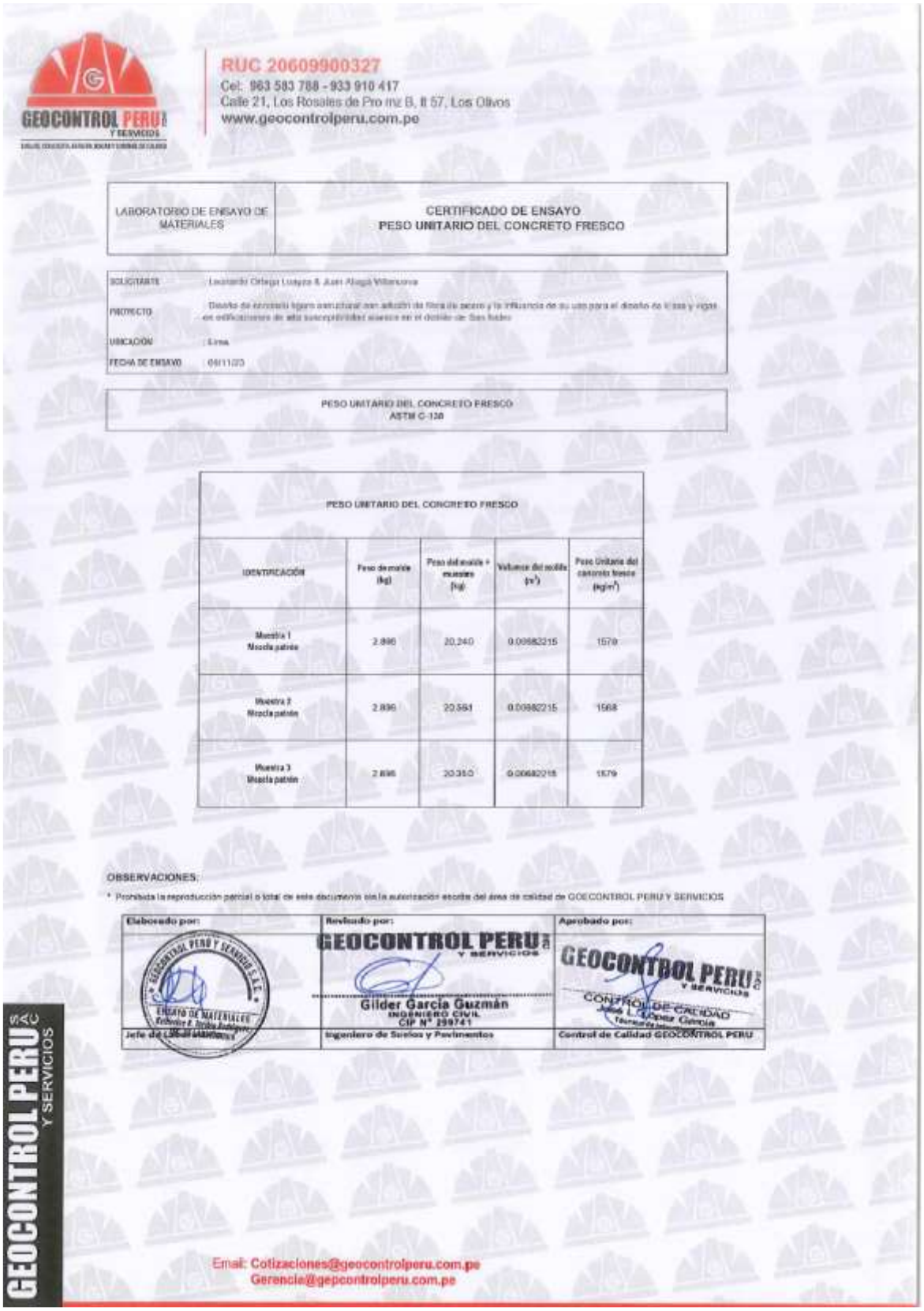
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 259741	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 6: Resultados de laboratorio – Peso Unitario en Concreto Fresco



GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

SOLICITANTE	Leonardo Ortega Luayza & Juan Alaga Villanueva
PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad aislada en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Lima
FECHA DE ENSAYO	09/11/20

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO
ASTM C-138

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

IDENTIFICACIÓN	Peso de molde (kg)	Peso del molde + muestra (kg)	Volumen del molde (m^3)	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
Muestra 1 Mezcla patrón	2.896	20.240	0.00682215	1579
Muestra 2 Mezcla patrón	2.896	20.561	0.00682215	1568
Muestra 3 Mezcla patrón	2.896	20.350	0.00682215	1579

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GOECONTROL PERU Y SERVICIOS

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
ENSAYO DE MATERIALES	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 259741	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROLPERU S.A.C.
Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Abarja Villanueva
PROYECTO	Diseño de concreto liviano estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Lima
FECHA DE ENSAYO	03/11/23

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO
ASTM C-138

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

IDENTIFICACIÓN	Peso de molde (kg)	Peso del molde + muestra (kg)	Volumen del molde (m^3)	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	2.836	20.159	0.00682215	1587
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	2.836	20.256	0.00682215	1592
0.75% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 3	2.836	20.305	0.00682215	1608

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 209741	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

SOLICITANTE	Lizbeth Ortega Leyva & Juan Aragi Villanueva
PROYECTO	Diseño de concreto liger estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad ubicada en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Lima
FECHA DE ENSAYO	25/11/23

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO
ASTM C-138

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

IDENTIFICACIÓN	Peso de molde (kg)	Peso del molde + muestra (kg)	Volumen del molde (m^3)	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)
1.25% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	2.099	20.105	0.00862215	1853
1.25% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	2.099	20.003	0.00862215	1674
1.25% DE FIBRA DE ACERO - MUESTRA 3	2.099	20.009	0.00862215	1683

OBSERVACIONES:

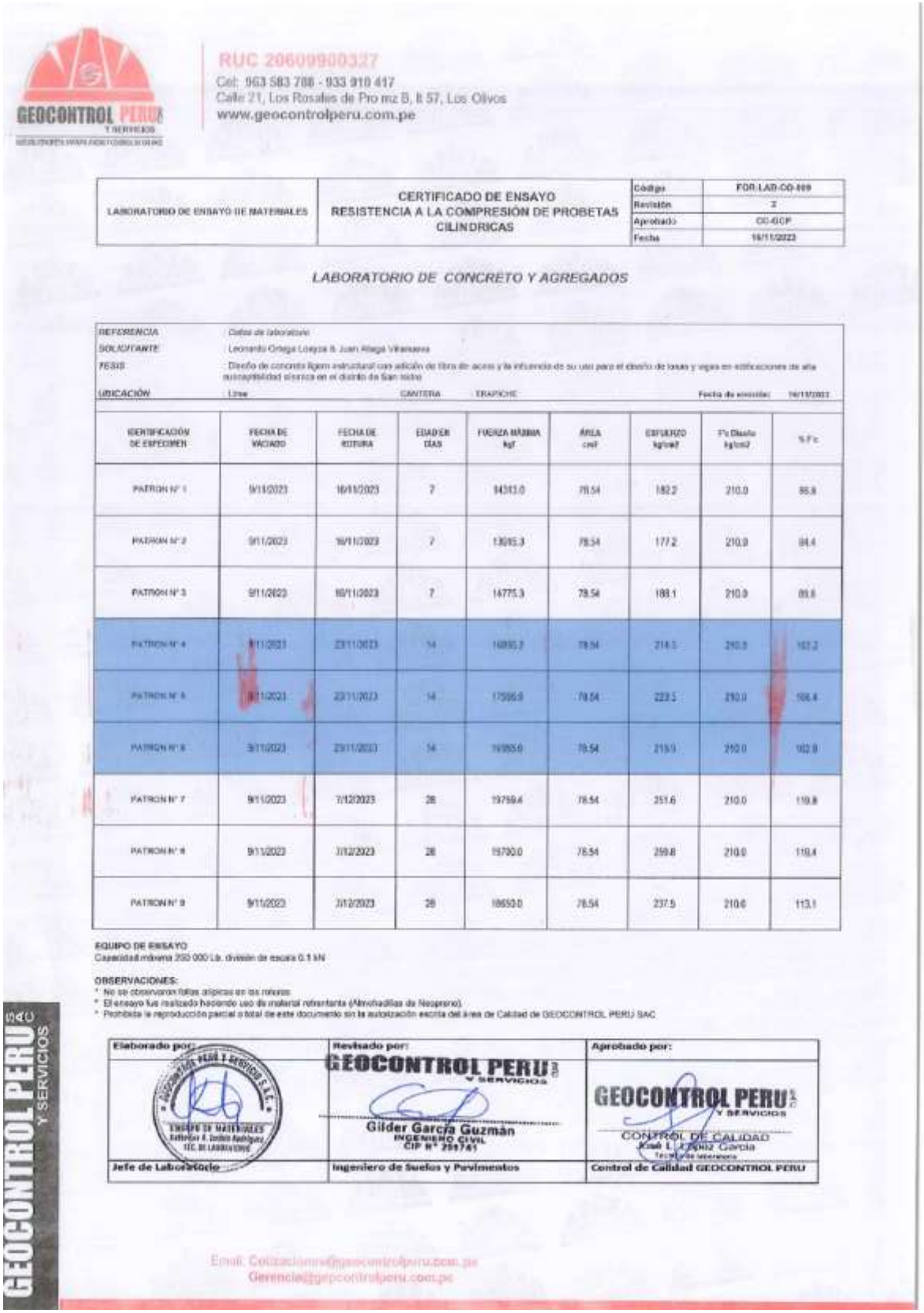
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 298741	Control de Calidad GEOCONTROL PERU CONTROL DE CALIDAD José L. López Silvercia

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 7: Resultados de laboratorio – Resistencia a Compresión de Probeta



GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	16/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
TESIS	Diseño de concreto f'c=210 kg/cm2 estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	Línea CANTERA ERAPICHE Fecha de emisión: 16/11/2023

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm²	ESFUERZO kg/cm²	f'c Diseño kg/cm2	% f'c
PATRON N° 1	9/11/2023	16/11/2023	7	9433.0	78.54	182.2	210.0	86.8
PATRON N° 2	9/11/2023	16/11/2023	7	13695.3	78.54	177.2	210.0	84.4
PATRON N° 3	9/11/2023	16/11/2023	7	14775.3	78.54	188.1	210.0	89.6
PATRON N° 4	9/11/2023	23/11/2023	14	16890.2	78.54	214.1	210.0	102.2
PATRON N° 5	9/11/2023	23/11/2023	14	17566.0	78.54	223.5	210.0	106.4
PATRON N° 6	9/11/2023	23/11/2023	14	16955.0	78.54	215.9	210.0	102.8
PATRON N° 7	9/11/2023	7/12/2023	28	19759.4	78.54	251.6	210.0	119.8
PATRON N° 8	9/11/2023	7/12/2023	28	19700.0	78.54	250.8	210.0	119.4
PATRON N° 9	9/11/2023	7/12/2023	28	18650.0	78.54	237.5	210.0	113.1

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas atípicas en los ensayos
* El ensayo fue realizado haciendo uso de material refrentante (Almohadillas de Neopreno).
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 259741	CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS
RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS	Código	FOR.LAB-CO.009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	16/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
TESIS	: Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN	: Lima CANTERA TRAPICHE Fecha de emisión: 16/11/2023

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F'c
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	9/10/2023	16/10/2023	7	15441.3	78.54	196.6	210.0	93.6
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	9/10/2023	16/10/2023	7	16525.5	78.54	210.4	210.0	100.2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 3	9/10/2023	16/10/2023	7	15896.9	78.54	202.4	210.0	96.2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 4	9/10/2023	23/10/2023	14	19185.6	78.54	244.3	210.0	116.3
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 5	9/10/2023	23/10/2023	14	19002.6	78.54	241.9	210.0	115.2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 6	9/10/2023	23/10/2023	14	18042.9	78.54	229.7	210.0	109.4
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 7	9/10/2023	6/11/2023	28	23736.8	78.54	302.2	210.0	143.9
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 8	9/10/2023	6/11/2023	28	22060.0	78.54	280.9	210.0	133.8
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 9	9/10/2023	6/11/2023	28	23665.7	78.54	301.3	210.0	143.5

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 200 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas atípicas en las roturas
* El ensayo fue realizado haciendo uso de material refrentado (Almohadillas de Neopreno)
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 239741	CONTROL DE CALIDAD José L. Lopez Garcia
Jefe de Laboratorio de Materiales	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS	Codigo	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	16/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
TESIS : Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
UBICACIÓN : Lima — CANTERA : TRAPICHE — Fecha de emisión : 16/11/2023

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F´c
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	9/10/2023	16/10/2023	7	17098.1	78.54	216.9	210.0	103.2
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	9/10/2023	16/10/2023	7	17179.4	78.54	218.7	210.0	104.2
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 3	9/10/2023	16/10/2023	7	16167.3	78.54	205.9	210.0	98.0
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 4	9/10/2023	23/10/2023	14	19256.6	78.54	245.2	210.0	116.8
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 5	9/10/2023	23/10/2023	14	18216.2	78.54	232.0	210.0	110.7
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 6	9/10/2023	23/10/2023	14	19089.0	78.54	243.1	210.0	115.8
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 7	9/10/2023	6/11/2023	28	34917.6	78.54	317.9	210.0	151.1
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 8	9/10/2023	6/11/2023	28	34600.0	78.54	311.9	210.0	148.5
1.25% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 9	9/10/2023	6/11/2023	28	34800.0	78.54	313.2	210.0	149.2

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas atípicas en las roturas
* El ensayo fue realizado haciendo uso de material referente (Almohadillas de Neopreno)
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 8: Resultados de laboratorio – Resistencia a Flexión de Viga

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

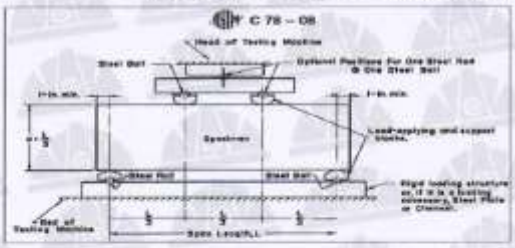
RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

	FORMATO	Código	AE-FO-123
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	16/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO	Diseño de concreto f'c=210 kg/cm2 con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de vivienda unifamiliar ubicado en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Lozano & Juan Ortega Villanueva
UBICACIÓN	Lima
FECHA DE EMISIÓN :	16/11/2023
Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especimenes prismáticos
F'c de diseño	210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRON I	9/11/2023	16/11/2023	7 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.9 kg/cm2
PATRON II	9/11/2023	16/11/2023	7 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	30.7 kg/cm2
PATRON III	9/11/2023	16/11/2023	7 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.3 kg/cm2
PATRON I	9/11/2023	23/11/2023	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	34.9 kg/cm2
PATRON II	9/11/2023	23/11/2023	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	33.8 kg/cm2
PATRON III	9/11/2023	23/11/2023	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.8 kg/cm2
PATRON I	9/11/2023	7/12/2023	28 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	33.3 kg/cm2
PATRON II	9/11/2023	7/12/2023	28 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	34.3 kg/cm2
PATRON III	9/11/2023	7/12/2023	28 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	32.2 kg/cm2



OBSERVACIONES:

* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 298741	Control de Calidad GEOCONTROL PERU CONTROL DE CALIDAD

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS

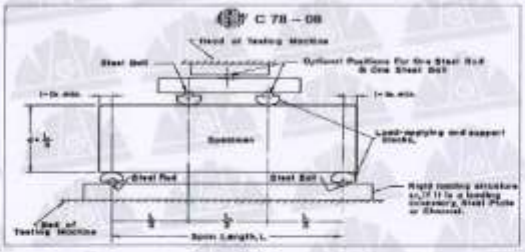
RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE.FO.028
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	10/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO	Diseño de concreto f'cpsi estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y lozas en edificaciones de alta sismicidad [illegible] en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE	Leonardo Cárdenas Loayza & Juan Diego Villanueva
UBICACIÓN	lima
FECHA DE EMISIÓN :	16/11/2023
Tipo de muestra	Concreto en Estado
Presentación	Especimenes prismáticos
F'c de diseño	210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MODULO DE ROTURA
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 1	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.0 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 2	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.2 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 3	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.4 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 4	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	32.8 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 5	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	34.1 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 6	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	33.9 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 7	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	36.7 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 8	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	36.4 kg/cm2
0.75% FIBRA DE ACERO - MUESTRA 9	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	36.0 kg/cm2



OBSERVACIONES:

* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

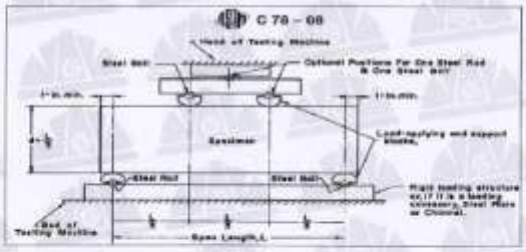
RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, ll 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

08/02/2023	FORMATO	Codigo	AG-FO-113
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	16/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad asentes en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza A. Juan Aliaga Villanueva
UBICACIÓN	Lima
FECHA DE EMISION :	16/11/2023
Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especimenes prismáticos
F'c de diseño	210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 1	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.5 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 2	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.1 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 3	9/11/2023	16/11/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.4 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 4	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	36.0 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 5	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	35.1 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 6	9/11/2023	23/11/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	35.6 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 7	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	38.4 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 8	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	37.3 kg/cm2
1.25% VIDRIO MOLIDO MUESTRA 9	9/11/2023	7/12/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	37.4 kg/cm2



OBSERVACIONES:

* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 9: Resultados de laboratorio – Prueba de Módulo de Elasticidad en Probeta



GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LSR-CON-033
	DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	13/10/2023

PROYECTO: Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE: Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
UBICACIÓN: Lima

Muestra: PATRON I
f'c: 210 kg/cm2
Fecha de emisión: 13/10/2023

INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra:
Presentación: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño: 210 kg/cm2

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm2
0.000091	6.37
0.000145	12.73
0.000200	19.10
0.000273	25.46
0.000379	31.83
0.000427	38.20
0.000500	44.56
0.000545	50.93
0.000600	57.30
0.000655	63.66
0.000727	70.03
0.000773	76.39
0.000818	82.76
0.000909	89.13
0.000991	95.49
0.001045	101.86
0.001127	108.23
0.001182	114.59
0.001245	120.96
0.001282	127.32
0.001355	133.69
0.001391	140.06
0.001455	146.42

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación: F'c 210 - 28 días
Método de curado utilizado: Sumergido en agua

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm2	193,197
Cte. Elás. f'c Ult.	12,848
Cte. Elás. f'c Nomin.	13,202

Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:
* Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
ENSAYO DE MATERIALES Ofelia R. Sotelo Rodriguez JEFE DE LABORATORIO	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, ll 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Código	FOR.LSH-CON-012
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	13/12/2023

PROYECTO : Diseño de concreto f'pero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones en alta sismicidad ubicada en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE : Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
UBICACIÓN : Lima

Muestra : PATRON II
F'c : 210 kg/cm2
Fecha de emisión : 13/12/2023

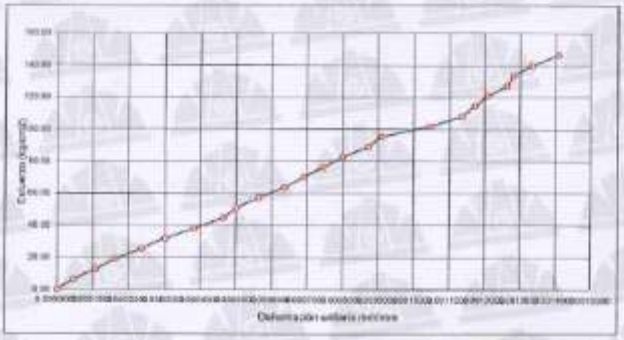
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra :
Presentación : Especimenes CILINDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm2

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/c.m2
0.000049	6.37
0.000099	12.73
0.000164	19.10
0.000236	25.46
0.000300	31.83
0.000382	38.20
0.000464	44.56
0.000550	50.93
0.000564	57.30
0.000636	63.66
0.000691	70.03
0.000745	76.39
0.000800	82.76
0.000873	89.13
0.000909	95.49
0.001045	101.86
0.001136	108.23
0.001173	114.59
0.001209	120.96
0.001264	127.32
0.001382	133.69
0.001336	140.06
0.001409	146.42



DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : F'c 256 - 28 días
Método de curado utilizado : Sumergido en agua

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm2	184,842
Cte. Elás. f'c Ult.	12,323
Cte. Elás. f'c Nomin.	12,755



Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:
* Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
* Prohibido la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del Área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
ENSAYO DE MATERIALES	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 259741	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Código	FOR-LEM-GEM-032
		Revisión	1
		Aprobado	GGP
		Fecha	11/11/2023

PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta sismicidad clásica en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
UBICACIÓN	Lima

Muestra	: 1.25% FIBRA DE ACERO - PROBETA 1		
f'c	: 210 kg/cm2	Fecha de emisión:	11/11/2023

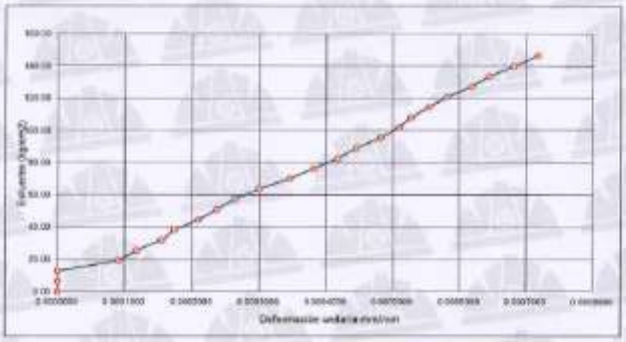
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra	
Presentación	: Especimenes CILINDRICOS DE 6" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm2

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm2
0.000000	6.37
0.000000	12.73
0.000091	19.10
0.000118	25.46
0.000156	31.83
0.000173	38.20
0.000209	44.56
0.000236	50.93
0.000264	57.30
0.000300	63.66
0.000345	70.03
0.000382	76.39
0.000418	82.76
0.000445	89.13
0.000482	95.49
0.000509	101.86
0.000527	108.23
0.000555	114.59
0.000582	120.96
0.000618	127.32
0.000645	133.69
0.000682	140.06
0.000718	146.42



DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : F'c 210 - 28 días
Método de curado utilizado : Sumergido en agua

RESULTADOS MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm2	183,573
Cte. Elás. Fc Ult.	11,853
Cte. Elás. Fc Nomin.	12,995



Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:
* Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 239741	GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, ll 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Código	FOR-LSR-CON-032
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	11/11/2023

PROYECTO	Diseño de concreto ligero estructural con adición de fibra de acero y la influencia de su uso para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alta susceptibilidad sísmica en el distrito de San Isidro
SOLICITANTE	Leonardo Ortega Loayza & Juan Aliaga Villanueva
UBICACIÓN	Lima

Muestra	: 1.25% FIBRA DE ACERO - PROBETA II		
F'c	: 210 kg/cm2	Fecha de emisión:	11/11/2023

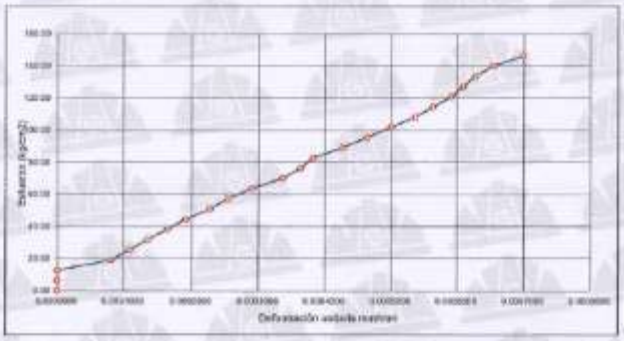
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra	
Presentación	: Especimenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm2

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm2
0.000000	6.37
0.000009	12.73
0.000062	19.10
0.000109	25.46
0.000156	31.83
0.000164	38.20
0.000191	44.56
0.000227	50.93
0.000255	57.30
0.000291	63.66
0.000338	70.03
0.000364	76.39
0.000382	82.76
0.000427	89.13
0.000464	95.49
0.000500	101.86
0.000536	108.23
0.000564	114.59
0.000591	120.96
0.000609	127.32
0.000627	133.69
0.000655	140.06
0.000700	146.42



DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : F'c 210 - 28 días
Método de curado utilizado : Sumergido en agua

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm2	183,868
Cte. Elás. Fc UE	11,966
Cte. Elás. Fc Nomin.	12,688



Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:
* Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 290741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD José L. López Garcia Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

ANEXO 10: Análisis de Irregularidades para Estructura de CLE con 0.00% de FA

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	2.94	3.44	0.85	Sí	-	-
Azotea	42.30	2.37	17.83	Sí	Regular	-
Piso 8	136.86	2.62	52.21	No	Regular	-
Piso 7	208.27	2.61	79.77	No	Regular	Regular
Piso 6	256.03	2.54	100.80	No	Regular	Regular
Piso 5	290.53	2.60	111.83	No	Regular	Regular
Piso 4	316.56	2.54	124.68	No	Regular	Regular
Piso 3	360.69	2.40	150.54	No	Regular	Regular
Piso 2	398.20	2.07	192.27	No	Regular	Regular
Piso 1	428.89	1.46	294.77	No	Regular	Regular
Sotano 1	450.94	0.25	1775.34	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	467.28	0.13	3679.34	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	474.89	0.09	5586.89	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando Eje (X)	1

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	3.32	27.48	0.12	Sí	-	-
Azotea	50.58	32.86	1.54	Sí	Regular	-
Piso 8	134.74	35.03	3.85	No	Regular	-
Piso 7	190.93	30.09	6.34	No	Regular	Regular
Piso 6	222.84	25.25	8.82	No	Regular	Regular
Piso 5	247.48	20.52	12.06	No	Regular	Regular
Piso 4	274.88	15.70	17.51	No	Regular	Regular
Piso 3	313.90	11.04	28.44	No	Regular	Regular
Piso 2	346.49	6.71	51.66	No	Regular	Regular
Piso 1	374.55	3.10	120.67	No	Regular	Regular
Sotano 1	398.45	0.56	711.51	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	412.46	0.25	1636.73	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	418.61	0.10	4104.04	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando Eje (Y)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	2.94	Sí	-
Azotea	42.30	Sí	Regular
Piso 8	136.86	No	Regular
Piso 7	208.27	No	Regular
Piso 6	256.03	No	Regular
Piso 5	290.53	No	Regular
Piso 4	316.56	No	Regular
Piso 3	360.69	No	Regular
Piso 2	398.20	No	Regular
Piso 1	428.89	No	Regular
Sotano 1	450.94	Sí	Regular
Sotano 2	467.28	Sí	Regular
Sotano 3	474.89	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje X)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	3.32	Sí	-
Azotea	50.58	Sí	Regular
Piso 8	134.74	No	Regular
Piso 7	190.93	No	Regular
Piso 6	222.84	No	Regular
Piso 5	247.48	No	Regular
Piso 4	274.88	No	Regular
Piso 3	313.90	No	Regular
Piso 2	346.49	No	Regular
Piso 1	374.55	No	Regular
Sotano 1	398.45	Sí	Regular
Sotano 2	412.46	Sí	Regular
Sotano 3	418.61	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje Y)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.52	Sí	-
Azotea	126.58	Sí	Regular
Piso 8	354.92	No	Regular
Piso 7	355.63	No	Regular
Piso 6	341.33	No	Regular
Piso 5	355.63	No	Regular
Piso 4	341.33	No	Regular
Piso 3	355.63	No	Regular
Piso 2	341.33	No	Regular
Piso 1	355.48	No	Regular
Sotano 1	599.06	Sí	Regular
Sotano 2	545.60	Sí	Regular
Sotano 3	545.60	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje X)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.52	Sí	-
Azotea	126.58	Sí	Regular
Piso 8	354.92	No	Regular
Piso 7	355.63	No	Regular
Piso 6	341.33	No	Regular
Piso 5	355.63	No	Regular
Piso 4	341.33	No	Regular
Piso 3	355.63	No	Regular
Piso 2	341.33	No	Regular
Piso 1	355.48	No	Regular
Sotano 1	599.06	Sí	Regular
Sotano 2	545.60	Sí	Regular
Sotano 3	545.60	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje Y)	1

Nivel	dx max (mm)	dx min (mm)	Dx prom (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	1.75	-	Omitir
Azotea	3.85	1.61	2.73	2.8	**Irregular**	Cálcular
Piso 8	3.90	1.66	2.78	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 7	3.89	1.65	2.77	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 6	3.80	1.59	2.70	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 5	3.94	1.57	2.76	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	3.88	1.50	2.69	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	3.70	1.36	2.53	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	3.19	1.13	2.16	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	2.66	1.25	1.96	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	3.5	-	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir

Irregularidad Torsional Eje (X)	0.75

Nivel	dy max (mm)	dy min (mm)	Dy prom (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	1.75	-	Omitir
Azotea	7.51	3.58	5.55	2.8	**Irregular**	Cálcular
Piso 8	6.88	3.64	5.26	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 7	6.84	3.57	5.21	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 6	6.72	3.50	5.11	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 5	6.93	3.42	5.18	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	6.78	3.22	5.00	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	6.36	2.88	4.62	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	5.30	2.38	3.84	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	4.31	2.19	3.25	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	3.5	-	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir

Irregularidad Torsional Eje (Y)	0.75

ANEXO 11: Análisis de Irregularidades para Estructura de CLE con 0.75% de FA

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	2.88	2.64	1.09	Sí	-	-
Azotea	41.79	2.09	20.01	Sí	Regular	-
Piso 8	136.60	2.33	58.70	No	Regular	-
Piso 7	208.55	2.34	89.01	No	Regular	Regular
Piso 6	256.57	2.29	111.99	No	Regular	Regular
Piso 5	291.49	2.37	123.04	No	Regular	Regular
Piso 4	317.31	2.34	135.66	No	Regular	Regular
Piso 3	361.25	2.24	161.63	No	Regular	Regular
Piso 2	398.19	1.96	202.85	No	Regular	Regular
Piso 1	428.26	1.40	305.03	No	Regular	Regular
Sotano 1	449.66	0.25	1784.37	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	465.53	0.13	3724.26	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	472.95	0.09	5564.13	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando (Eje X)	1

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	3.01	22.98	0.13	Sí	-	-
Azotea	46.01	27.26	1.69	Sí	Regular	-
Piso 8	123.15	29.05	4.24	No	Regular	-
Piso 7	175.87	25.10	7.01	No	Regular	Regular
Piso 6	206.11	21.18	9.73	No	Regular	Regular
Piso 5	229.94	17.33	13.27	No	Regular	Regular
Piso 4	254.23	13.37	19.01	No	Regular	Regular
Piso 3	289.83	9.49	30.54	No	Regular	Regular
Piso 2	319.04	5.83	54.70	No	Regular	Regular
Piso 1	344.54	2.74	125.61	No	Regular	Regular
Sotano 1	365.79	0.51	724.33	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	378.44	0.23	1631.19	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	383.99	0.09	4084.99	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando (Eje Y)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	2.88	Sí	-
Azotea	41.79	Sí	Regular
Piso 8	136.60	No	Regular
Piso 7	208.55	No	Regular
Piso 6	256.57	No	Regular
Piso 5	291.49	No	Regular
Piso 4	317.31	No	Regular
Piso 3	361.25	No	Regular
Piso 2	398.19	No	Regular
Piso 1	428.26	No	Regular
Sotano 1	449.66	Sí	Regular
Sotano 2	465.53	Sí	Regular
Sotano 3	472.95	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje X)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	3.01	Sí	-
Azotea	46.01	Sí	Regular
Piso 8	123.15	No	Regular
Piso 7	175.87	No	Regular
Piso 6	206.11	No	Regular
Piso 5	229.94	No	Regular
Piso 4	254.23	No	Regular
Piso 3	289.83	No	Regular
Piso 2	319.04	No	Regular
Piso 1	344.54	No	Regular
Sotano 1	365.79	Sí	Regular
Sotano 2	378.44	Sí	Regular
Sotano 3	383.99	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje Y)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.54	Sí	-
Azotea	127.13	Sí	Regular
Piso 8	356.18	No	Regular
Piso 7	356.90	No	Regular
Piso 6	342.60	No	Regular
Piso 5	356.90	No	Regular
Piso 4	342.60	No	Regular
Piso 3	356.90	No	Regular
Piso 2	342.60	No	Regular
Piso 1	356.76	No	Regular
Sotano 1	600.56	Sí	Regular
Sotano 2	546.98	Sí	Regular
Sotano 3	546.98	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje X)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.54	Sí	-
Azotea	127.13	Sí	Regular
Piso 8	356.18	No	Regular
Piso 7	356.90	No	Regular
Piso 6	342.60	No	Regular
Piso 5	356.90	No	Regular
Piso 4	342.60	No	Regular
Piso 3	356.90	No	Regular
Piso 2	342.60	No	Regular
Piso 1	356.76	No	Regular
Sotano 1	600.56	Sí	Regular
Sotano 2	546.98	Sí	Regular
Sotano 3	546.98	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje Y)	1

Nivel	dx_{max} (mm)	dx_{min} (mm)	Dx_{prom} (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	-	-	Omitir
Azotea	5.48	2.45	3.97	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 8	3.38	1.50	2.44	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 7	3.42	1.51	2.47	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 6	3.36	1.45	2.41	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 5	3.54	1.44	2.49	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	3.53	1.38	2.46	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	3.41	1.27	2.34	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	3.01	1.06	2.04	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	2.59	1.21	1.90	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	2.7	#N/A	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.7	#N/A	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.7	#N/A	Omitir

Irregularidad Torsional (Eje X)	0.75

Nivel	dy_{max} (mm)	dy_{min} (mm)	Dy_{prom} (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	-	-	Omitir
Azotea	6.17	2.94	4.56	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 8	5.42	3.05	4.23	2.7	Regular	Cálcular
Piso 7	5.48	3.01	4.24	2.7	Regular	Cálcular
Piso 6	5.39	2.96	4.17	2.7	Regular	Cálcular
Piso 5	5.64	2.91	4.28	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	5.59	2.76	4.18	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	5.35	2.49	3.92	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	4.54	2.07	3.31	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	3.82	1.94	2.88	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	2.7	-	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.7	-	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.7	-	Omitir

Irregularidad Torsional (Eje Y)	0.75

ANEXO 12: Análisis de Irregularidades para Estructura de CLE con 1.25% de FA

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	2.87	2.39	1.20	Sí	-	-
Azotea	41.89	1.99	21.06	Sí	Regular	-
Piso 8	137.01	2.24	61.22	No	Regular	-
Piso 7	209.33	2.26	92.54	No	Regular	Regular
Piso 6	257.60	2.21	116.41	No	Regular	Regular
Piso 5	292.79	2.30	127.52	No	Regular	Regular
Piso 4	318.66	2.27	140.13	No	Regular	Regular
Piso 3	362.69	2.19	165.99	No	Regular	Regular
Piso 2	399.57	1.93	207.46	No	Regular	Regular
Piso 1	429.52	1.39	309.68	No	Regular	Regular
Sotano 1	450.71	0.25	1795.67	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	466.37	0.13	3731.00	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	473.69	0.09	5572.81	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando (Eje X)	1

Nivel	V_i (tonf)	d_{ix} (mm)	K_i (tonf/mm)	Azotea /Sótano?	Críterio	
					1	2
Techo	2.96	21.89	0.14	Sí	-	-
Azotea	45.44	25.92	1.75	Sí	Regular	-
Piso 8	121.52	27.65	4.40	No	Regular	-
Piso 7	173.91	23.93	7.27	No	Regular	Regular
Piso 6	204.14	20.22	10.10	No	Regular	Regular
Piso 5	228.04	16.58	13.75	No	Regular	Regular
Piso 4	251.75	12.83	19.63	No	Regular	Regular
Piso 3	286.87	9.14	31.40	No	Regular	Regular
Piso 2	315.48	5.64	55.94	No	Regular	Regular
Piso 1	340.51	2.67	127.68	No	Regular	Regular
Sotano 1	361.37	0.50	728.56	Sí	Regular	Regular
Sotano 2	373.79	0.23	1632.25	Sí	Regular	Regular
Sotano 3	379.24	0.09	4077.86	Sí	Regular	Regular

Irregularidad de Piso Blando (Eje Y)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	2.87	Sí	-
Azotea	41.89	Sí	Regular
Piso 8	137.01	No	Regular
Piso 7	209.33	No	Regular
Piso 6	257.60	No	Regular
Piso 5	292.79	No	Regular
Piso 4	318.66	No	Regular
Piso 3	362.69	No	Regular
Piso 2	399.57	No	Regular
Piso 1	429.52	No	Regular
Sotano 1	450.71	Sí	Regular
Sotano 2	466.37	Sí	Regular
Sotano 3	473.69	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje X)	1

Nivel	V_i (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	2.96	Sí	-
Azotea	45.44	Sí	Regular
Piso 8	121.52	No	Regular
Piso 7	173.91	No	Regular
Piso 6	204.14	No	Regular
Piso 5	228.04	No	Regular
Piso 4	251.75	No	Regular
Piso 3	286.87	No	Regular
Piso 2	315.48	No	Regular
Piso 1	340.51	No	Regular
Sotano 1	361.37	Sí	Regular
Sotano 2	373.79	Sí	Regular
Sotano 3	379.24	Sí	Regular

Irregularidad de Piso Debil (Eje Y)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.61	Sí	-
Azotea	128.75	Sí	Regular
Piso 8	359.87	No	Regular
Piso 7	360.62	No	Regular
Piso 6	346.33	No	Regular
Piso 5	360.62	No	Regular
Piso 4	346.33	No	Regular
Piso 3	360.62	No	Regular
Piso 2	346.33	No	Regular
Piso 1	360.48	No	Regular
Sotano 1	604.94	Sí	Regular
Sotano 2	551.02	Sí	Regular
Sotano 3	551.02	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje X)	1

Nivel	Peso (tonf)	Azotea /Sótano?	Criterio
Techo	9.61	Sí	-
Azotea	128.75	Sí	Regular
Piso 8	359.87	No	Regular
Piso 7	360.62	No	Regular
Piso 6	346.33	No	Regular
Piso 5	360.62	No	Regular
Piso 4	346.33	No	Regular
Piso 3	360.62	No	Regular
Piso 2	346.33	No	Regular
Piso 1	360.48	No	Regular
Sotano 1	604.94	Sí	Regular
Sotano 2	551.02	Sí	Regular
Sotano 3	551.02	Sí	Regular

Irregularidad de Peso (Eje Y)	1

Nivel	dx_{max} (mm)	dx_{min} (mm)	Dx_{prom} (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	1.75	-	Omitir
Azotea	2.24	1.42	1.83	2.8	Regular	Omitir
Piso 8	3.22	1.46	2.34	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 7	3.28	1.47	2.37	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 6	3.23	1.41	2.32	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 5	3.41	1.40	2.41	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	3.42	1.35	2.38	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	3.32	1.24	2.28	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	2.95	1.04	2.00	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	2.56	1.19	1.88	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	3.5	-	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir

Irregularidad Torsional (Eje X)	0.75

Nivel	dy_{max} (mm)	dy_{min} (mm)	Dy_{prom} (mm)	h (m)	Críterio	
					1	2
Techo	-	-	-	1.75	-	Omitir
Azotea	3.87	2.83	3.35	2.8	Regular	Cálcular
Piso 8	5.07	2.90	3.98	2.7	Regular	Cálcular
Piso 7	5.14	2.87	4.01	2.7	Regular	Cálcular
Piso 6	5.08	2.83	3.96	2.7	Regular	Cálcular
Piso 5	5.32	2.79	4.06	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 4	5.31	2.66	3.98	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 3	5.10	2.40	3.75	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 2	4.36	2.01	3.18	2.7	**Irregular**	Cálcular
Piso 1	3.72	1.89	2.81	2.7	**Irregular**	Cálcular
Sotano 1	0.00	0.00	0.00	3.5	-	Omitir
Sotano 2	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir
Sotano 3	0.00	0.00	0.00	2.8	-	Omitir

Irregularidad Torsional (Eje Y)	0.75

ANEXO 13: Cálculo de Propiedades de Peligro Sísmico por Zonificación, Suelo, Categoría y Sistema Estructural – Diseño Original

$Zona :=$ Z1 / Z2 / Z3 / Z4 $\quad Suelo :=$ S0 / S1 / S2 / S3 $\quad Categoria :=$ A / B / C

Altura de edificio

$h_n := 35.25\ m$

Coeficiente de estimación de periodo fundamental

$C_{TX} := 60 \qquad C_{TY} := 60$

Periodo Fundamental Calculado - ETABS

$T_{XCalculado} := 0.519\ s \qquad T_{YCalculado} := 0.877\ s$

Cortante Basal Estático en Estructura

$V_{Xestática} := 839.3033\ tonnef$

$V_{Yestática} := 562.1656\ tonnef$

$V_{Xdinámica} := 755.27 \cdot tonnef$

$V_{Ydinámica} := 505.89\ tonnef$

Cortante en Muros en la Base

$V_{X_Muros} := 715.49\ tonnef$

$V_{Y_Muros} := 480.65\ tonnef$

Porcentaje de la Cortante Soportada por Muros

$$V'_X := \frac{V_{X_Muros}}{V_{Xdinámica}} = 0.95$$

$$V'_Y := \frac{V_{Y_Muros}}{V_{Ydinámica}} = 0.95$$

$Sistema_{Estructural_X_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{Estructural_Y_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{Estructural_X_E.060} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{Estructural_Y_E.060} =$ "Muros Estructurales"

Eje X

$S.E._X :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

Eje Y

$S.E._Y :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

---

$R_{0X} = 6$

$I_{aX} := 1.00$

$I_{pX} := 0.75$

$R_X := R_{0X} \cdot I_{aX} \cdot I_{pX} = 4.5$

$R_{0Y} = 6$

$I_{aY} := 1.00$

$I_{pY} := 0.75$

$R_Y := R_{0Y} \cdot I_{aY} \cdot I_{pY} = 4.5$

Parámetros de Diseño Sismorresistente

$Z = 0.45 \quad U = 1 \quad C_X = 1.7 \quad C_Y = 1.14 \quad S = 1 \quad T_P = 0.4\ s \quad T_L = 2.5\ s \quad R_X = 4.5 \quad R_Y = 4.5$

$T_X = 0.588\ s \qquad T_Y = 0.877\ s \qquad k_X = 1.04\ s \qquad k_Y = 1.19\ s$

Coeficiente de Cortante Basal Estática

Eje X

$$CV_X := \frac{Z \cdot U \cdot C_X \cdot S}{R_X} = 0.1702$$

Eje Y

$$CV_Y := \frac{Z \cdot U \cdot C_Y \cdot S}{R_Y} = 0.114$$

Cortante Basal Estática y Dinámica Calculada

Eje X

$$V_{Xestática} = 839.3\ tonnef$$

$$V_{Xdinámica} = 755.27\ tonnef$$

Eje Y

$$V_{Yestática} = 562.17\ tonnef$$

$$V_{Ydinámica} = 505.89\ tonnef$$

Verificación de Escalamiento - 90% por Irregularidad

Eje X

$$\frac{V_{Xdinámica}}{V_{Xestática}} = 0.9$$

Eje Y

$$\frac{V_{Ydinámica}}{V_{Yestática}} = 0.9$$

ANEXO 14: Cálculo de Propiedades de Peligro Sísmico por Zonificación, Suelo, Categoría y Sistema Estructural – Diseño con Vigas y Losas de CLE con 0.00% de FA

$Zona :=$ Z1 / Z2 / Z3 / Z4 $\quad Suelo :=$ S0 / S1 / S2 / S3 $\quad Categoria :=$ A / B / C

Altura de edificio

$h_n := 35.25\ m$

Coeficiente de estimación de periodo fundamental

$C_{TX} := 60 \qquad C_{TY} := 60$

Periodo Fundamental Calculado - ETABS

$T_{XCalculado} := 0.522\ s \qquad T_{YCalculado} := 0.922\ s$

Cortante Basal Estático en Estructura

$V_{Xestática} := 754.1466\ tonnef$

$V_{Yestática} := 520.64\ tonnef$

$V_{Xdinámica} := 678.73 \cdot tonnef$

$V_{Ydinámica} := 468.57\ tonnef$

Cortante en Muros en la Base

$V_{X_Muros} := 642.49\ tonnef$

$V_{Y_Muros} := 429.65\ tonnef$

Porcentaje de la Cortante Soportada por Muros

$$V'_X := \frac{V_{X_Muros}}{V_{Xdinámica}} = 0.95$$

$$V'_Y := \frac{V_{Y_Muros}}{V_{Ydinámica}} = 0.92$$

$Sistema_{_Estructural_X_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_X_E.060} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.060} =$ "Muros Estructurales"

Eje X

$S.E._X :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

Eje Y

$S.E._Y :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

---

$R_{0X} = 6$

$I_{aX} := 1.00$

$I_{pX} := 0.75$

$R_X := R_{0X} \cdot I_{aX} \cdot I_{pX} = 4.5$

$R_{0Y} = 6$

$I_{aY} := 1.00$

$I_{pY} := 0.75$

$R_Y := R_{0Y} \cdot I_{aY} \cdot I_{pY} = 4.5$

Parámetros de Diseño Sismorresistente

$Z = 0.45 \quad U = 1 \quad C_X = 1.7 \quad C_Y = 1.08 \quad S = 1 \quad T_P = 0.4\ s \quad T_L = 2.5\ s \quad R_X = 4.5 \quad R_Y = 4.5$

$T_X = 0.588\ s \qquad T_Y = 0.922\ s \qquad k_X = 1.04\ s \qquad k_Y = 1.21\ s$

Coeficiente de Cortante Basal Estática

Eje X

$$CV_X := \frac{Z \cdot U \cdot C_X \cdot S}{R_X} = 0.1702$$

Eje Y

$$CV_Y := \frac{Z \cdot U \cdot C_Y \cdot S}{R_Y} = 0.1085$$

Cortante Basal Estática y Dinámica Calculada

Eje X

$$V_{Xestática} = 754.15\ tonnef$$

$$V_{Xdinámica} = 678.73\ tonnef$$

Eje Y

$$V_{Yestática} = 520.64\ tonnef$$

$$V_{Ydinámica} = 468.57\ tonnef$$

Verificación de Escalamiento - 90% por Irregularidad

Eje X

$$\frac{V_{Xdinámica}}{V_{Xestática}} = 0.9$$

Eje Y

$$\frac{V_{Ydinámica}}{V_{Yestática}} = 0.9$$

ANEXO 15: Cálculo de Propiedades de Peligro Sísmico por Zonificación, Suelo, Categoría y Sistema Estructural – Diseño con Vigas y Losas de CLE con 0.75% de FA

$Zona :=$ Z1 / Z2 / Z3 / Z4 $\quad Suelo :=$ S0 / S1 / S2 / S3 $\quad Categoria :=$ A / B / C

Altura de edificio

$h_n := 35.25\ m$

Coeficiente de estimación de periodo fundamental

$C_{TX} := 60 \qquad C_{TY} := 60$

Periodo Fundamental Calculado - ETABS

$T_{XCalculado} := 0.495\ s \qquad T_{YCalculado} := 0.852\ s$

Cortante Basal Estático en Estructura

$V_{Xestática} := 756.5333\ tonnef$

$V_{Yestática} := 521.8389\ tonnef$

$V_{Xdinámica} := 680.7186 \cdot tonnef$

$V_{Ydinámica} := 469.7624\ tonnef$

Cortante en Muros en la Base

$V_{X_Muros} := 644.1828\ tonnef$

$V_{Y_Muros} := 434.2941\ tonnef$

Porcentaje de la Cortante Soportada por Muros

$$V'_X := \frac{V_{X_Muros}}{V_{Xdinámica}} = 0.95$$

$$V'_Y := \frac{V_{Y_Muros}}{V_{Ydinámica}} = 0.92$$

$Sistema_{_Estructural_X_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_X_E.060} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.060} =$ "Muros Estructurales"

Eje X

$S.E._X :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

Eje Y

$S.E._Y :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

---

$R_{0X} = 6$

$I_{aX} := 1.00$

$I_{pX} := 0.75$

$R_X := R_{0X} \cdot I_{aX} \cdot I_{pX} = 4.5$

$R_{0Y} = 6$

$I_{aY} := 1.00$

$I_{pY} := 0.75$

$R_Y := R_{0Y} \cdot I_{aY} \cdot I_{pY} = 4.5$

Parámetros de Diseño Sismorresistente

$Z = 0.45 \quad U = 1 \quad C_X = 1.7 \quad C_Y = 1.17 \quad S = 1 \quad T_P = 0.4\ s \quad T_L = 2.5\ s \quad R_X = 4.5 \quad R_Y = 4.5$

$T_X = 0.588\ s \qquad T_Y = 0.852\ s \qquad k_X = 1.04\ s \qquad k_Y = 1.18\ s$

Coeficiente de Cortante Basal Estática

Eje X

$$CV_X := \frac{Z \cdot U \cdot C_X \cdot S}{R_X} = 0.1702$$

Eje Y

$$CV_Y := \frac{Z \cdot U \cdot C_Y \cdot S}{R_Y} = 0.1174$$

Cortante Basal Estática y Dinámica Calculada

Eje X

$$V_{Xestática} = 756.53\ tonnef$$

$$V_{Xdinámica} = 680.72\ tonnef$$

Eje Y

$$V_{Yestática} = 521.84\ tonnef$$

$$V_{Ydinámica} = 469.76\ tonnef$$

Verificación de Escalamiento - 90% por Irregularidad

Eje X

$$\frac{V_{Xdinámica}}{V_{Xestática}} = 0.9$$

Eje Y

$$\frac{V_{Ydinámica}}{V_{Yestática}} = 0.9$$

ANEXO 16: Cálculo de Propiedades de Peligro Sísmico por Zonificación, Suelo, Categoría y Sistema Estructural – Diseño con Vigas y Losas de CLE con 1.25% de FA

$Zona :=$ Z1 / Z2 / Z3 / Z4 $\quad Suelo :=$ S0 / S1 / S2 / S3 $\quad Categoria :=$ A / B / C

Altura de edificio

$h_n := 35.25\ m$

Coeficiente de estimación de periodo fundamental

$C_{TX} := 60 \qquad C_{TY} := 60$

Periodo Fundamental Calculado - ETABS

$T_{XCalculado} := 0.491\ s \qquad T_{YCalculado} := 0.841\ s$

Cortante Basal Estático en Estructura

$V_{Xestática} := 763.4984\ tonnef$

$V_{Yestática} := 533.3724\ tonnef$

$V_{Xdinámica} := 687.15 \cdot tonnef$

$V_{Ydinámica} := 480.04\ tonnef$

Cortante en Muros en la Base

$V_{X_Muros} := 655.2845\ tonnef$

$V_{Y_Muros} := 445.8156\ tonnef$

Porcentaje de la Cortante Soportada por Muros

$$V'_X := \frac{V_{X_Muros}}{V_{Xdinámica}} = 0.95$$

$$V'_Y := \frac{V_{Y_Muros}}{V_{Ydinámica}} = 0.93$$

$Sistema_{_Estructural_X_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_X_E.060} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.030} =$ "Muros Estructurales"

$Sistema_{_Estructural_Y_E.060} =$ "Muros Estructurales"

Eje X

$S.E._X :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

Eje Y

$S.E._Y :=$ Pórticos / Dual / Muros Estructurales / Ductilidad Limitada

---

$R_{0X} = 6$

$I_{aX} := 1.00$

$I_{pX} := 0.75$

$R_X := R_{0X} \cdot I_{aX} \cdot I_{pX} = 4.5$

$R_{0Y} = 6$

$I_{aY} := 1.00$

$I_{pY} := 0.75$

$R_Y := R_{0Y} \cdot I_{aY} \cdot I_{pY} = 4.5$

Parámetros de Diseño Sismorresistente

$Z = 0.45 \quad U = 1 \quad C_X = 1.7 \quad C_Y = 1.19 \quad S = 1 \quad T_P = 0.4\ s \quad T_L = 2.5\ s \quad R_X = 4.5 \quad R_Y = 4.5$

$T_X = 0.588\ s \qquad T_Y = 0.841\ s \qquad k_X = 1.04\ s \qquad k_Y = 1.17\ s$

Coeficiente de Cortante Basal Estática

Eje X

$$CV_X := \frac{Z \cdot U \cdot C_X \cdot S}{R_X} = 0.1702$$

Eje Y

$$CV_Y := \frac{Z \cdot U \cdot C_Y \cdot S}{R_Y} = 0.1189$$

Cortante Basal Estática y Dinámica Calculada

Eje X

$$V_{Xestática} = 763.5\ tonnef$$

$$V_{Xdinámica} = 687.15\ tonnef$$

Eje Y

$$V_{Yestática} = 533.37\ tonnef$$

$$V_{Ydinámica} = 480.04\ tonnef$$

Verificación de Escalamiento - 90% por Irregularidad

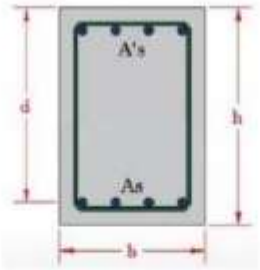
Eje X

$$\frac{V_{Xdinámica}}{V_{Xestática}} = 0.9$$

Eje Y

$$\frac{V_{Ydinámica}}{V_{Yestática}} = 0.9$$

ANEXO 17: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP40x55 (1-Sot) - Original



Propiedades Geométricas de Sección - VP 40x55

$b := 40\ cm$ $Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 2400\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 19.33\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 7.36\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.17 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.98\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 5.84\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.002$ $As_{mín_1} = 3.88\ cm^2$

$I_g = \left(5.55 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 7.01\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0024$ $As_{mín_2} = 4.73\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 4.73\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\rho_{b_max} = 0.0108$ $A_{sb} = 42.48\ cm^2$ $As_{máx} = 21.24\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1142$

$\rho_{req_positivo} = 0.0057$

$As_{req_positivo} = 11.19\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 11.19\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.0416$

$\rho_{req_negativo} = 0.0021$

$As_{req_negativo} = 4.07\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_negativo'} = 4.73\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 34.31\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 14.98\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 26.95\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 9.22\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 16.58\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 30.46\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 37.82\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "No Requiere"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 4 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 3/4″

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8″

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 23.12\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 11.19\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 23.12\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 3 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1″

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 8.55\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 0\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 4.73\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 8.55\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.51\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 12.19\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 13.6\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 5.03\ cm$

$c_{Positivo} = 16\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 5.92\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 6.19 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 0.02$

$\mu_{Positivo} = 2.95$ $\quad \mu_{Negativo} = 10.4$

$M_{r_Positivo} = 19.83\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 9.24\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 7.36\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 23.12\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 8.55\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 7.795\ m$

$l_n := 7.55\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 1.69\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.89\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 20cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.86\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 29.11\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.528\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.301\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.6\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.92\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

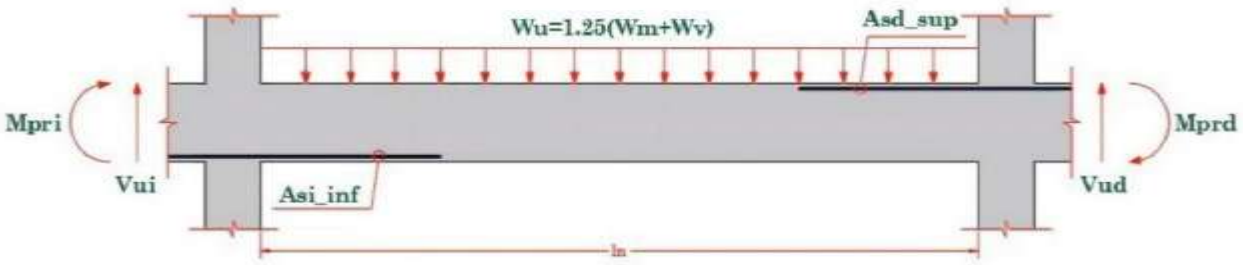
$w_u = 6.33\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 28.818\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 1 | $As_{_Sup_Central} := 8.55\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 3/4" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 12.984\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 23.118\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 12.984\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 5.03\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 7.64\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 16.69\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 24.64\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 16.69\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 24.64\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 29.36\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 7.64\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 16.95\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 24.64\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 49.05\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 24.64\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 49.05\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 33.64\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 29.36\ tonnef$

$V_{ud} = 33.64\ tonnef$

$V_u = 33.64\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 15.05\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 24.53\ tonnef$

$V_{s_max} = 59.65\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 31.24\ tonnef$

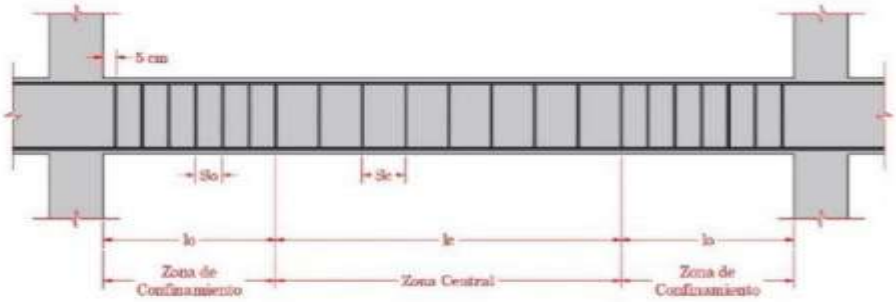
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 24.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 2.85\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 23.94\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 15\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 7$

$l_c = 5.25\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 21$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 6.4\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.5\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 15.05\ tonnef$

$V_{s_final} = 39.15\ tonnef$

$V_n = 46.07\ tonnef$

$V_u = 33.64\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.92\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

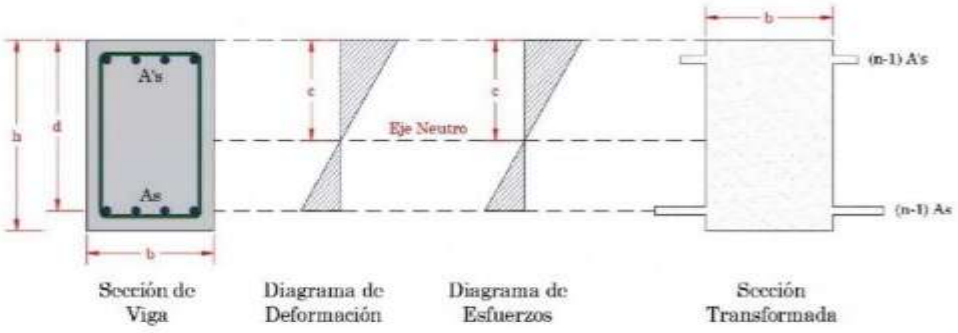
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 554583.33\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.286\ m$

$I_{g2} = 697270.842\ cm^4$



$c = 17.56\ cm$

$I_{cr} = 313894.16\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 697270.84\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 7.35\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 442533.254\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.61\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.47\ cm$

$\rho' = 0.0044$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.64$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 3.12\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 4.33\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 2.17\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

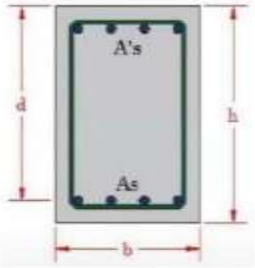
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

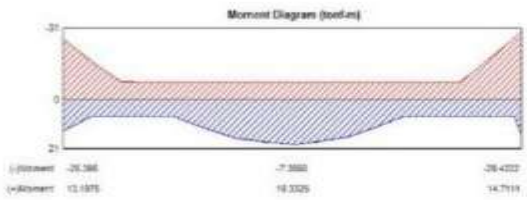
$\delta_{max_3} = 1.62\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

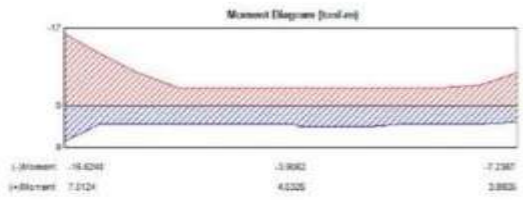
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 3.25\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 18: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP40x55 (1-Sot) – 0.00%







Propiedades Geométricas de Sección - VP 40x55

$b := 40\ cm$ $Capas_{Pos} :=$ [1, 2, 3] $Capas_{Neg} :=$ [1, 2, 3]

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1572.3\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 19.33\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 7.36\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(9.95 \cdot 10^4\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.31\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 5.71\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0022$ $As_{mín_1} = 4.04\ cm^2$

$I_g = \left(5.55 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 6.85\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0024$ $As_{mín_2} = 4.44\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 4.44\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\rho_{b_max} = 0.0108$ $A_{sb} = 39.88\ cm^2$ $As_{máx} = 19.94\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.131$

$w_{_negativo} = 0.0473$

$\rho_{req_positivo} = 0.0065$

$\rho_{req_negativo} = 0.0024$

$As_{req_positivo} = 12.05\ cm^2$

$As_{req_negativo} = 4.35\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 12.05\ cm^2$

$As_{_negativo'} = 4.44\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 30.24\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 10.91\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 22.88\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 7.22\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 15.13\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 27.16\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 35.07\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "No Requiere"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 2

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 3/4"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ 3 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 11.4\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 15.2\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 12.05\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 26.6\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 2

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 15.83\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 0\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 4.44\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 15.83\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 7.49\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 7.07\ cm$

$s_{2_Positivo} = 11.24\ cm$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 15.65\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 9.31\ cm$

$c_{Positivo} = 18.41\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 10.96\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 4.5 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 9.59 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 2.14$ $\quad \mu_{Negativo} = 4.57$

$M_{r_Positivo} = 19.34\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 7.72\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 7.36\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 26.6\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 15.83\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 7.795\ m$

$l_n := 7.55\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 1.69\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.89\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 20cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.86\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 29.11\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.346\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.235\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.393\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.02\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

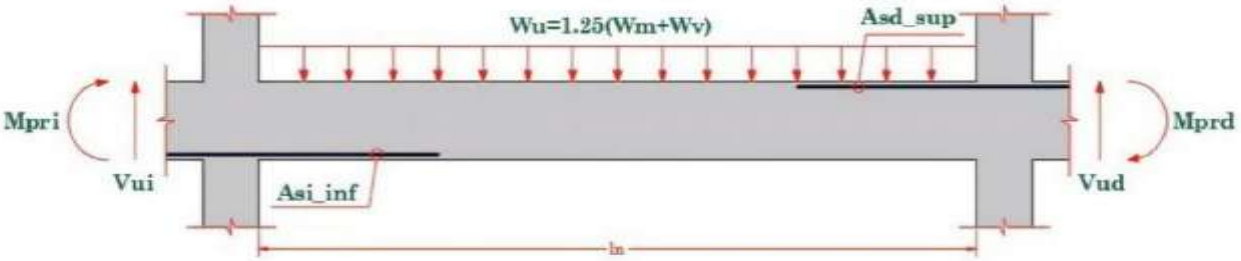
$w_u = 5.21\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Sup_Central} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 18.68\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 10.77\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 26.60\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.77\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 9.31\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 6.34\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 29.48\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 20.73\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 29.48\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 20.73\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 26.33\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 6.34\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 10.99\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 20.73\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 34.13\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 20.73\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 34.13\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 26.94\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 27.86\ tonnef$

$V_{ud} = 29.11\ tonnef$

$V_u = 29.11\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 12.01\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 22.23\ tonnef$

$V_{s_max} = 55.99\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 29.33\ tonnef$

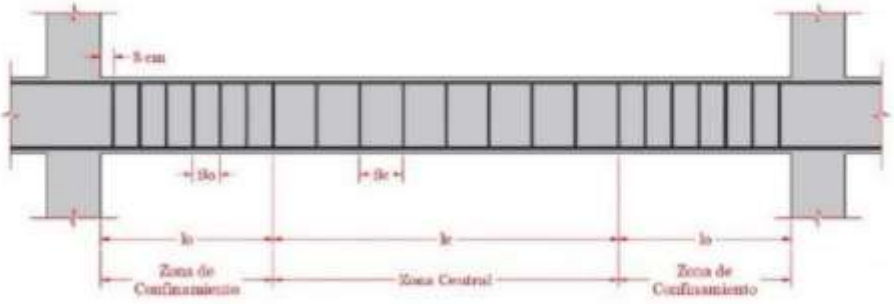
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 23\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 13.204\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 5.25\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 20\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 26$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 5.11\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.33\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 12.01\ tonnef$

$V_{s_final} = 27.56\ tonnef$

$V_n = 33.64\ tonnef$

$V_u = 29.11\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.02\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

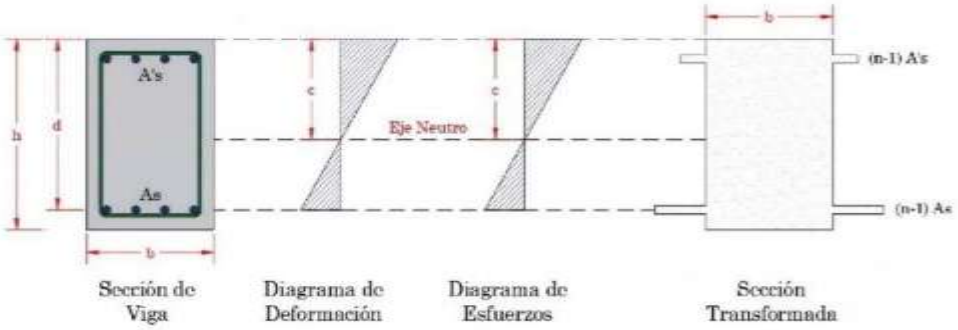
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 554583.33\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.302\ m$

$I_{g2} = 983747.084\ cm^4$



$c = 23.66\ cm$

$I_{cr} = 566615.13\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 983747.08\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 10.13\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 932746.669\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.57\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.59\ cm$

$\rho' = 0.0044$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.64$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 3.17\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 4.33\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 2.17\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

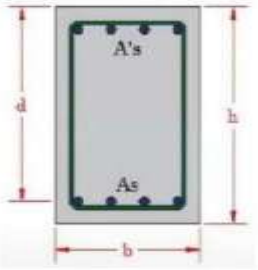
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

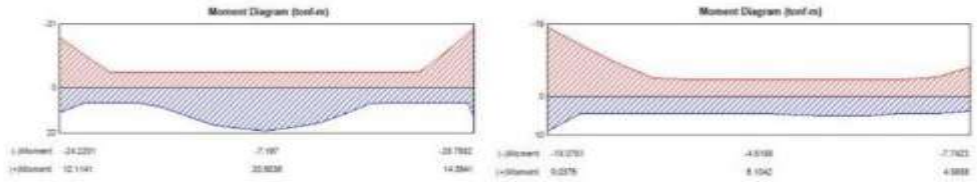
$\delta_{max_3} = 1.62\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 3.25\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 19: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP40x55 (1-Sot) – 0.75%





Propiedades Geométricas de Sección - VP 40x55

$b := 40\ cm$ $\quad Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $\quad Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \gamma_c := 1595.7\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 20.90\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 7.20\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(1.75 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_{cu} := 0.003$ $\quad \beta_1 = 0.85$ $\quad \phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_y := 0.0021$ $\quad \phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 30.6\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad M_{cr} = 6.17\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_1} = 0.0021$ $\quad As_{mín_1} = 4.07\ cm^2$

$I_g = \left(5.55 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\quad \phi M_n = 7.41\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_2} = 0.0028$ $\quad As_{mín_2} = 5.47\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 5.47\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$ $\quad \rho_{b_max} = 0.0145$ $\quad A_{sb} = 56.64\ cm^2$ $\quad As_{máx} = 28.32\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.0913$

$\rho_{req_positivo} = 0.0061$

$As_{req_positivo} = 11.93\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positivo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 11.93\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.0303$

$\rho_{req_negativo} = 0.002$

$As_{req_negativo} = 3.96\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_negativo'} = 5.47\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 45.75\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 24.85\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 38.55\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 15.29\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 23.72\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 43.61\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 52.04\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "No Requiere"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 5 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 2

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 24.38\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 11.93\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 24.38\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 2

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 15.83\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 0\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 5.47\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 15.83\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 2.58\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 7.07\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 10.76\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 6.99\ cm$

$c_{Positivo} = 12.66\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 8.22\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 8.61 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 0.01$

$\mu_{Positivo} = 4.1$ $\quad \mu_{Negativo} = 7.09$

$M_{r_Positivo} = 21.85\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 10.45\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 20.9\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 7.2\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 24.38\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 15.83\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 7.795\ m$

$l_n := 7.55\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 1.69\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.89\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 20cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.49\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 29.14\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.351\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.237\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.399\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.05\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

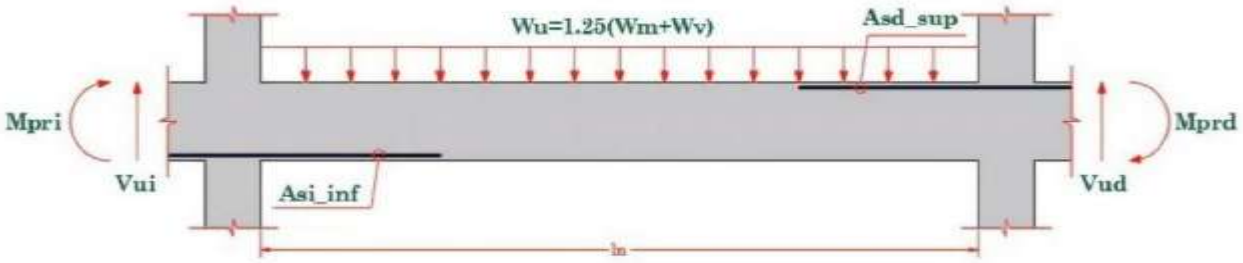
$w_u = 5.24\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 14.25\ cm^2$ | $As_{_Sup_Central} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 18.68\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 22.64\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 8.55\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 6.29\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 3.77\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 27.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 27.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 25.67\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 3.77\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 8.24\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 16.92\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 35.21\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 16.92\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 35.21\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 26.7\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 27.49\ tonnef$

$V_{ud} = 29.14\ tonnef$

$V_u = 29.14\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 14.78\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 19.51\ tonnef$

$V_{s_max} = 68.87\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 36.08\ tonnef$

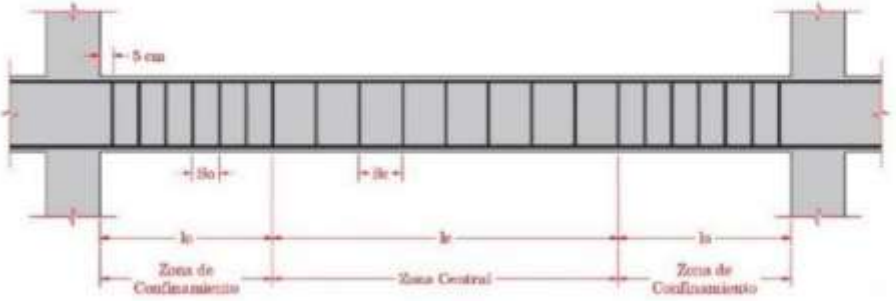
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 24.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 15.051\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 15\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 7$

$l_c = 5.25\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 21$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 6.28\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.5\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 14.78\ tonnef$

$V_{s_final} = 19.57\ tonnef$

$V_n = 29.2\ tonnef$

$V_u = 29.14\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.05\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

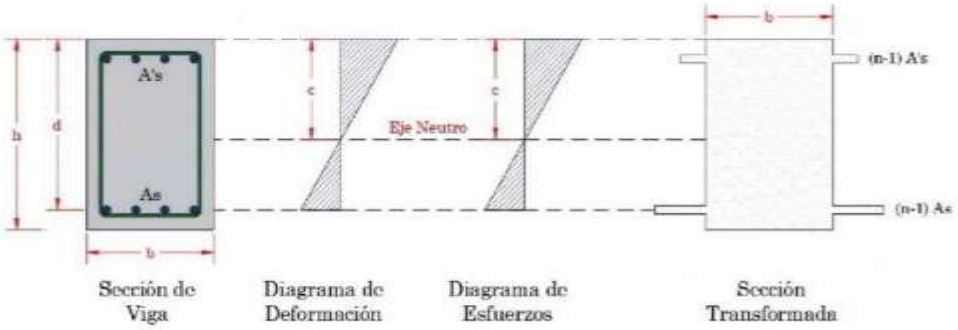
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 554583.33\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.288\ m$

$I_{g2} = 737161.425\ cm^4$



$c = 18.75\ cm$

$I_{cr} = 368821.48\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 737161.43\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 8.2\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 540701.237\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.55\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.58\ cm$

$\rho' = 0.0044$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.64$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 3.13\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 4.33\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 2.17\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

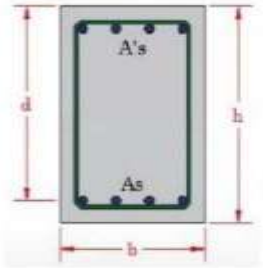
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

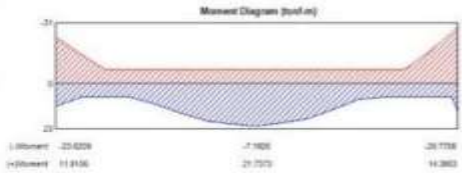
$\delta_{max_3} = 1.62\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

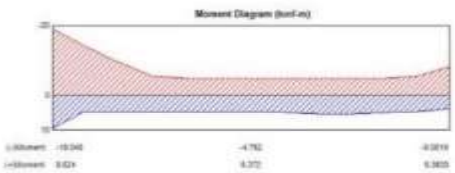
Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 3.25\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 20: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP40x55 (1-Sot) – 1.25%







Propiedades Geométricas de Sección - VP 40x55

$b := 40\ cm$ $\quad Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $\quad Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \gamma_c := 1664.0\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 21.74\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 7.19\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.12 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_{cu} := 0.003$ $\quad \beta_1 = 0.85$ $\quad \phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_y := 0.0021$ $\quad \phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 32.05\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad M_{cr} = 6.46\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_1} = 0.0022$ $\quad As_{mín_1} = 4.27\ cm^2$

$I_g = \left(5.55 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\quad \phi M_n = 7.75\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_2} = 0.0028$ $\quad As_{mín_2} = 5.47\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 5.47\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$ $\quad \rho_{b_max} = 0.0145$ $\quad A_{sb} = 56.64\ cm^2$ $\quad As_{máx} = 28.32\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.0952$

$\rho_{req_positivo} = 0.0063$

$As_{req_positivo} = 12.44\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 12.44\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.0302$

$\rho_{req_negativo} = 0.002$

$As_{req_negativo} = 3.95\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_negativo'} = 5.47\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 45.75\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 24.01\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 38.56\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 14.77\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 23.72\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 43.09\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 52.05\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "No Requiere"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} := 3$ $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} := 2$

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} := 3/4''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} := 1''$

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} := 5/8''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} := 5/8''$

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} := 5/8''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 18.68\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positivo} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 12.44\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 18.68\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} := 3$ $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} := 3/4''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} := 1''$

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} := 5/8''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 8.55\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 0\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 5.47\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 8.55\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.83\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 12.19\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 8.24\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 3.77\ cm$

$c_{Positivo} = 9.7\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 4.44\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 0.03$

$\mu_{Positivo} = 5.79$ $\quad \mu_{Negativo} = 14.35$

$M_{r_Positivo} = 23.44\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 10.82\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 21.74\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 7.19\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 18.68\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 8.55\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 7.795\ m$

$l_n := 7.55\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 1.69\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.89\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 20cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.59\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 29.40\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.366\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.242\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.416\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.12\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

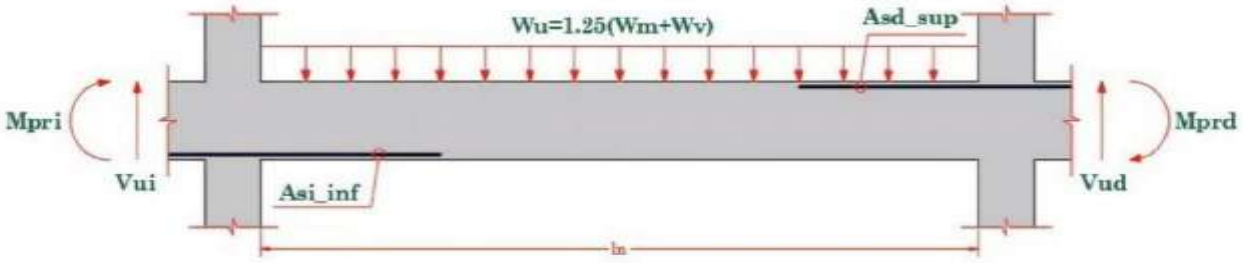
$w_u = 5.34\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 14.25\ cm^2$ | $As_{_Sup_Central} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 18.68\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 18.68\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 8.55\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 49\ cm$

$d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 6.29\ cm$

$a_{_Inf_Der} = 3.77\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 27.45\ tonnef \cdot m$

$M_{nd_Caso_1} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 27.45\ tonnef \cdot m$

$M_{prd_Caso_1} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 26.02\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$

$d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 3.77\ cm$

$a_{_Sup_Der} = 8.24\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$M_{nd_Caso_2} = 35.21\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 16.92\ tonnef \cdot m$

$M_{prd_Caso_2} = 35.21\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 27.05\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 27.59\ tonnef$

$V_{ud} = 29.4\ tonnef$

$V_u = 29.4\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 14.78\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 19.81\ tonnef$

$V_{s_max} = 68.87\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 36.08\ tonnef$

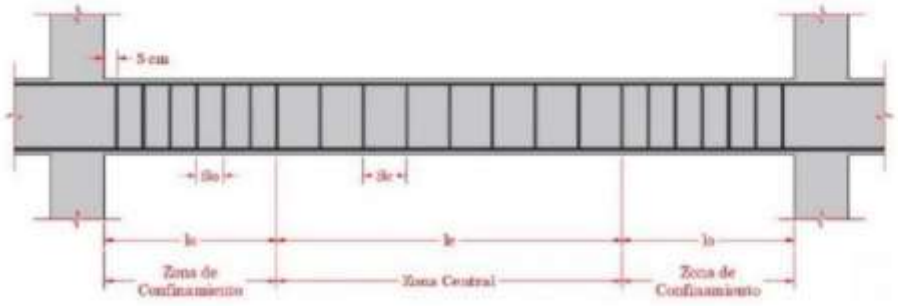
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 24.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 14.818\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 5.25\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 21$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 6.28\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.33\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 14.78\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 37.51\ tonnef$

$V_u = 29.4\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.12\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.15\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

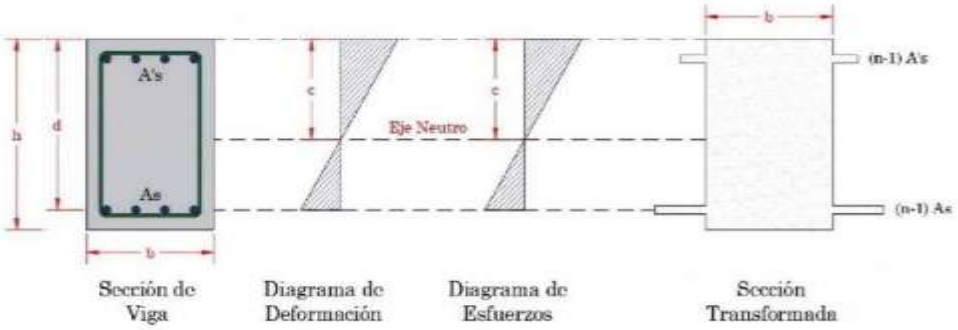
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 554583.33\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.283\ m$

$I_{g2} = 676653.243\ cm^4$



$c = 16.25\ cm$

$I_{cr} = 272810.42\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 676653.24\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 7.88\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 440195.031\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.61\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.59\ cm$

$\rho' = 0.0044$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.64$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 3.23\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 4.33\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 2.17\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

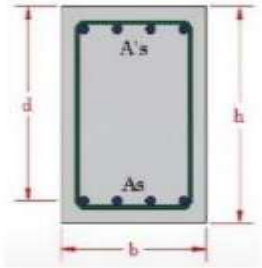
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

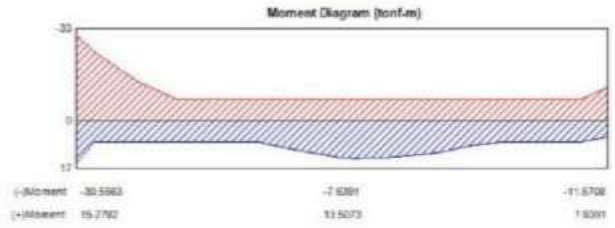
$\delta_{max_3} = 1.62\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 3.25\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 21: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP25x55 (2-Sot) – Original





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $\quad Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $\quad Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \gamma_c := 2400\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 13.50\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 7.64\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.17 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_{cu} := 0.003$ $\quad \beta_1 = 0.85$ $\quad \phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad \varepsilon_y := 0.0021$ $\quad \phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.98\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\quad M_{cr} = 3.65\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_1} = 0.002$ $\quad As_{mín_1} = 2.42\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\quad \phi M_n = 4.38\ tonnef \cdot m$ $\quad \rho_{mín_2} = 0.0024$ $\quad As_{mín_2} = 2.96\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 2.96\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\quad \rho_{b_max} = 0.0108$ $\quad A_{sb} = 26.55\ cm^2$ $\quad As_{máx} = 13.28\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1288$

$\rho_{req_positivo} = 0.0064$

$As_{req_positivo} = 7.89\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 7.89\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.0703$

$\rho_{req_negativo} = 0.0035$

$As_{req_negativo} = 4.3\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_negativo'} = 4.3\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 21.45\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 7.95\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 13.81\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 4.89\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 8.49\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 18.16\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 21.77\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "No Requiere"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 3/4″

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8″

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.13\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 5.7\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 7.89\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 15.83\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1″

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8″ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 5.7\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 0\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 4.3\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 5.7\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 10.02\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 11.29\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 14.9\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 5.36\ cm$

$c_{Positivo} = 17.53\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 6.31\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 5.38 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 0.02$

$\mu_{Positivo} = 2.56$ $\quad \mu_{Negativo} = 9.66$

$M_{r_Positivo} = 13.76\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 8.37\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 13.5\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 7.64\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 15.83\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 5.7\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 3\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 3\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 32.54\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 21.25\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.33\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.349\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.6\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 4.68\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

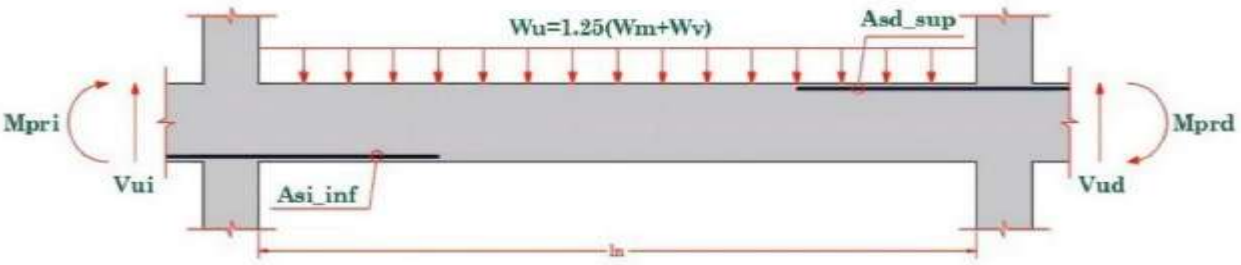
$w_u = 7.72\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 18.68\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 5.70\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 5.70\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 10.13\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.13\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 17.58\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 9.53\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 29.19\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 29.19\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 30.8\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 9.53\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 5.36\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 18.82\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 11.09\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 18.82\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 11.09\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 27.7\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 32.54\ tonnef$

$V_{ud} = 27.7\ tonnef$

$V_u = 32.54\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 9.41\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 28.87\ tonnef$

$V_{s_max} = 37.28\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8″

$V_{s_lim} = 19.53\ tonnef$

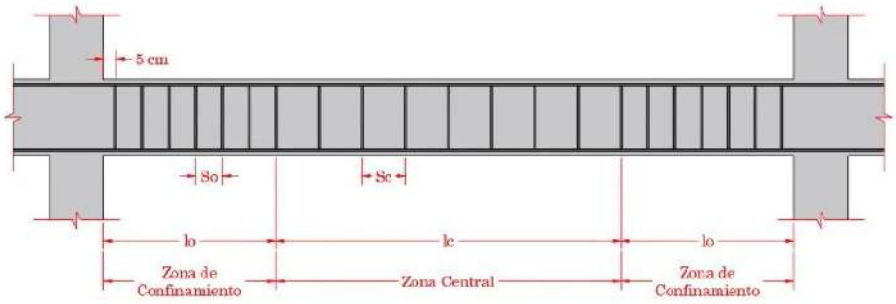
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 12.25\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 10.168\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 4\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 9.41\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 32.95\ tonnef$

$V_u = 32.54\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 4.68\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

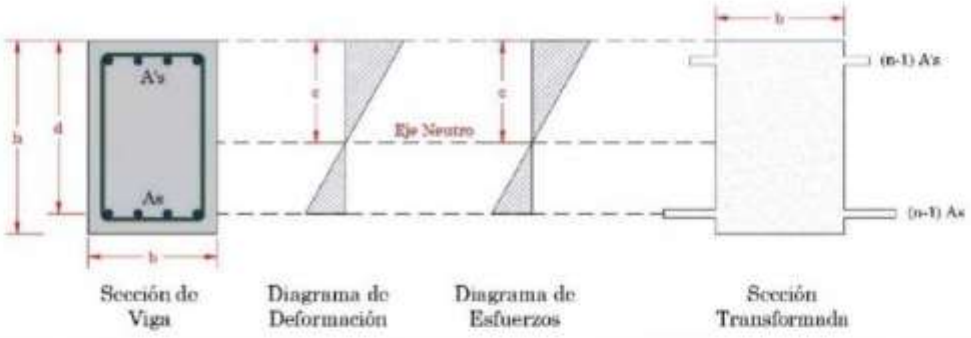
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.287\ m$

$I_{g2} = 444775.082\ cm^4$



$c = 18.15\ cm$

$I_{cr} = 210791.92\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 444775.08\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 4.69\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 231169.313\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.29\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.41\ cm$

$\rho' = 0.0047$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.62$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.51\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

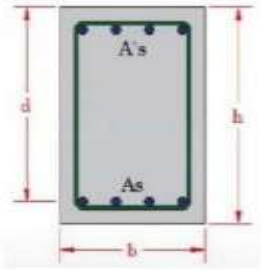
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

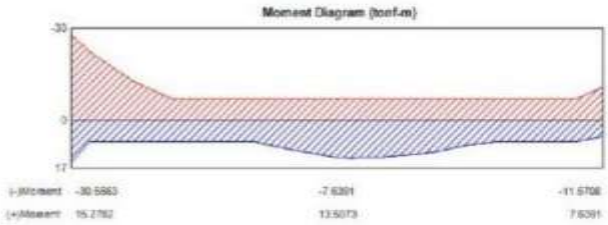
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 22: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP25x55 (2-Sot) – 0.00%





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} :=$ 1, 2, 3 $Capas_{Neg} :=$ 1, 2, 3

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1572.3\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 15.28\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 30.56\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(9.95 \cdot 10^4\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.31\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 3.57\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0022$ $As_{mín_1} = 2.53\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.28\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0024$ $As_{mín_2} = 2.78\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 2.78\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\rho_{b_max} = 0.0108$ $A_{sb} = 24.93\ cm^2$ $As_{máx} = 12.46\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1698$

$w_{_negativo} = 0.4001$

$\rho_{req_positivo} = 0.0085$

$\rho_{req_negativo} = 0.02$

$As_{req_positivo} = 9.77\ cm^2$

$As_{req_negativo} = 23.01\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_positivo'} = 9.77\ cm^2$

$As_{_negativo'} = 23.01\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 18.9\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 3.62\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 11.66\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 2.39\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 7.71\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 14.86\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 20.18\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.77\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 9.77\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 10.77\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 20.18\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.38\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.38\ cm$

$s_{2_Positivo} = -0.15\ m$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 10.13\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 19.67\ cm$

$c_{Positivo} = 11.92\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 23.14\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 8.58 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 2.96 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 4.08$ $\quad \mu_{Negativo} = 1.41$

$M_{r_Positivo} = 16.79\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 30.64\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 15.28\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 30.56\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 3\ m$	$A_{t_Paño_2} := 3\ m$
$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada	$Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza
$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D	$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D
$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm	$e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 32.54\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 21.25\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$	$w_{Viga} = 0.216\ tonnef \cdot m^{-1}$
$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$	$w_{Losa_Paño_1} = 0.267\ tonnef \cdot m^{-2}$
$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$	$w_{Losa_Paño_2} = 0.393\ tonnef \cdot m^{-2}$
$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$	

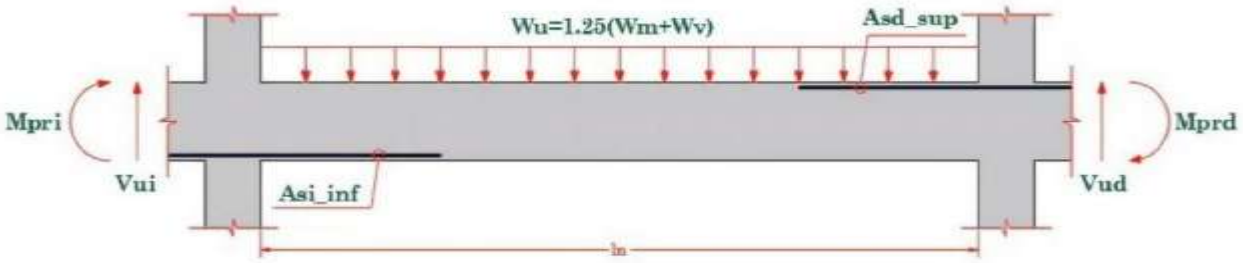
$w_m = 3.7\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_u = 6.49\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 20.90\ cm^2$		$As_{_Sup_Der} := 10.77\ cm^2$
$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2	$As_{_Sup_Central} := 5.70\ cm^2$	$Capas_{_Sup_Der} :=$ 1
$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1"	$Capas_{_Sup_Central} :=$ 1	$\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 10.77\ cm^2$	$As_{_Inf_Central} := 23.118\ cm^2$	$As_{_Inf_Der} := 10.77\ cm^2$
$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1	$Capas_{_Inf_Central} :=$ 2	$Capas_{_Inf_Der} :=$ 1
$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1"		$\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 19.67\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 10.14\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 31.75\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 19.87\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 31.75\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 19.87\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 27.82\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 10.14\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 10.14\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 19.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 19.87\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 19.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 19.87\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 25.79\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 32.54\ tonnef$

$V_{ud} = 25.79\ tonnef$

$V_u = 32.54\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 7.51\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 30.77\ tonnef$

$V_{s_max} = 35\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 18.33\ tonnef$

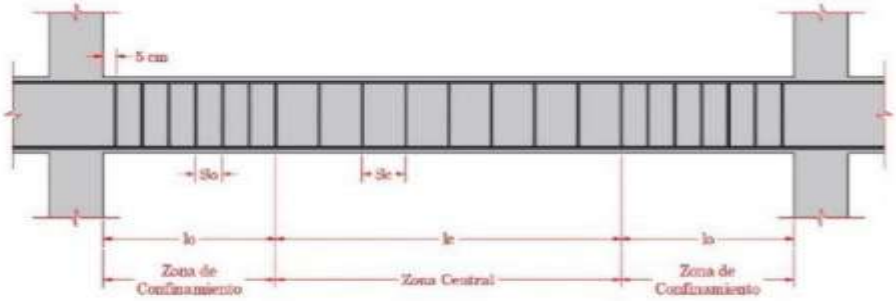
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 11.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 9.54\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 5\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 22$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 3.19\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.1\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 7.51\ tonnef$

$V_{s_final} = 58.72\ tonnef$

$V_n = 56.29\ tonnef$

$V_u = 32.54\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.7\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

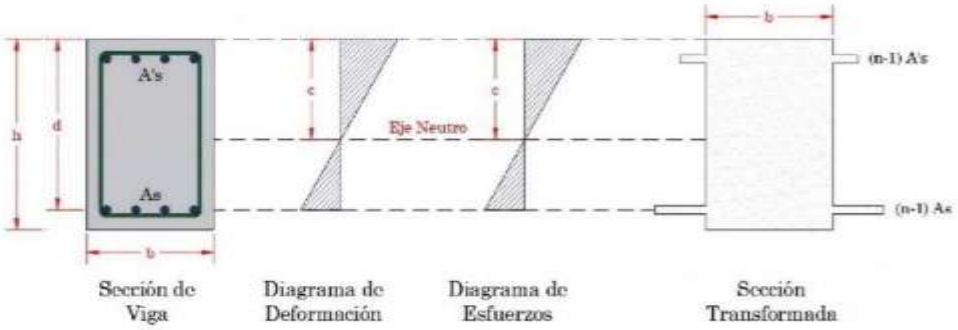
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.314\ m$

$I_{g2} = 739403.371\ cm^4$



$c = 26.38\ cm$

$I_{cr} = 438366.01\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 739403.37\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 7.61\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 550562.171\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.18\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.48\ cm$

$\rho' = 0.0047$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.62$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.39\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

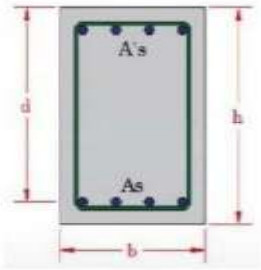
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

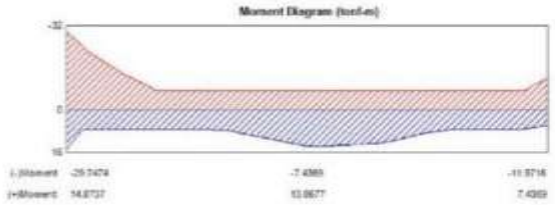
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 23: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP25x55 (2-Sot) – 0.75%





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$Capas_{Pos} :=$ | 1 | 2 | 3 |

$Capas_{Neg} :=$ | 1 | 2 | 3 |

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$

$\gamma_c := 1595.7\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 14.87\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 29.75\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(1.75 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$

$\varepsilon_{cu} := 0.003$

$\varepsilon_y := 0.0021$

$\beta_1 = 0.85$

$\phi_{Flexión} := 0.90$

$\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 30.6\ kgf \cdot cm^{-2}$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 3.21\ cm^2$

$M_{cr} = 3.86\ tonnef \cdot m$

$\phi M_n = 4.63\ tonnef \cdot m$

$\rho_{mín_1} = 0.0024$

$\rho_{mín_2} = 0.0028$

$As_{mín_1} = 2.72\ cm^2$

$As_{mín_2} = 3.21\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$

$\rho_{b_max} = 0.0145$

$A_{sb} = 33.24\ cm^2$

$As_{máx} = 16.62\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.12$

$\rho_{req_positivo} = 0.008$

$As_{req_positivo} = 9.2\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 9.2\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.2644$

$\rho_{req_negativo} = 0.0176$

$As_{req_negativo} = 20.27\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_negativo'} = 20.27\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 25.2\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 10.33\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 4.55\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 6.83\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 3.01\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 23.45\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 19.63\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.13\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 9.2\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 10.77\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 19.63\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 10.02\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.38\ cm$

$s_{2_Positivo} = -0.15\ m$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 7.15\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 14.75\ cm$

$c_{Positivo} = 8.42\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 17.36\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 4.95 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 6.38$ $\quad \mu_{Negativo} = 2.36$

$M_{r_Positivo} = 16.4\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 31.84\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 14.87\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 29.75\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 3\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 3\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 32.67\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 21.73\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.219\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.269\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.399\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.72\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

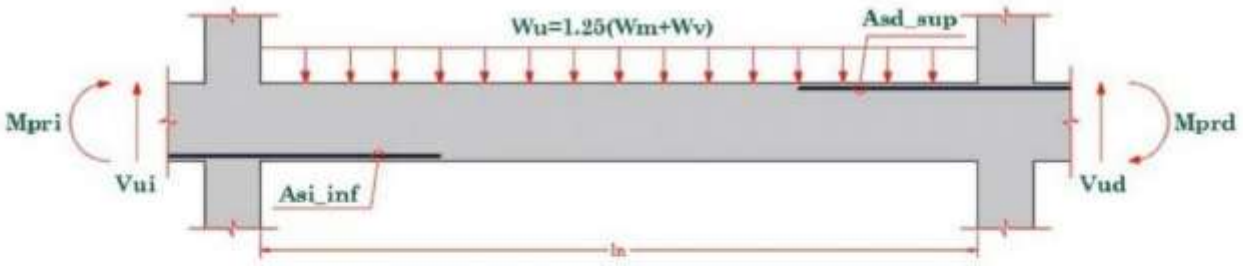
$w_u = 6.53\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 20.90\ cm^2$ | | $As_{_Sup_Der} := 5.70\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 5.70\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 3/4"



$As_{_Inf_Izq} := 10.13\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.13\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 14.75\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 7.15\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 33.9\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 19.33\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 33.9\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 19.33\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 28.2\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 7.15\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 4.02\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 11.25\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 11.25\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 24.32\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 32.67\ tonnef$

$V_{ud} = 24.32\ tonnef$

$V_u = 32.67\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 9.69\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 28.75\ tonnef$

$V_{s_max} = 40.41\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 21.17\ tonnef$

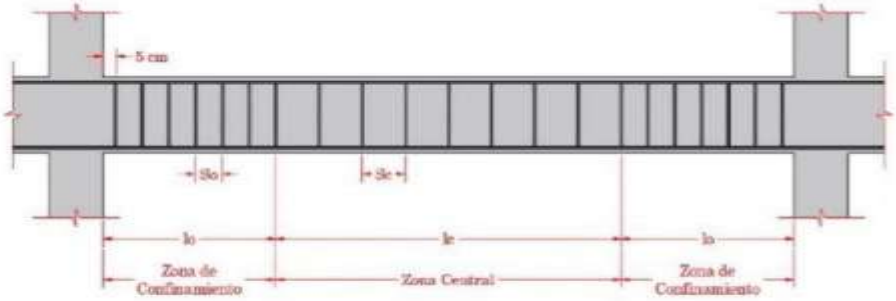
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 11.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 10.213\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.5\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 13$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 4.12\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 9.69\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 33.19\ tonnef$

$V_u = 32.67\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.72\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

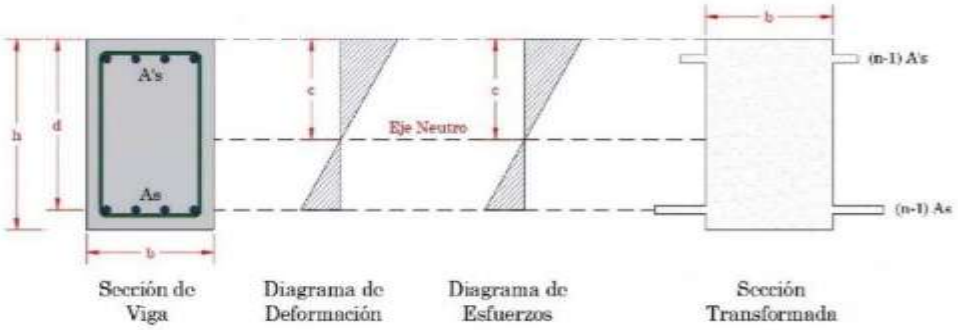
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.29\ m$

$I_{g2} = 474990.842\ cm^4$



$c = 19.51\ cm$

$I_{cr} = 219330.08\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 474990.84\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 5.29\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 251246.043\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.18\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.47\ cm$

$\rho' = 0.0047$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.62$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.38\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

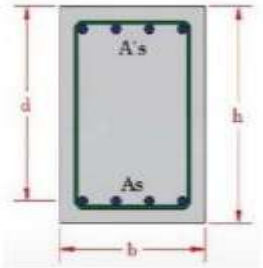
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

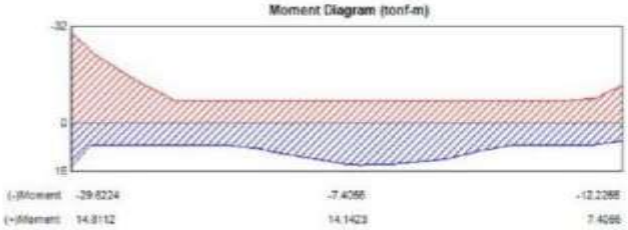
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 24: Diseño de Vigas Peraltadas Según E.060 – VP25x55 (2-Sot) – 1.25%





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1664.0\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 14.81\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 29.62\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.12 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 32.05\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 4.04\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0025$ $As_{mín_1} = 2.85\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.85\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0028$ $As_{mín_2} = 3.21\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 3.21\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$ $\rho_{b_max} = 0.0145$ $A_{sb} = 33.24\ cm^2$ $As_{máx} = 16.62\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1195$

$\rho_{req_positivo} = 0.008$

$As_{req_positivo} = 9.16\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 9.16\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.263$

$\rho_{req_negativo} = 0.0175$

$As_{req_negativo} = 20.16\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_negativo'} = 20.16\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 25.2\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 10.39\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 4.42\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 6.87\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 2.92\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 23.49\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 19.54\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.13\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 9.16\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 10.77\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 19.54\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 10.02\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.38\ cm$

$s_{2_Positivo} = -0.15\ m$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 7.15\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 14.75\ cm$

$c_{Positivo} = 8.42\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 17.36\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 4.95 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 6.38$ $\quad \mu_{Negativo} = 2.36$

$M_{r_Positivo} = 16.33\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 31.7\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 14.81\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 29.62\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 20.9\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 3\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 3\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 32.80\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 21.92\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.229\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.276\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.416\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.250 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.8\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

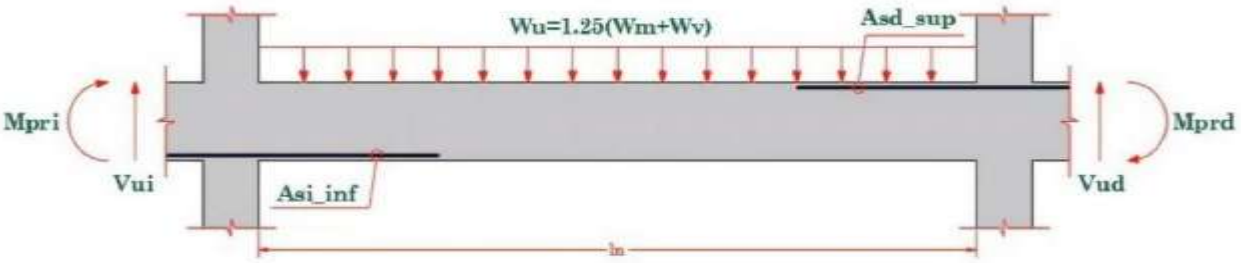
$w_u = 6.63\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 20.90\ cm^2$ | $As_{_Sup_Central} := 5.70\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 5.70\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 3/4"



$As_{_Inf_Izq} := 10.13\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 14.092\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.13\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 14.75\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 7.15\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 33.9\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 19.33\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 33.9\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 19.33\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 28.49\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 7.15\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 4.02\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 11.25\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 19.33\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 11.25\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 24.62\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 32.8\ tonnef$

$V_{ud} = 24.62\ tonnef$

$V_u = 32.8\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 9.69\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 28.9\ tonnef$

$V_{s_max} = 40.41\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 21.17\ tonnef$

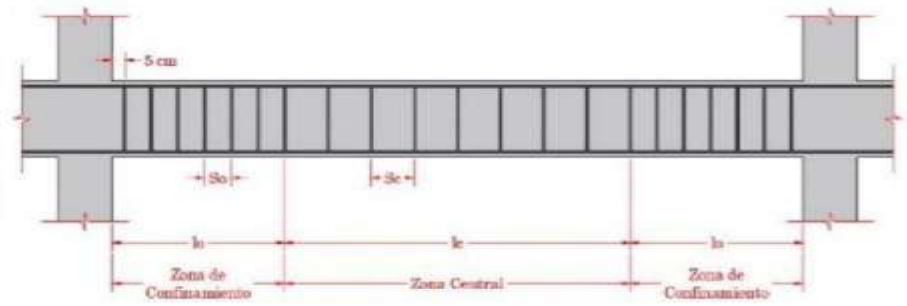
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 11.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_{..} = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 10.159\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 4.12\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 9.69\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 33.19\ tonnef$

$V_u = 32.8\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.8\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.5\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

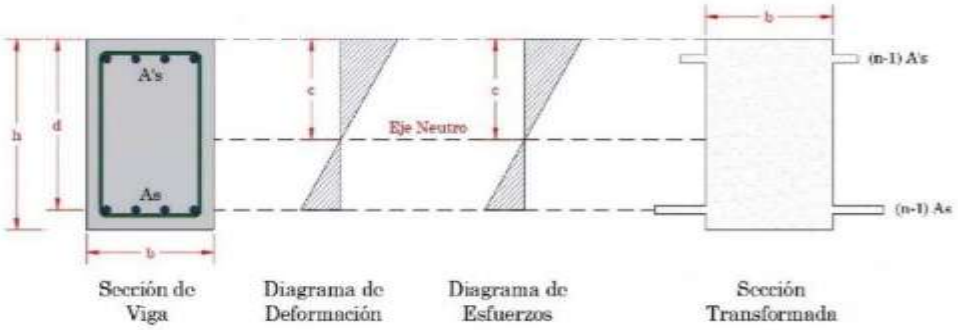
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.285\ m$

$I_{g2} = 437722.531\ cm^4$



$c = 17.48\ cm$

$I_{cr} = 172322.11\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 437722.53\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 5.1\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 202100.618\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.23\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.49\ cm$

$\rho' = 0.0047$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.62$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.49\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

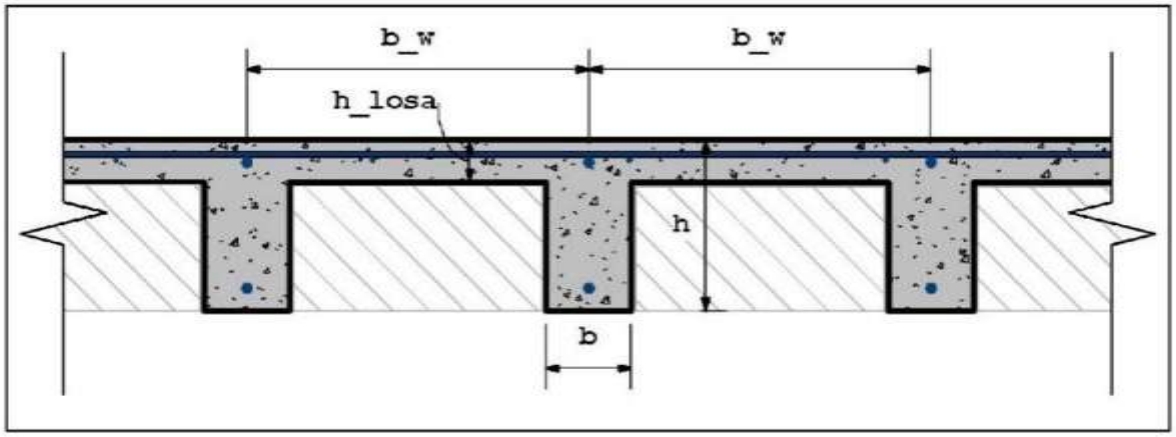
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 25: Diseño de Viga Chata según E.060 y ACI 318-19 – VP25x25 (1-Sot) – Original

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 74.5\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 23\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 1$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 217370.6512 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 21316.78\ MPa$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 2.4\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.97	330	250
2	5.82	330	250
3	5.12	330	250

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fcm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fcm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

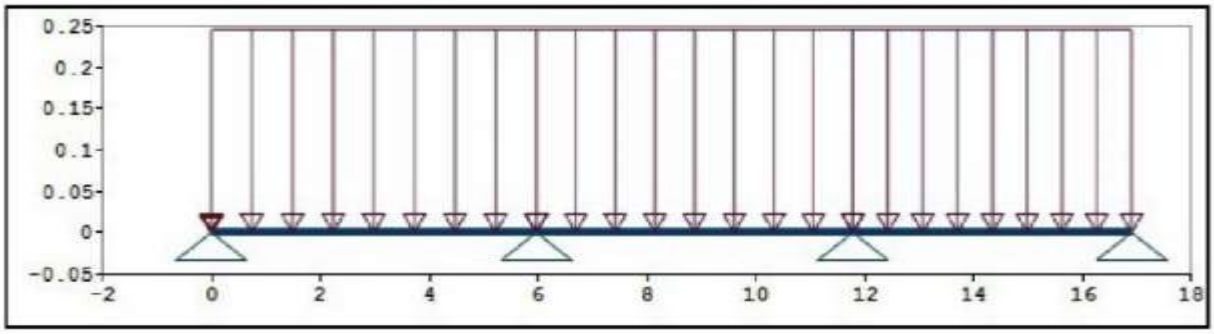


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

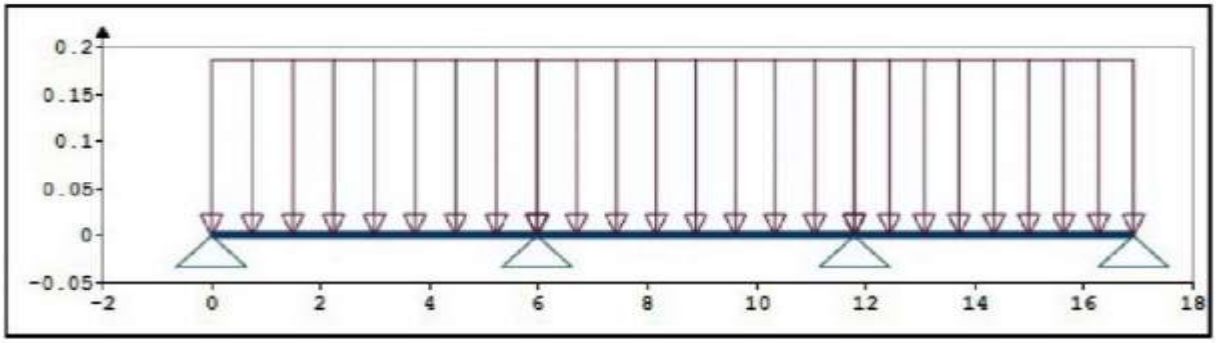


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 4.27\ tonnef$$

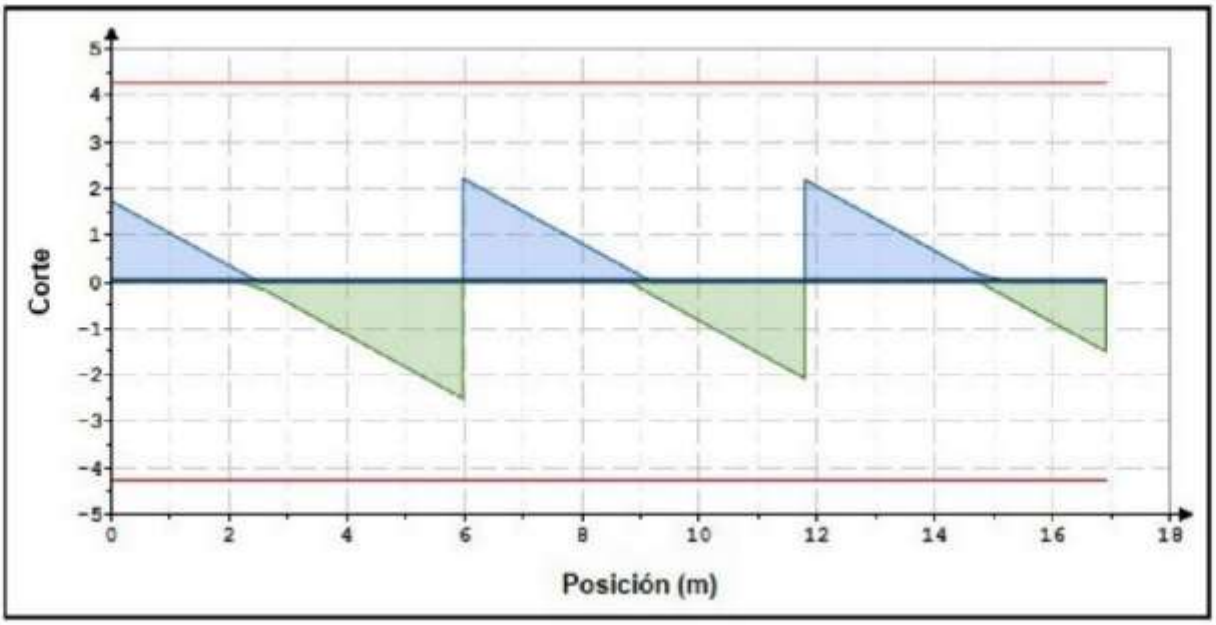


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

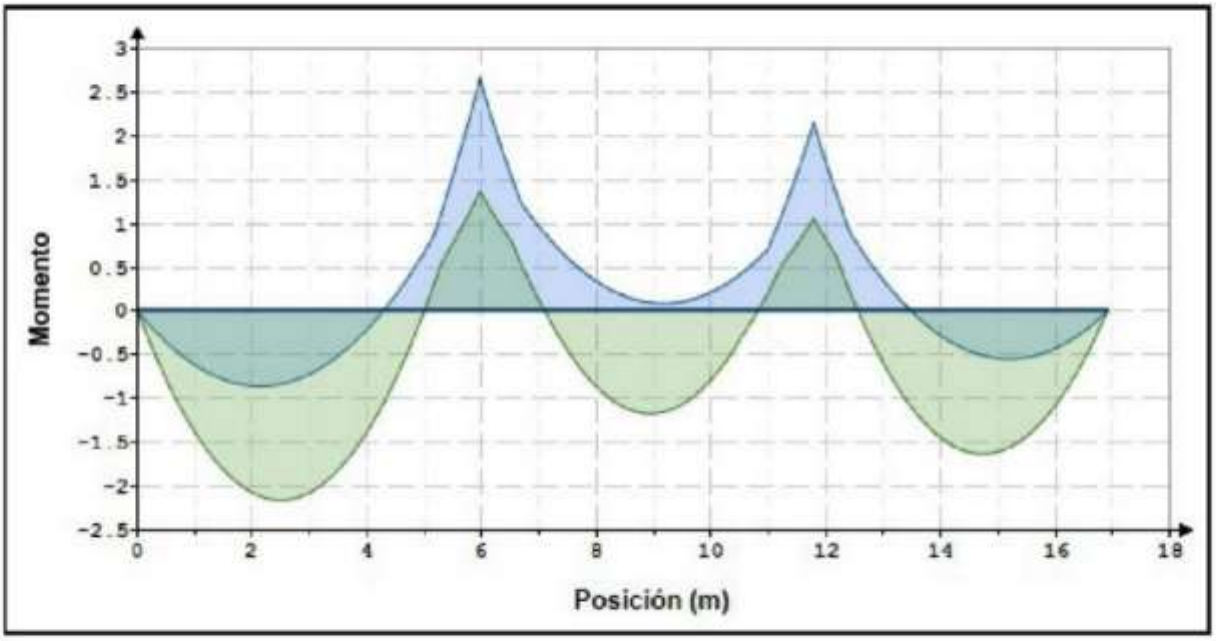


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

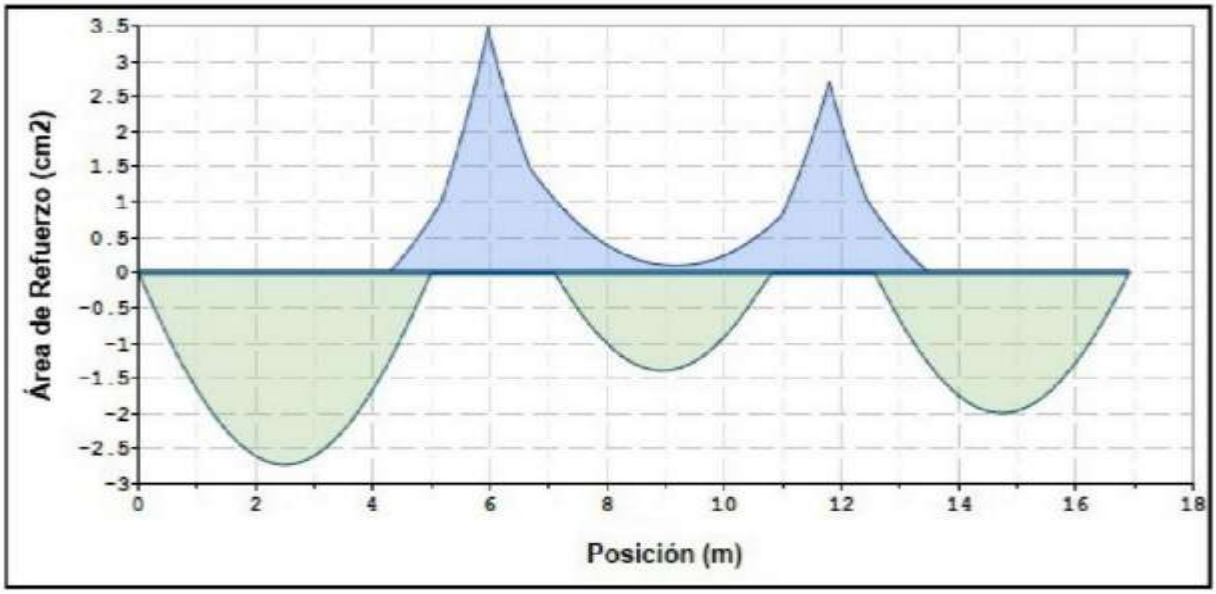


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.92\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 7.79\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 3.47\ cm^2$

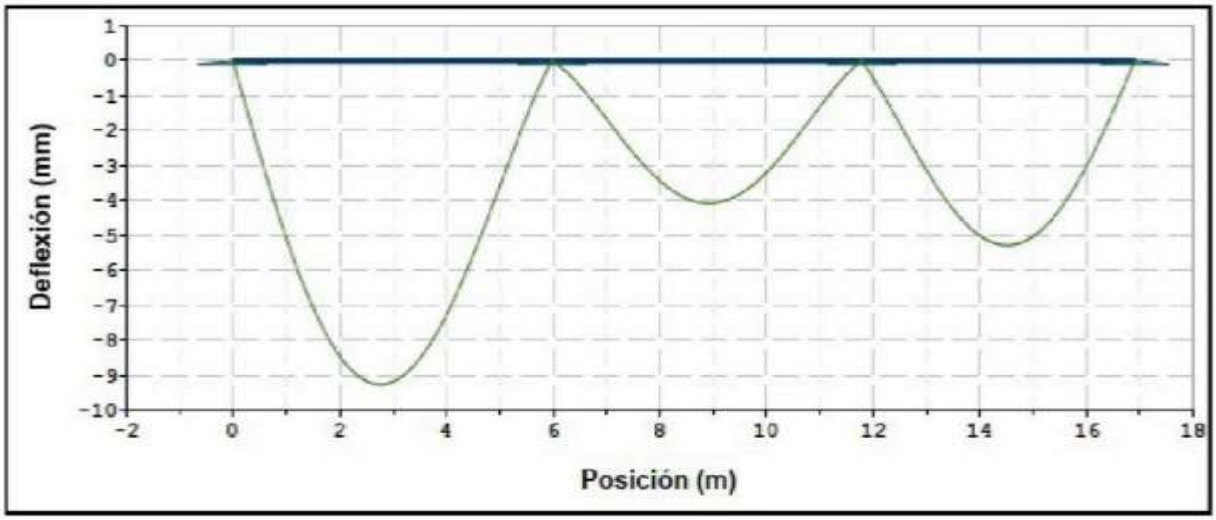
$min(A_{s2}) = -2.73\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

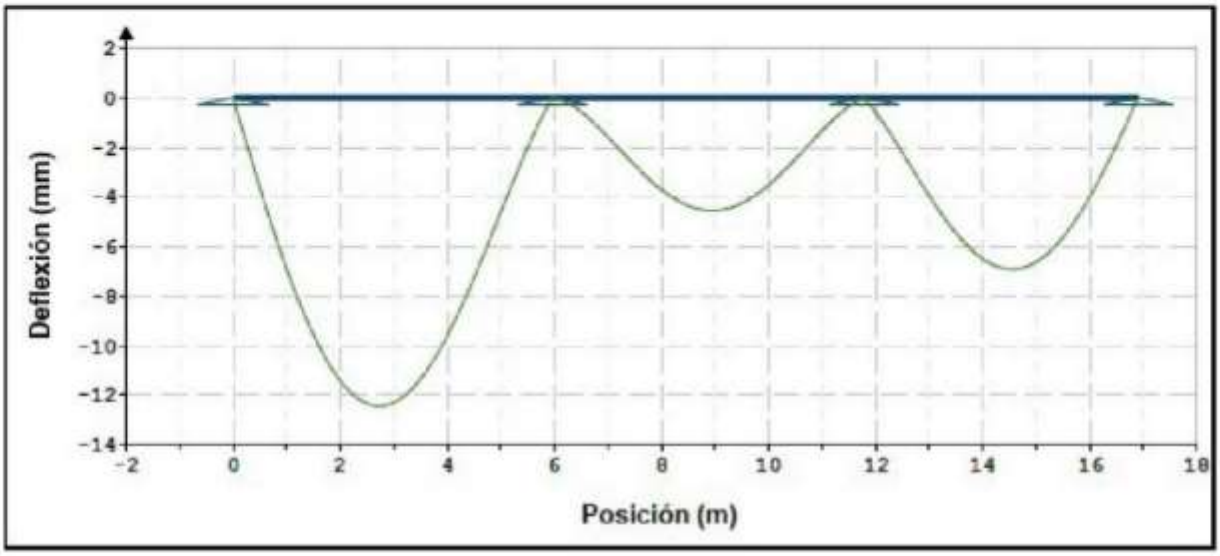
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 3.80\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

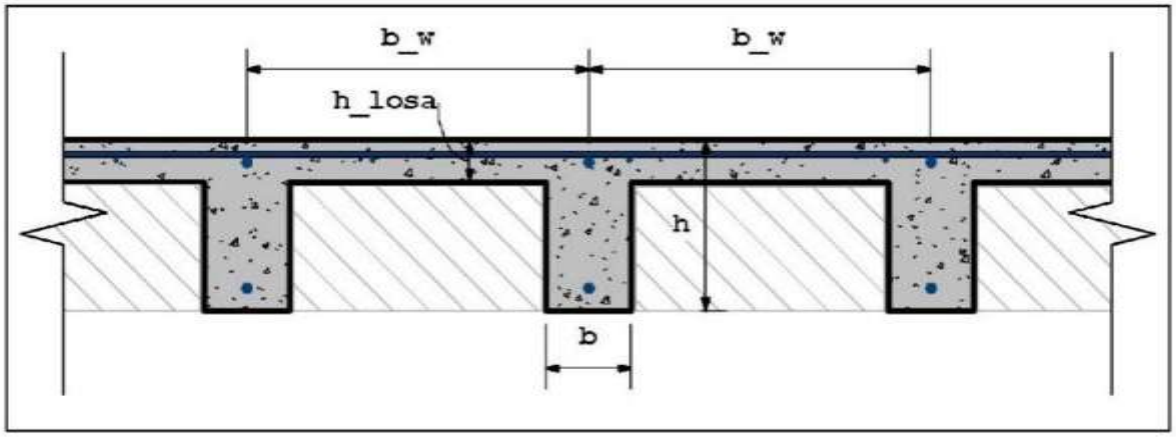


$\delta_{max_permisible} = 1.24$ cm

$\delta_{max_calculado} = -1.24$ cm

ANEXO 26: Diseño de Viga Chata según E.060 y ACI 318-19 – VP25x25 (1-Sot) – 0.00%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 74.5\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 23\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 99505.28195 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 9758.13\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5723\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.97	330	250
2	5.82	330	250
3	5.12	330	250

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

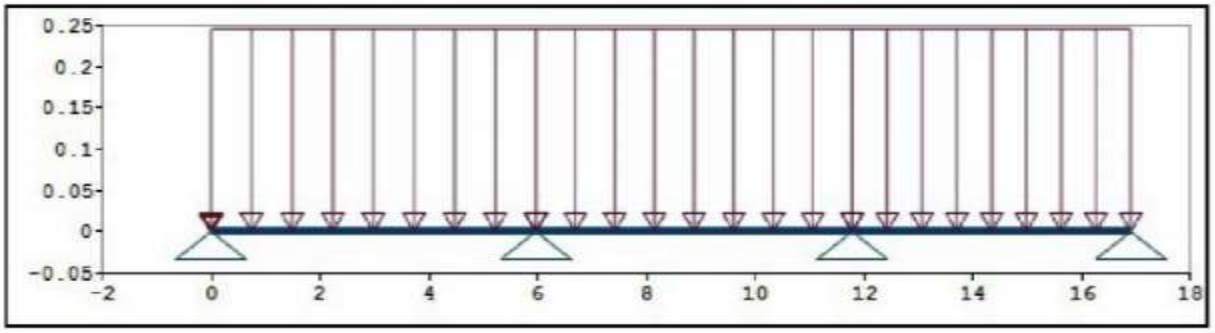


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

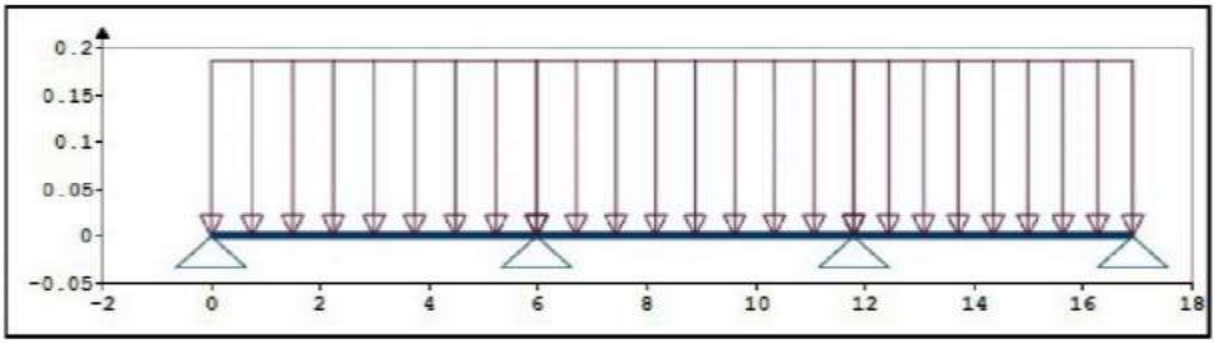


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d$ $V_c = 3.63\ tonnef$

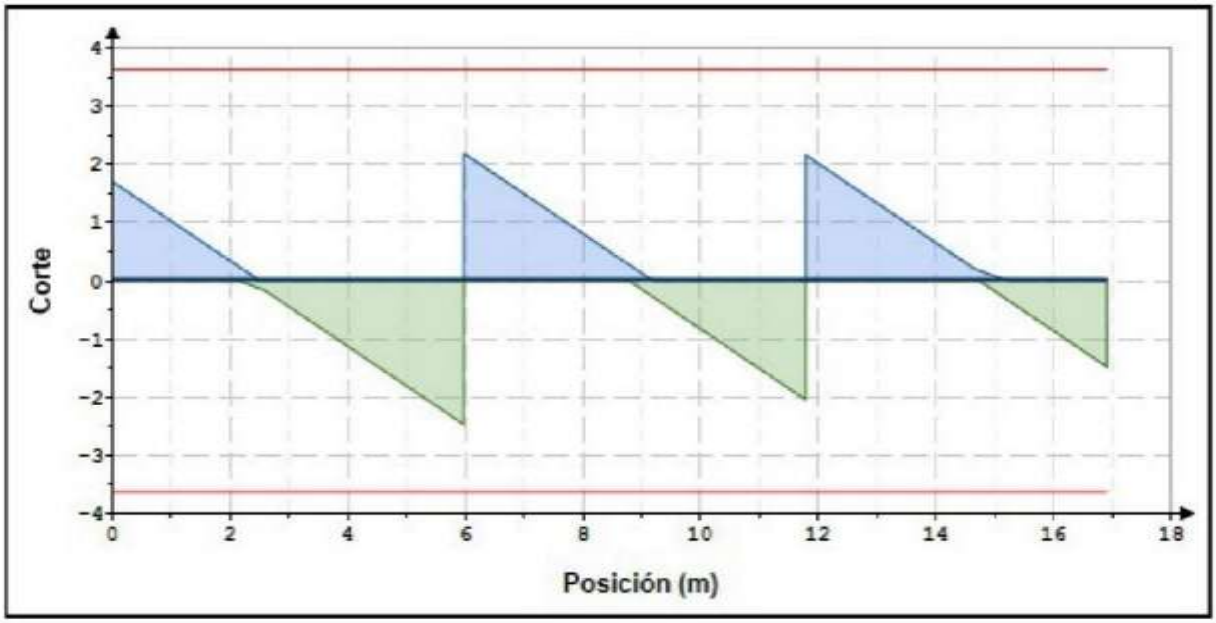


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

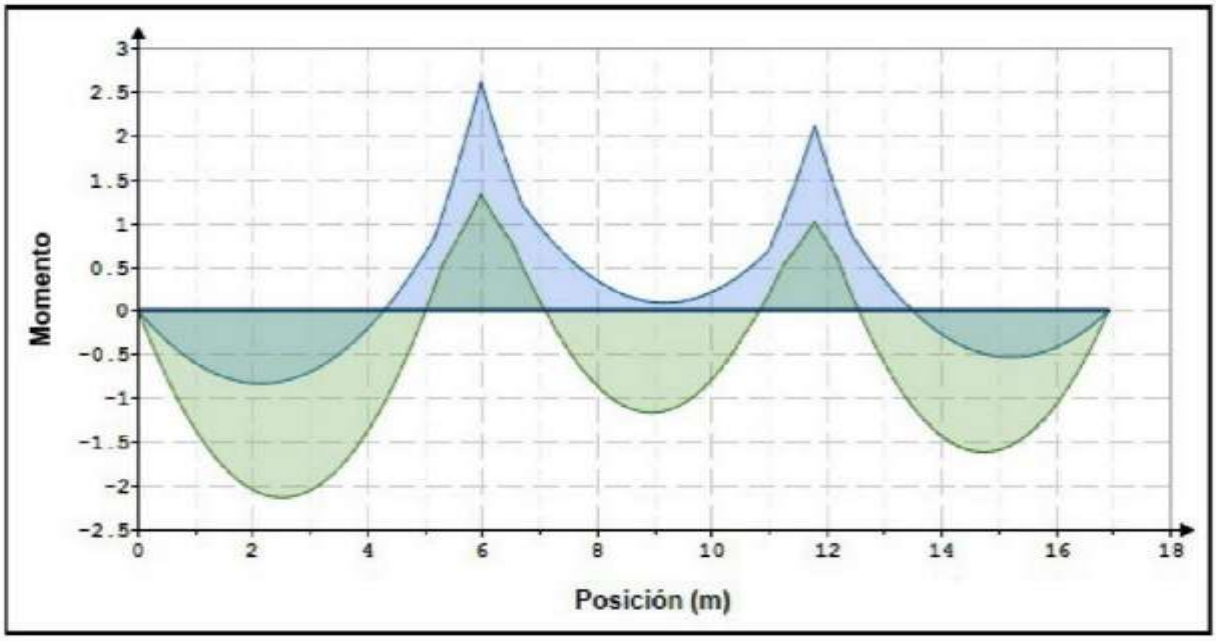


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

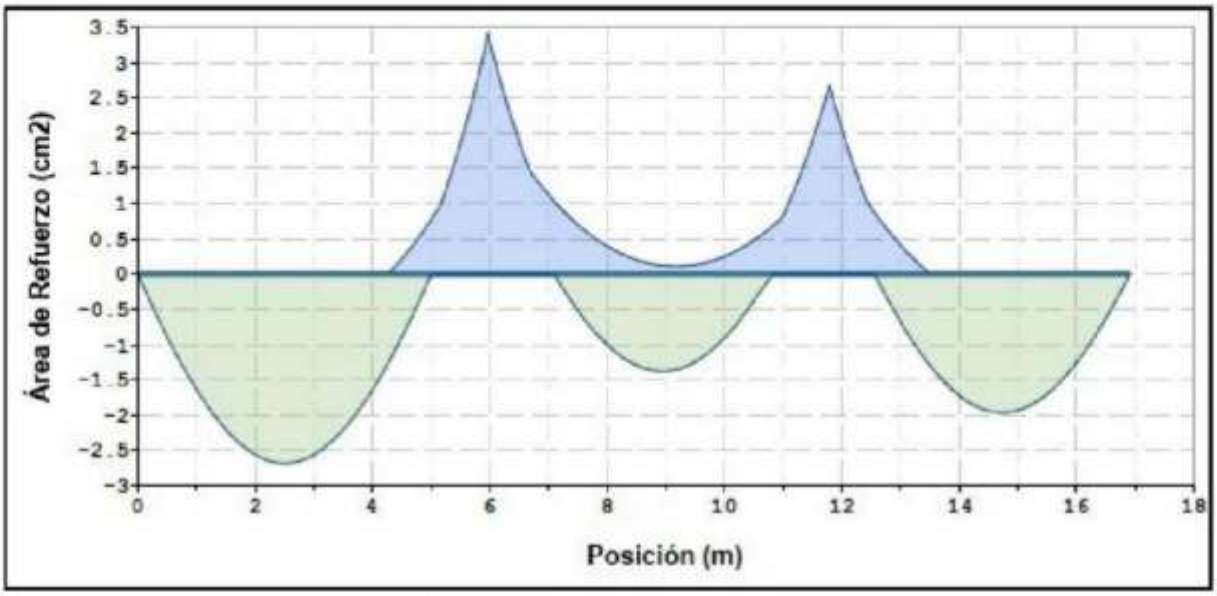


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.92\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 7.79\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 3.41\ cm^2$

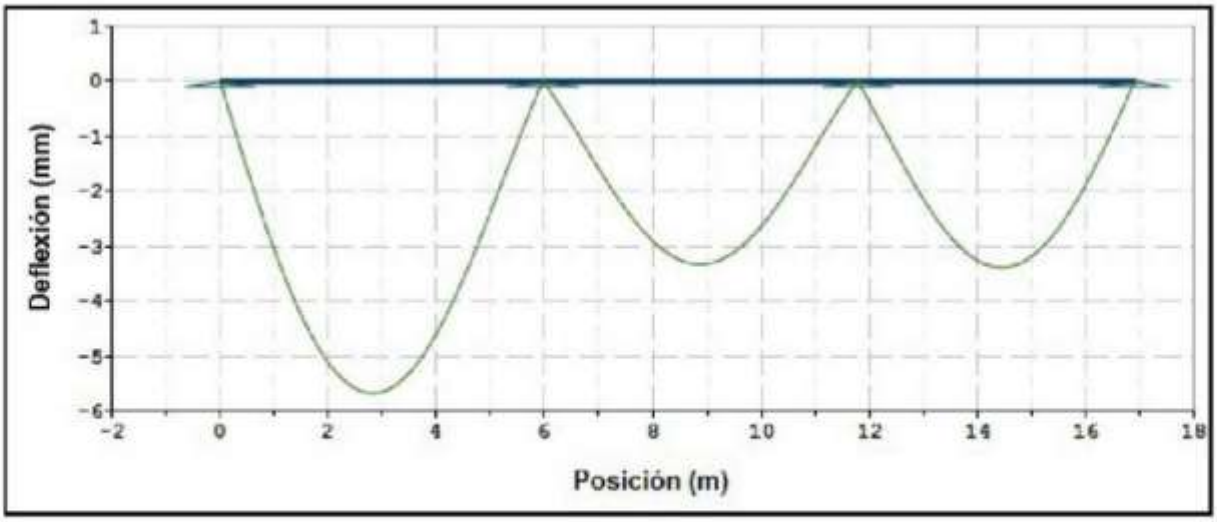
$min(A_{s2}) = -2.68\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

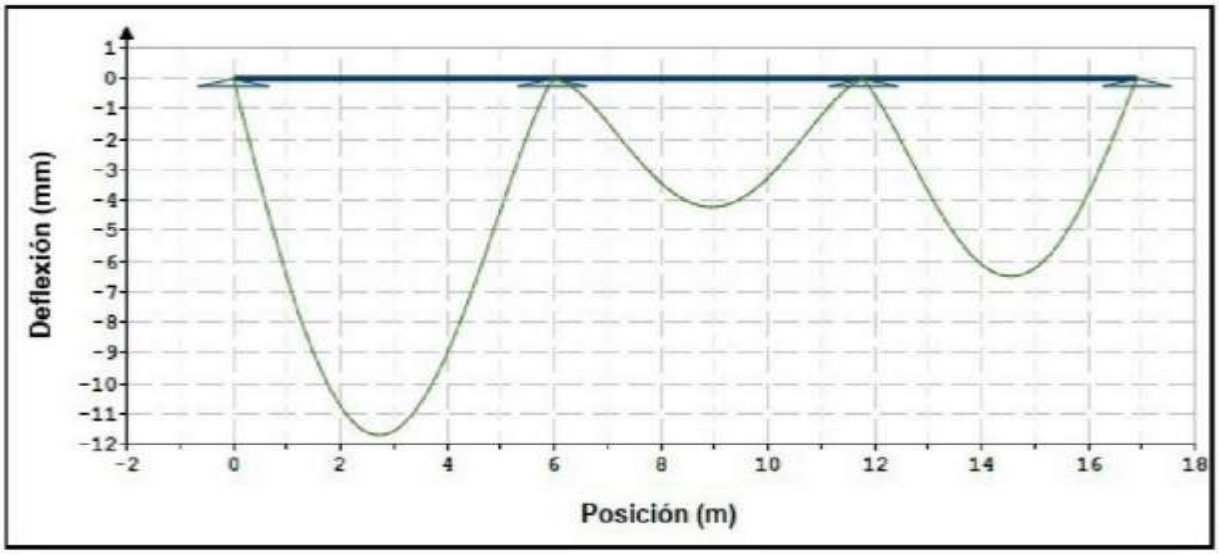
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 6.49\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

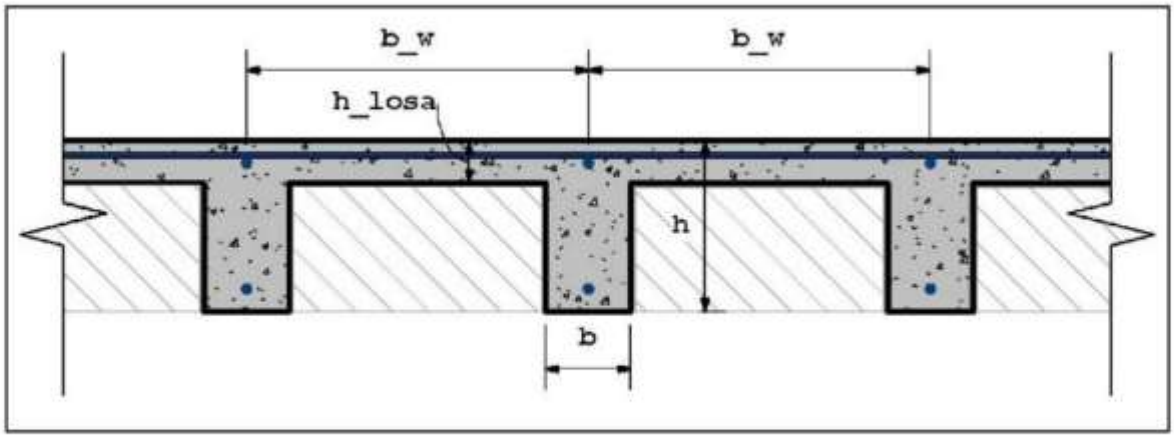


$\delta_{max_permisible} = 1.24$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.17$ **cm**

ANEXO 27: Diseño de Viga Chata según E.060 y ACI 318-19 – VP25x25 (1-Sot) – 0-75%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_s := 74.5\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 23\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 174773.1087 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 17139.39\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5957\ \frac{kN}{m^3}$
Limite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.97	330	250
2	5.82	330	250
3	5.12	330	250

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

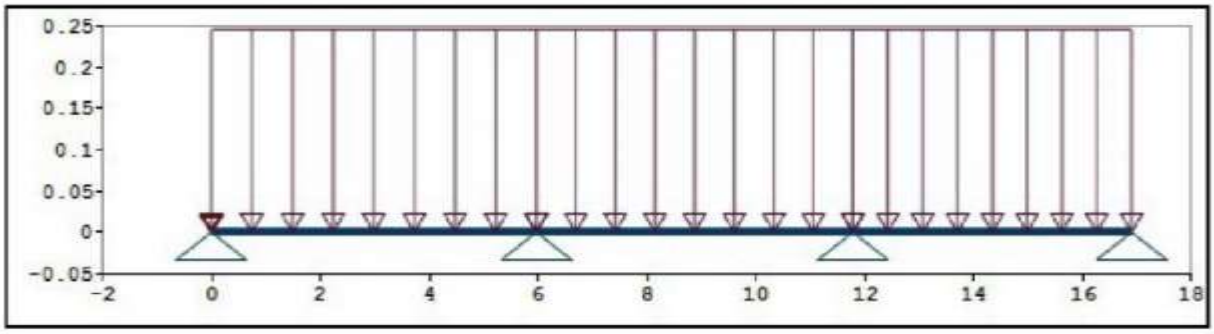


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

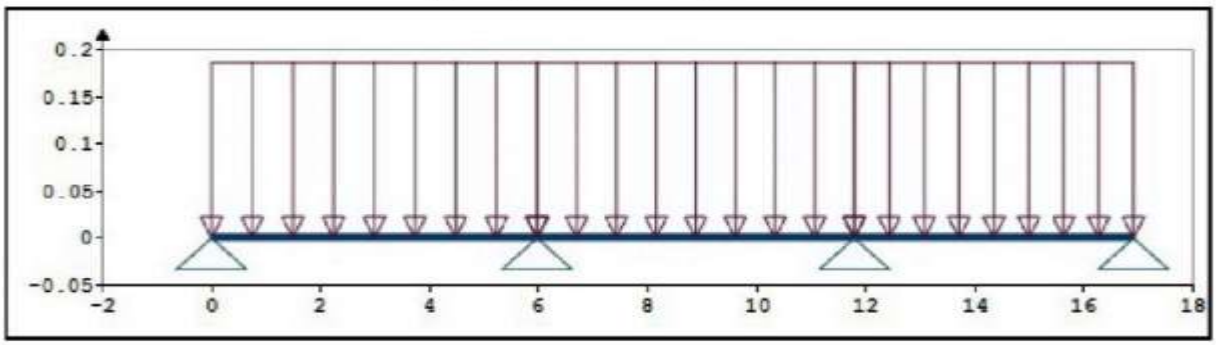


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 41.11\ kN$$

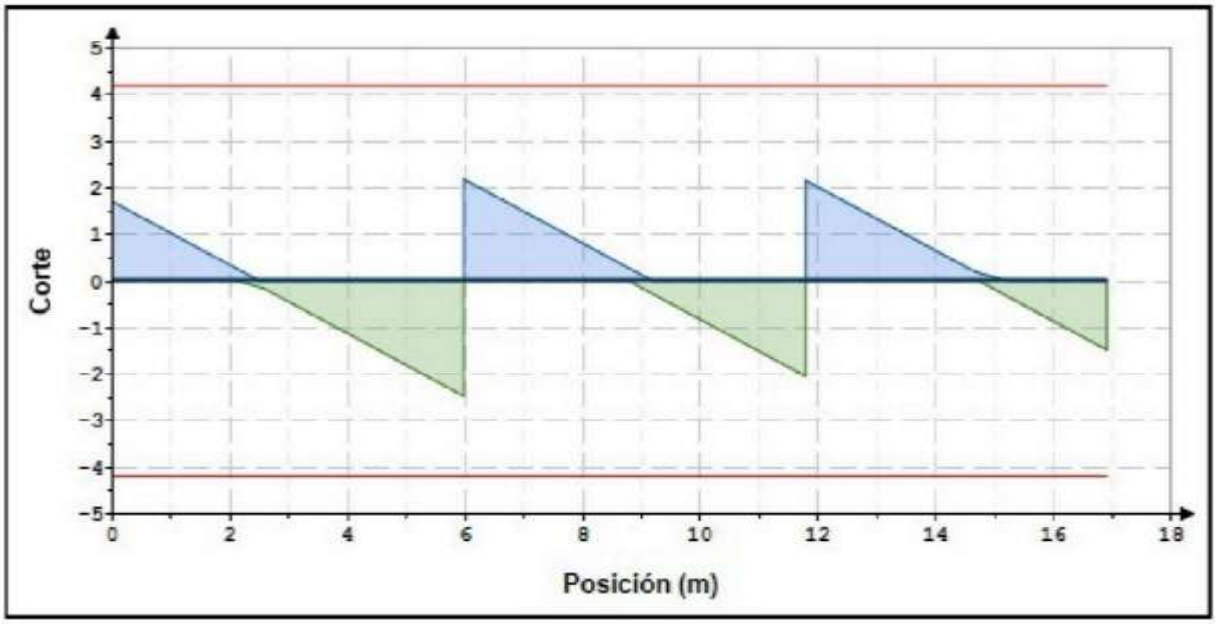


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

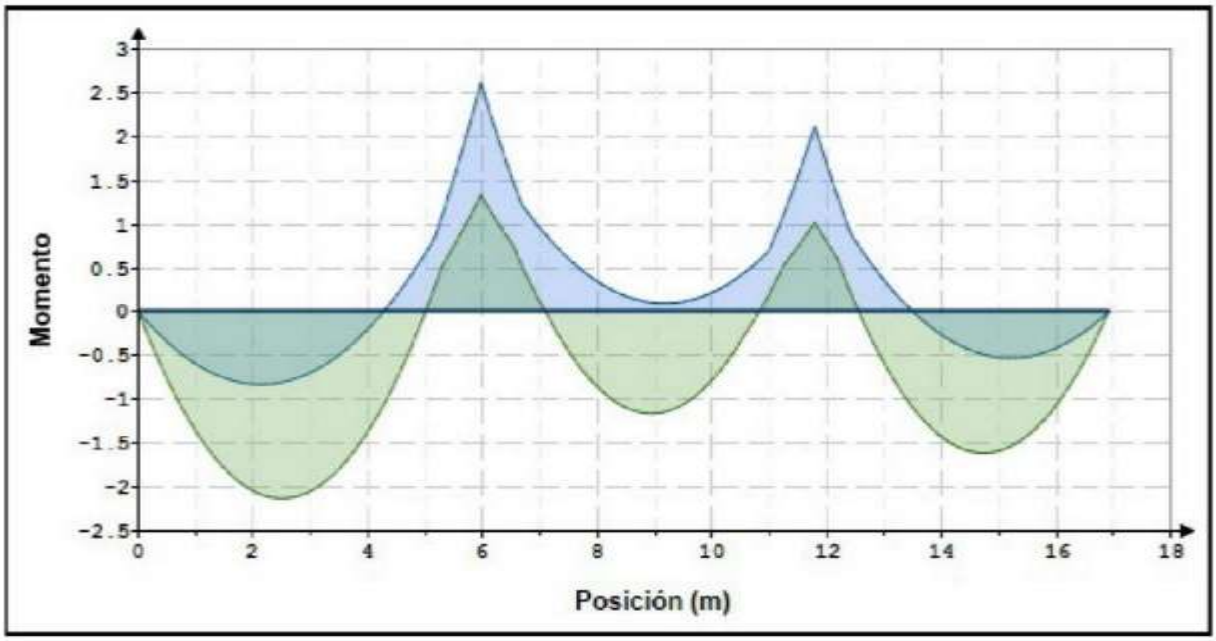


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

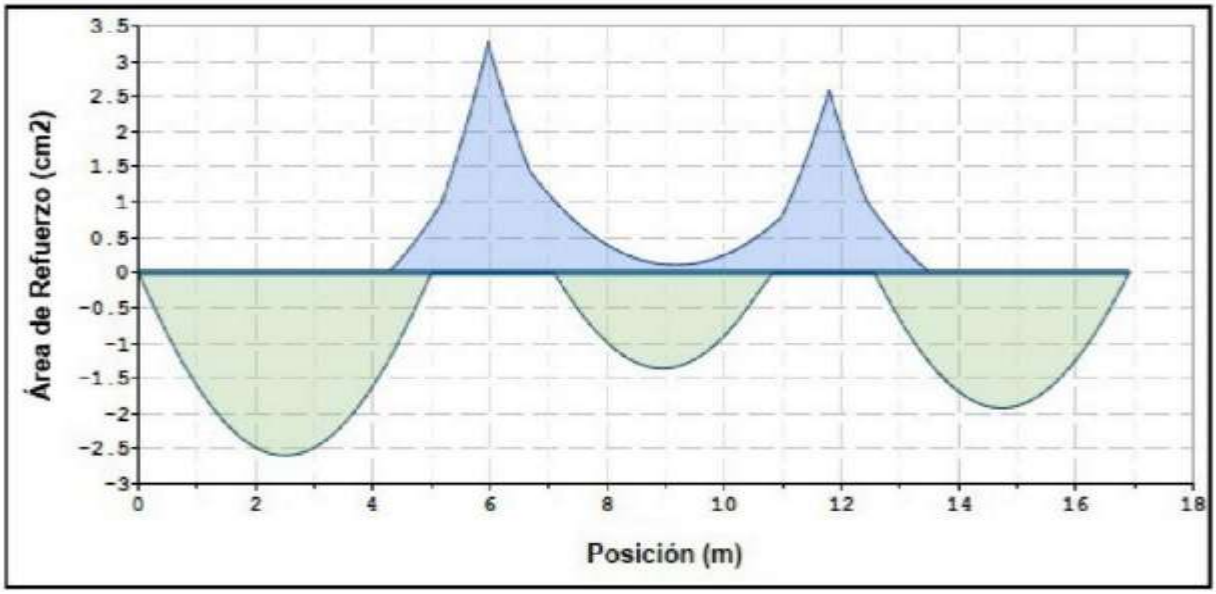


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.92\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 10.39\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 3.26\ cm^2$

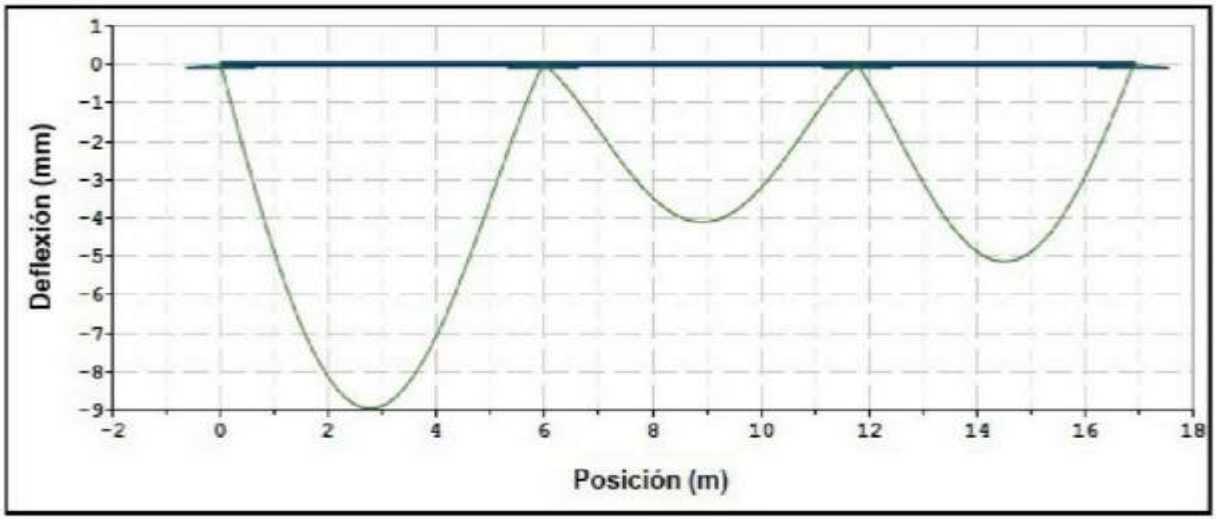
$min(A_{s2}) = -2.6\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

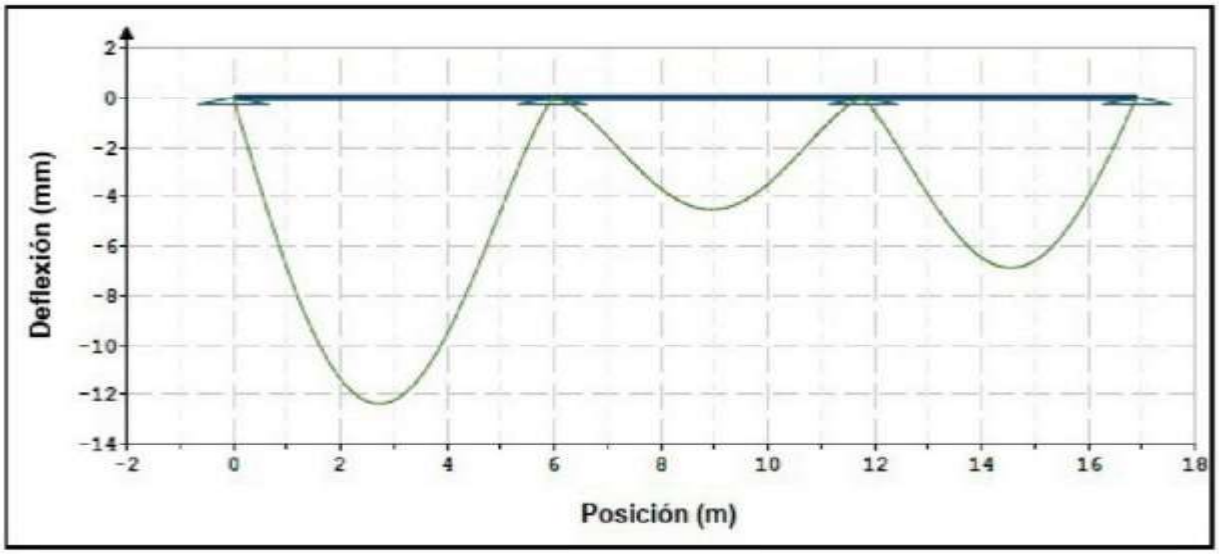
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 3.96\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

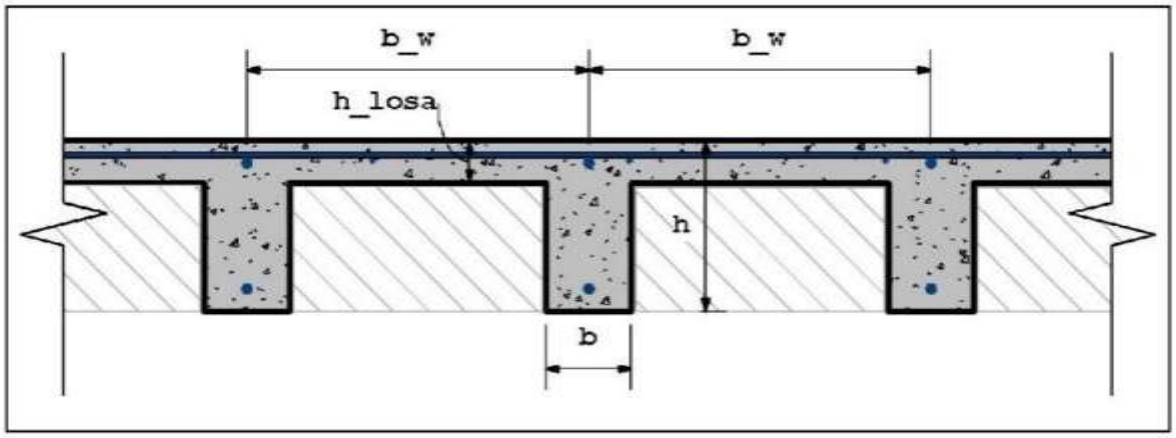


$\delta_{max_permisible} = 1.24\ cm$

$\delta_{max_calculado} = -1.24\ cm$

ANEXO 28: Diseño de Viga Chata según E.060 y ACI 318-19 – VP25x25 (1-Sot) – 1.25%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 74.5\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 23\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 211777.3696 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 20768.27\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.664\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.97	330	250
2	5.82	330	250
3	5.12	330	250

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fcm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fcm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

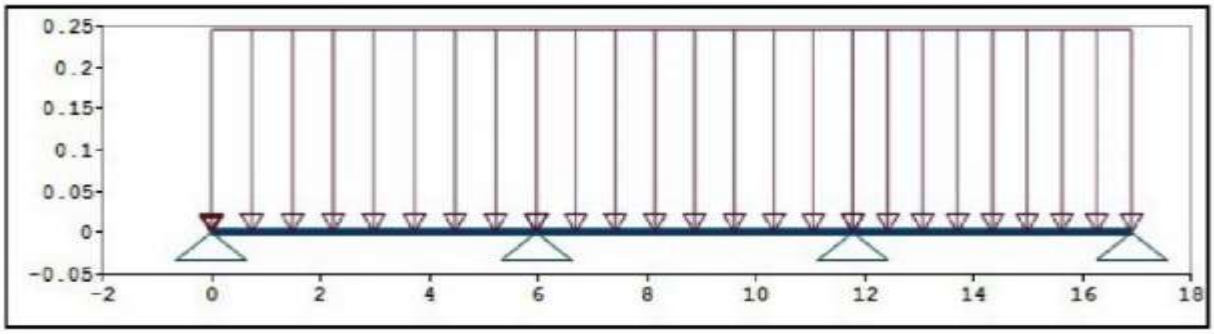


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

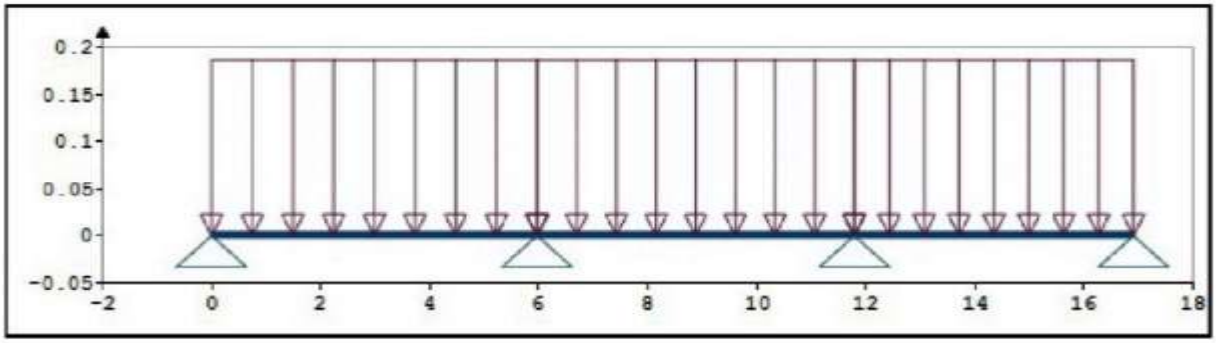


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d$ $V_c = 4.19\ tonnef$

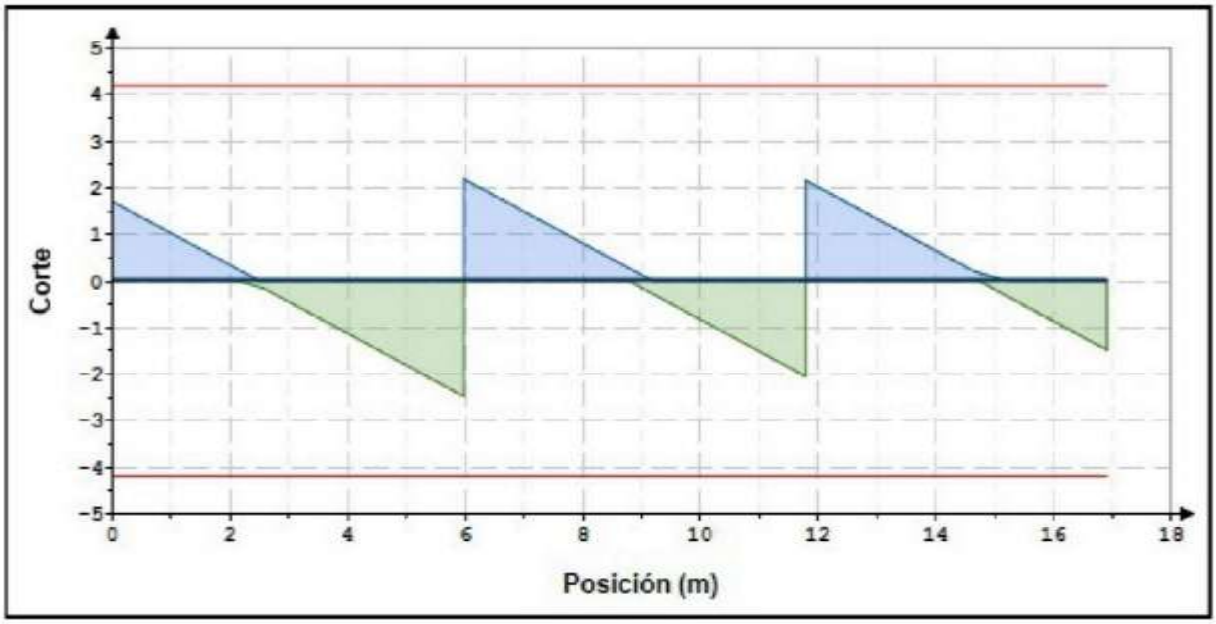


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

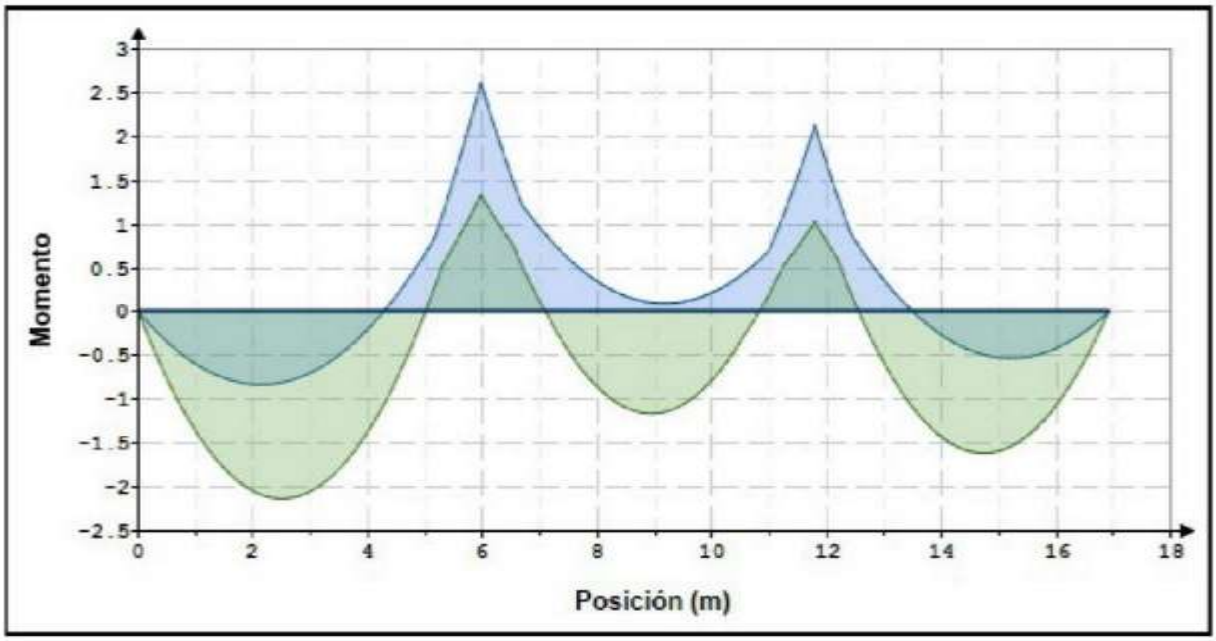


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

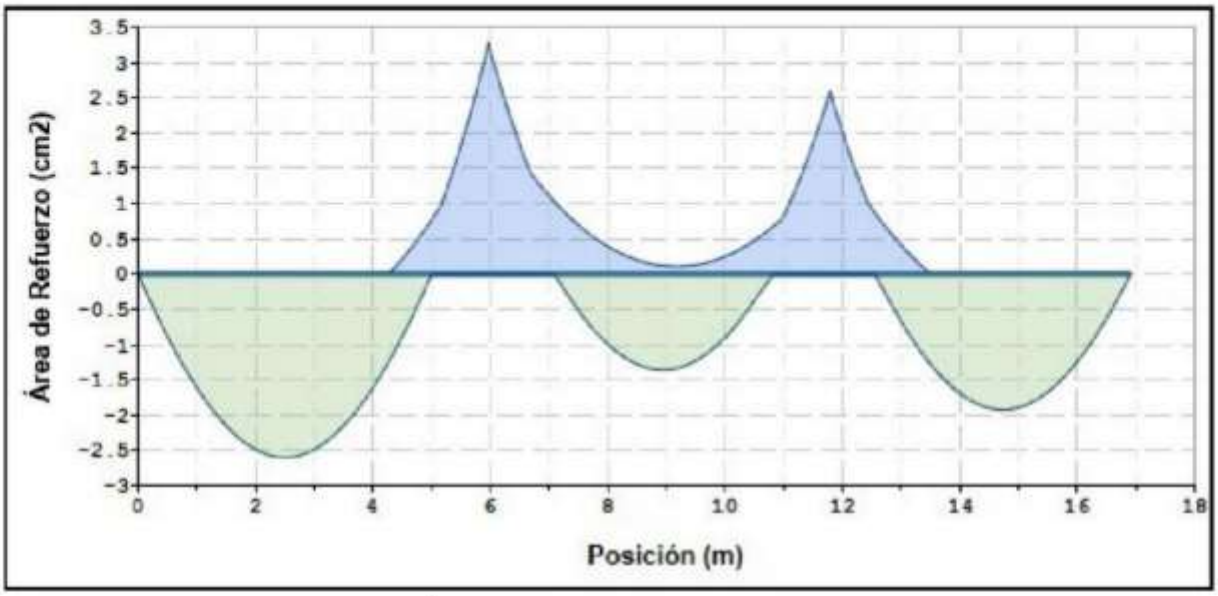


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.92\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 10.39\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 3.26\ cm^2$

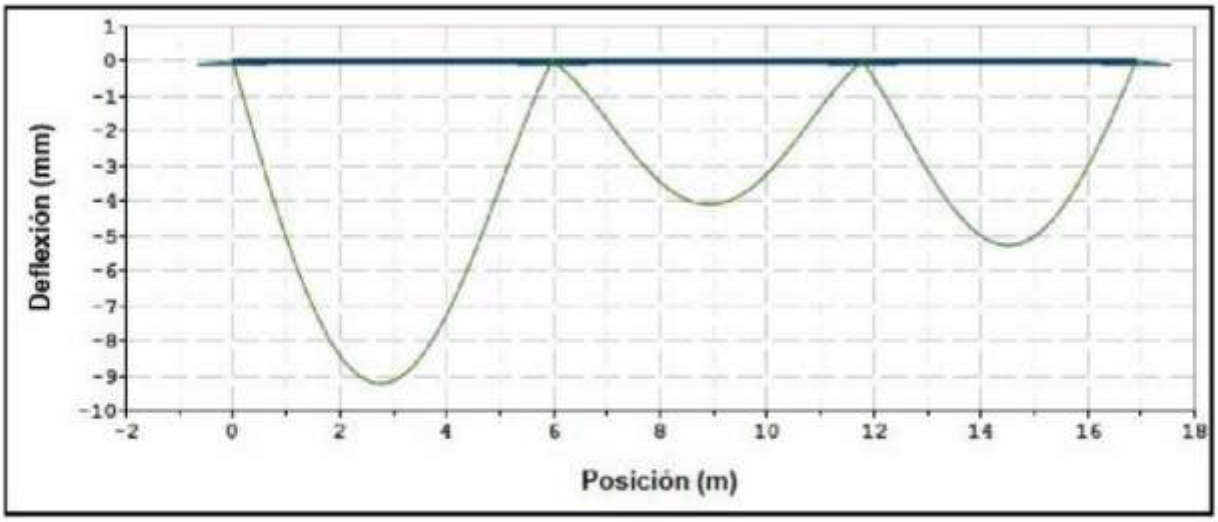
$min(A_{s2}) = -2.6\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

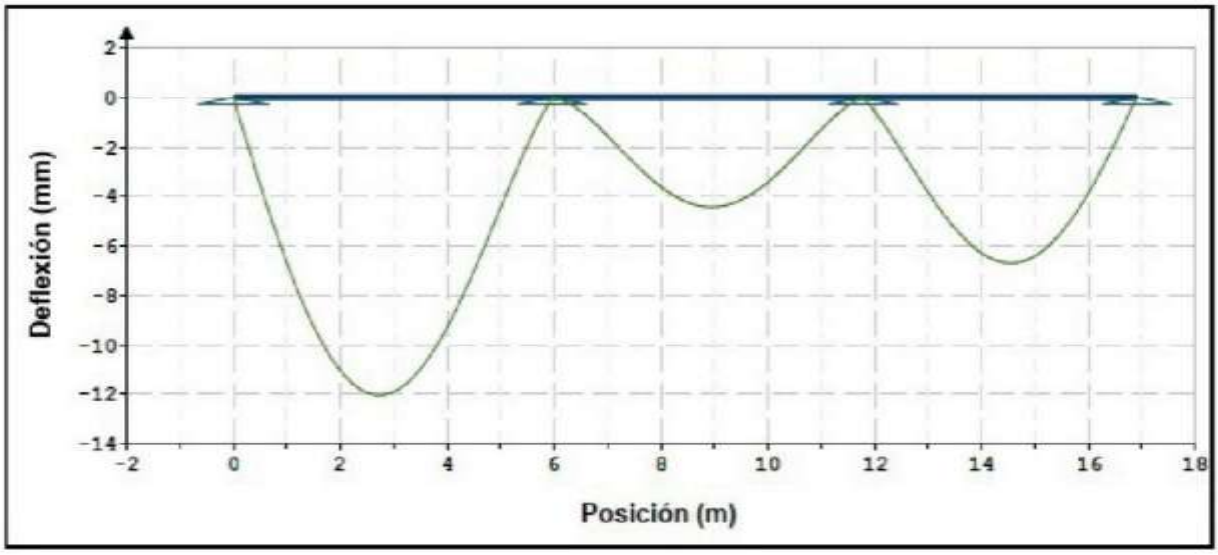
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 3.80\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



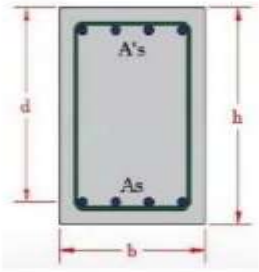
Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)



$\delta_{max_permisible} = 1.24$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.2$ **cm**

ANEXO 29: Diseño de Vigas Petaltadas Según E.060 – VP 25x55 (5) - Original



Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} :=$ 1, 2, 3 $Capas_{Neg} :=$ 1, 2, 3

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 2400\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 14.79\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 28.58\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.17 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.98\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 3.65\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0023$ $As_{mín_1} = 2.59\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.38\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0024$ $As_{mín_2} = 2.78\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 2.78\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\rho_{b_max} = 0.0108$ $A_{sb} = 24.93\ cm^2$ $As_{máx} = 12.46\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1637$

$\rho_{req_positivo} = 0.0082$

$As_{req_positivo} = 9.42\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 9.42\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.364$

$\rho_{req_negativo} = 0.0182$

$As_{req_negativo} = 20.93\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_negativo'} = 20.93\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 18.9\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 4.11\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 9.68\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 2.72\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 6.4\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 15.18\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 18.87\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} := 2$ $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} := 1''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} := 3/4''$

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} := 1''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} := 5/8''$

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} := 5/8''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.13\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 9.42\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} := 2$ $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} := 1''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} := 3/4''$

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} := 2$ $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} := 1''$ $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 18.87\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 20.27\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 10.02\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 10.02\ cm$

$s_{2_Positivo} = -0.15\ m$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 9.54\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 19.08\ cm$

$c_{Positivo} = 11.22\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 22.44\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 9.3 \cdot 10^{-3}$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 3.15 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 4.43$ $\quad \mu_{Negativo} = 1.5$

$M_{r_Positivo} = 16.3\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 28.89\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 14.79\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 28.58\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 20.27\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 2.91\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.53\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.86\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 29.11\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.33\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.349\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.6\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.200 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 4.22\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

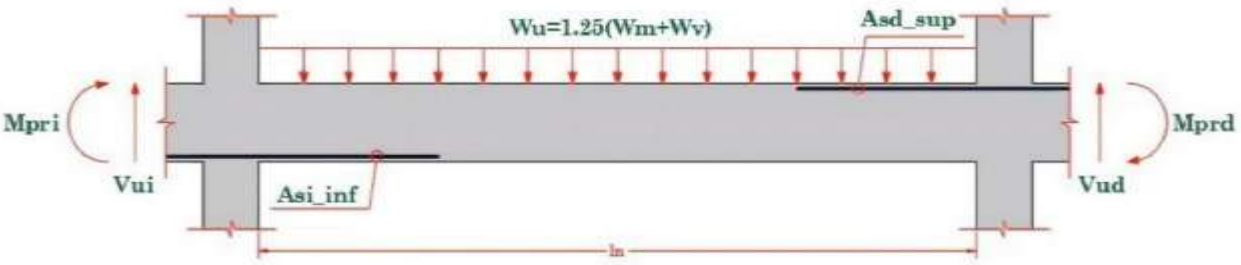
$w_u = 6.64\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 30.40\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 10.13\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 10.13\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 1

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 20.27\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 20.27\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.13\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 28.61\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 9.53\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 40.47\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 40.47\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 29.56\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 49\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 19.08\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 9.53\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 31.04\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 31.04\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 18.82\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 27.95\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 29.56\ tonnef$

$V_{ud} = 29.11\ tonnef$

$V_u = 29.56\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 8.83\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 25.94\ tonnef$

$V_{s_max} = 35\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 18.33\ tonnef$

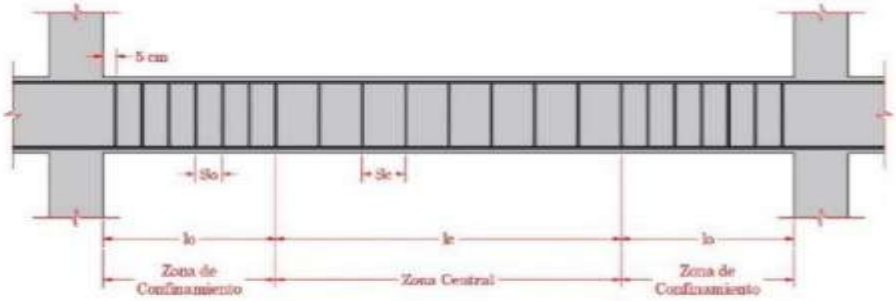
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 11.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 11.317\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 3.75\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 8.83\ tonnef$

$V_{s_final} = 27.56\ tonnef$

$V_n = 30.94\ tonnef$

$V_u = 29.56\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 4.22\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

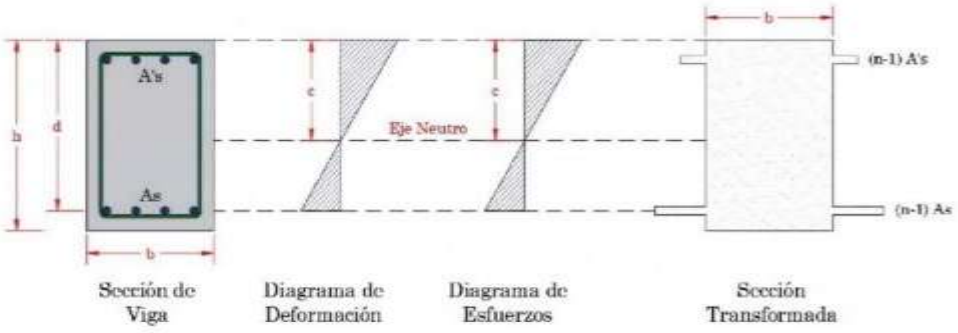
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.287\ m$

$I_{g2} = 483545.75\ cm^4$



$c = 19.29\ cm$

$I_{cr} = 232308.28\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 483545.75\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 5.1\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 260423.392\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.3\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.34\ cm$

$\rho' = 0.0083$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.41$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.18\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

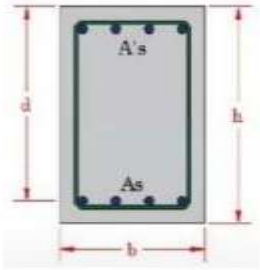
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

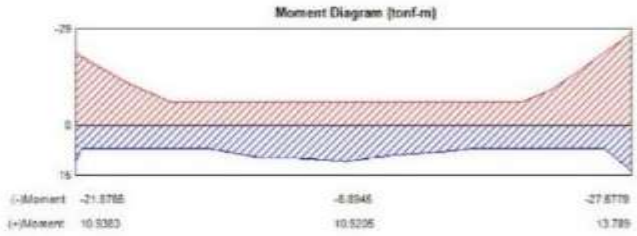
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 30: Diseño de Vigas Petaltadas Según E.060 – VP 25x55 (5) – 0.00%





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} :=$ 1, 2, 3 $Capas_{Neg} :=$ 1, 2, 3

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.46\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1572.3\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 13.79\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 27.58\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(9.95 \cdot 10^4\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 28.31\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 3.57\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0022$ $As_{mín_1} = 2.53\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.28\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0024$ $As_{mín_2} = 2.78\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 2.78\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0217$ $\rho_{b_max} = 0.0108$ $A_{sb} = 24.93\ cm^2$ $As_{máx} = 12.46\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1481$

$\rho_{req_positivo} = 0.0074$

$As_{req_positivo} = 8.52\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 8.52\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.3468$

$\rho_{req_negativo} = 0.0173$

$As_{req_negativo} = 19.94\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_negativo'} = 19.94\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 18.9\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 5.11\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 8.68\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 3.38\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 5.74\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 15.84\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 18.2\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 3/4"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 8.55\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "Si posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 8.52\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 8.55\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 3/4"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 12.98\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 5.7\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 18.2\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 18.68\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.69\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.06\ cm$

$s_{2_Positivo} = -15.1\ cm$ $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 8.05\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 17.58\ cm$

$c_{Positivo} = 9.47\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 20.69\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 3.67 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 5.51$ $\quad \mu_{Negativo} = 1.75$

$M_{r_Positivo} = 15.03\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 28.45\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 13.79\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 27.58\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 8.55\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 18.68\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 2.91\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.53\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 27.05\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 28.89\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.216\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.267\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.393\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.200 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.35\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

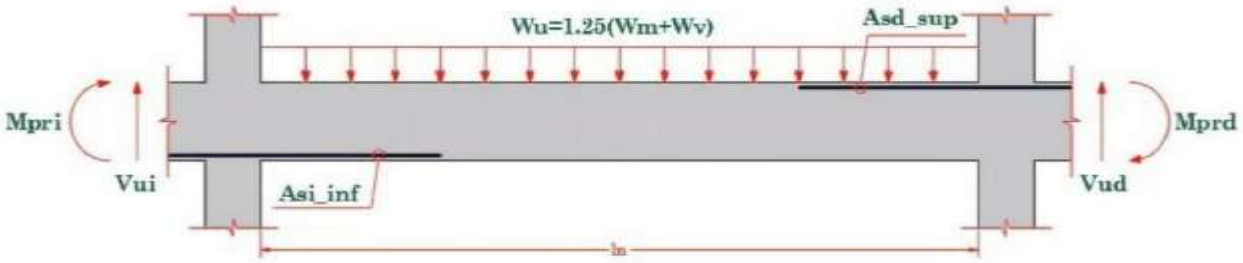
$w_u = 5.54\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 18.68\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 10.13\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 2

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 8.55\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 14.25\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 8.55\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 2 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 14.9\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 8.05\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 25.63\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 16.15\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 25.63\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 16.15\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 23.36\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 46\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 8.05\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 17.58\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 16.15\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 29.19\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 16.15\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 29.19\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 23.97\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 27.05\ tonnef$

$V_{ud} = 28.89\ tonnef$

$V_u = 28.89\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 7.51\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 26.48\ tonnef$

$V_{s_max} = 35\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 18.33\ tonnef$

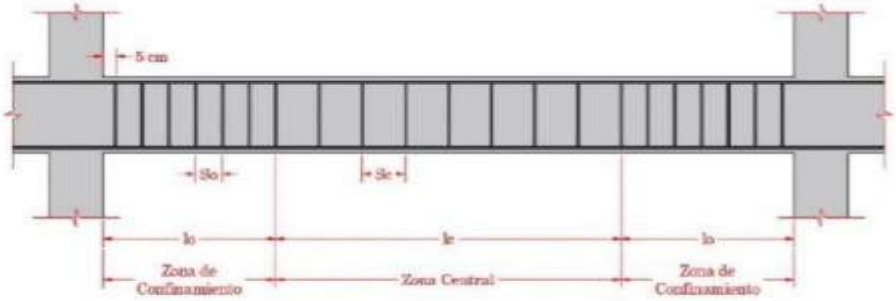
$s_{máx_1} = 23\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 11.5\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 11.087\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 3.19\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 7.51\ tonnef$

$V_{s_final} = 27.56\ tonnef$

$V_n = 29.81\ tonnef$

$V_u = 28.89\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.35\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

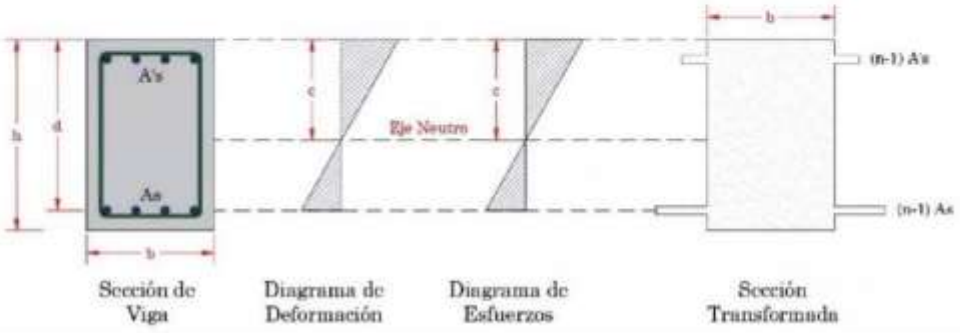
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.285\ m$

$I_{g2} = 595008.372\ cm^4$



$c = 20.86\ cm$

$I_{cr} = 357871.47\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 595008.37\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 6.12\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 403926.989\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.44\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.47\ cm$

$\rho' = 0.0083$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.41$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.5\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

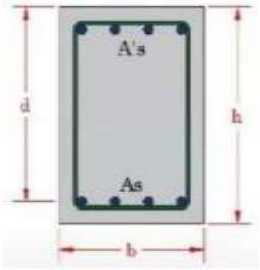
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

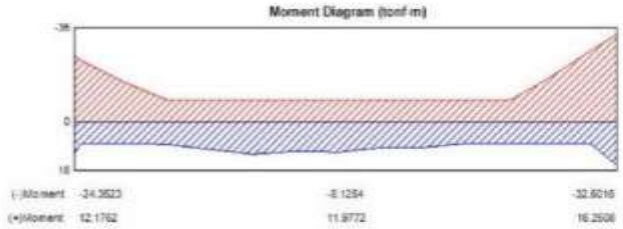
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 31: Diseño de Vigas Petaltadas Según E.060 – VP 25x55 (5) – 0.75





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1595.7\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 16.25\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 32.50\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(1.75 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 30.6\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 3.86\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0021$ $As_{mín_1} = 2.55\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.63\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0028$ $As_{mín_2} = 3.42\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 3.42\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$ $\rho_{b_max} = 0.0145$ $A_{sb} = 35.4\ cm^2$ $As_{máx} = 17.7\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1153$

$\rho_{req_positivo} = 0.0077$

$As_{req_positivo} = 9.41\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$As_{_positivo'} = 9.41\ cm^2$

$w_{_negativo} = 0.2525$

$\rho_{req_negativo} = 0.0168$

$As_{req_negativo} = 20.62\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_negativo'} = 20.62\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 28.59\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 12.34\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 3.91\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 7.59\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 2.4\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 25.3\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 20.1\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.77\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 9.41\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1/2"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1/2"

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 11.4\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 20.1\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 21.54\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.38\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.38\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 7.6\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 15.2\ cm$

$c_{Positivo} = 8.94\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 17.88\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 5.22 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 6.4$ $\quad \mu_{Negativo} = 2.49$

$M_{r_Positivo} = 17.87\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 34.96\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 16.25\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 32.5\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 21.54\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 2.91\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.53\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 20cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 28.15\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 30.92\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.219\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.237\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.399\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.200 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.28\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

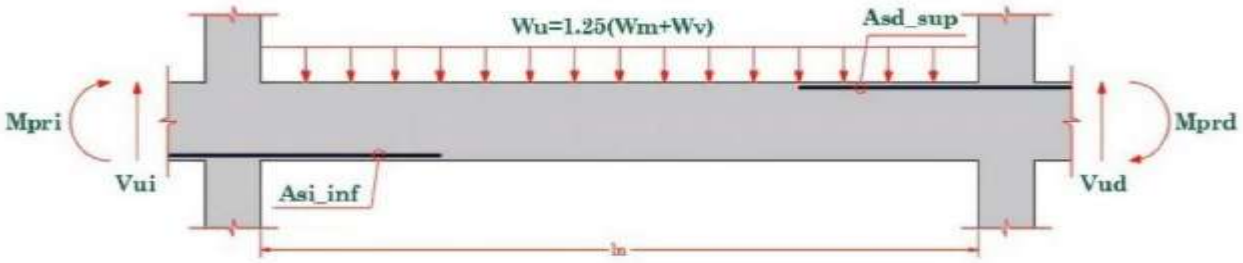
$w_u = 5.46\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 21.54\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 10.13\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 2

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 10.77\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 10.77\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.77\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 11.17\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 7.6\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 26.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 20.45\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 26.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 20.45\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 24.05\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 46\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 7.6\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 15.2\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 20.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 34.74\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 20.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 34.74\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 25.4\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 28.15\ tonnef$

$V_{ud} = 30.92\ tonnef$

$V_u = 30.92\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 9.23\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 27.14\ tonnef$

$V_{s_max} = 43.05\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 22.55\ tonnef$

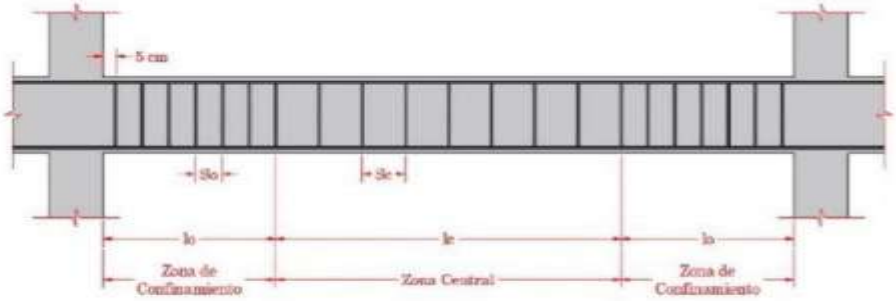
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 12.25\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 10.817\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 3.92\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 9.23\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 32.8\ tonnef$

$V_u = 30.92\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.28\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

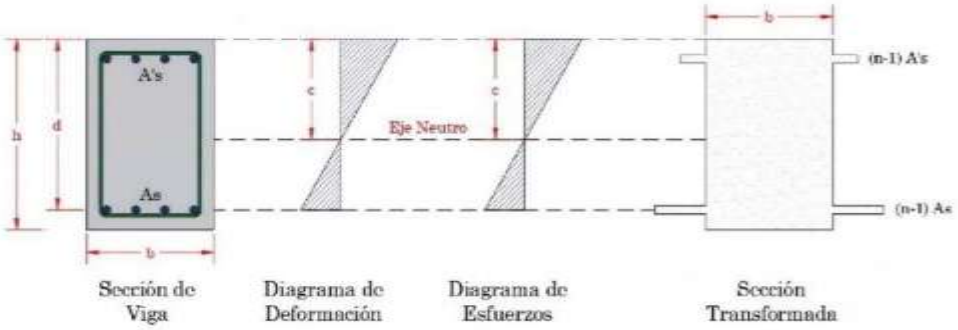
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.276\ m$

$I_{g2} = 453985.46\ cm^4$



$c = 15.93\ cm$

$I_{cr} = 198213.62\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 453985.46\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 5.05\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 226091.941\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.43\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.48\ cm$

$\rho' = 0.0083$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.41$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.5\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

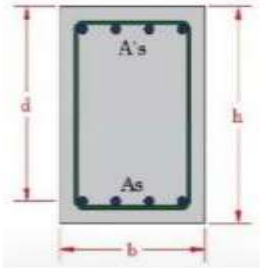
Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

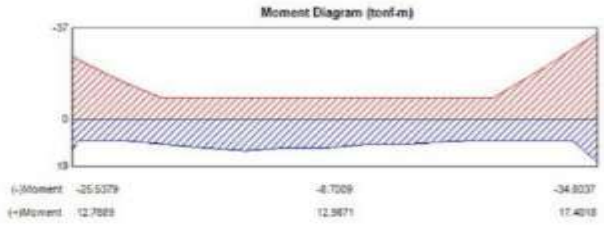
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 32: Diseño de Vigas Petaltadas Según E.060 – VP 25x55 (5) – 1.25





Propiedades Geométricas de Sección - VP 25x55

$b := 25\ cm$ $Capas_{Pos} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$ $Capas_{Neg} := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$

$h := 55\ cm$

$r := 4\ cm$

$d = 0.49\ m$

$d' = 0.06\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\gamma_c := 1664.0\ kgf \cdot m^{-3}$

Momentos Actuantes Sobre Viga

$M_{u_positivo} := 17.40\ tonnef \cdot m$

$M_{u_negativo} := 34.80\ tonnef \cdot m$

$E_c = \left(2.12 \cdot 10^5\right)\ kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.003$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^{-2}$ $\varepsilon_y := 0.0021$ $\phi_{Corte} := 0.85$

DISEÑO POR FLEXIÓN - E.0.60 - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Mínimo - E.060 - Artículo 10.5

$f_r = 32.05\ kgf \cdot cm^{-2}$ $M_{cr} = 4.04\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_1} = 0.0022$ $As_{mín_1} = 2.67\ cm^2$

$I_g = \left(3.47 \cdot 10^5\right)\ cm^4$ $\phi M_n = 4.85\ tonnef \cdot m$ $\rho_{mín_2} = 0.0028$ $As_{mín_2} = 3.42\ cm^2$

$Y_t = 0.28\ m$

$As_{mín} = 3.42\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo Máximo para Esfuerzos de Tracción - Artículo 10.3.4.

$\rho_b = 0.0289$ $\rho_{b_max} = 0.0145$ $A_{sb} = 35.4\ cm^2$ $As_{máx} = 17.7\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Acero Requerido según Teorema de Withney

---

$w_{_positivo} = 0.1241$

$w_{_negativo} = 0.2745$

$\rho_{req_positivo} = 0.0083$

$\rho_{req_negativo} = 0.0183$

$As_{req_positivo} = 10.14\ cm^2$

$As_{req_negativo} = 22.42\ cm^2$

$Verificación_{_Cuantía_Positiva} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Cuantía_Negativo} =$ "No Cumple, Verificar!"

$As_{_positivo'} = 10.14\ cm^2$

$As_{_negativo'} = 22.42\ cm^2$

Cálculo de Refuerzo de Compresión

$Mn_1 = 28.59\ tonnef \cdot m$

$Mn_{2_Positivo} = 11.19\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $Mn_{2_Negativo} = 6.21\ tonnef \cdot m$

$A'_{s_Positivo} = 6.89\ cm^2$ $\quad$ $A'_{s_Negativo} = 3.82\ cm^2$

$A_{s_Positivo'} = 24.59\ cm^2$ $\quad$ $A_{s_Negativo'} = 21.52\ cm^2$

$Efectividad_{_Positiva} =$ "No Requiere" $\quad$ $Efectividad_{_Negativa} =$ "Valido!"

Refuerzo Colocado en Zona Positiva Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Positiva_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Positiva_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 3/4" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 1"

$Cantidad_{_Capa_2_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 5/8"

$Cantidad_{_Capa_3_Positiva_1} :=$ N/A $\quad$ $Cantidad_{_Capa_3_Positiva_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_1} \end{bmatrix} :=$ 5/8" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Positivo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Positivo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Positiva} = 10.77\ cm^2$ $\quad$ $Estado_{_Capa2_Positivo} =$ "No posee" $\quad$ $Estado_{_Capa3_Positivo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Positiva} = 0\ cm^2$ $\quad$ $As_{_Capa_3_Positiva} = 0\ cm^2$

$As_{_Positivo} = 10.14\ cm^2$

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$

$Verificación_{_As_Positivo} =$ "Cumple!"

Refuerzo Colocado en Zona Negativa Traccionada

$Cantidad_{_Capa_1_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_1_Negativa_2} :=$ 1

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_1_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_1_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 1/2"

$Cantidad_{_Capa_2_Negativa_1} :=$ 2 $\quad$ $Cantidad_{_Capa_2_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 1" $\quad$ $\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_2_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_2_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

$Cantidad_{_Capa_3_Negativa_1} :=$ N/A $\quad Cantidad_{_Capa_3_Negativa_2} :=$ N/A

$\begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_1} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_1} \end{bmatrix} :=$ 6mm $\quad \begin{bmatrix} \phi_{_Capa_3_Negativo_2} \\ A_{\phi_Capa_3_Negativo_2} \end{bmatrix} :=$ 6mm

---

$As_{_Capa_1_Negativa} = 11.4\ cm^2$ $\quad Estado_{_Capa2_Negativo} =$ "No posee" $\quad Estado_{_Capa3_Negativo} =$ "No posee"

$As_{_Capa_2_Negativa} = 10.13\ cm^2$ $\quad As_{_Capa_3_Negativo} = 0\ cm^2$

$As_{_Negativo} = 21.52\ cm^2$

$As_{_Negativo_Colocado} = 21.54\ cm^2$

$Verificación_{_As_Negativo} =$ "Cumple!"

Verificación de Separación Máxima de Refuerzos - ACI 318-19

$s_{1_Positivo} = 4.38\ cm$ $\quad s_{1_Negativo} = 4.38\ cm$

$s_{2_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{2_Negativo} =$ "No posee"

$s_{3_Positivo} =$ "No posee" $\quad s_{3_Negativo} =$ "No posee"

$Verificación_{_Separación_Positiva} =$ "Sí Cumple!" $\quad Verificación_{_Separación_Negativa} =$ "Sí Cumple!"

Verificación de Fluencia y Momento Resistente - ACI 318-19

$a_{Positivo} = 7.6\ cm$ $\quad a_{Negativo} = 15.2\ cm$

$c_{Positivo} = 8.94\ cm$ $\quad c_{Negativo} = 17.88\ cm$

$\varepsilon_{s_Positivo} = 0.01$ $\quad \varepsilon_{s_Negativo} = 5.22 \cdot 10^{-3}$

$\mu_{Positivo} = 6.4$ $\quad \mu_{Negativo} = 2.49$

$M_{r_Positivo} = 19.24\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{r_Negativo} = 37.42\ tonnef \cdot m$

$M_{u_positivo} = 17.4\ tonnef \cdot m$ $\quad M_{u_negativo} = 34.8\ tonnef \cdot m$

$Tipo_{_Falla_Positiva} =$ "Falla Ductil" $\quad Tipo_{_Falla_Negativa} =$ "Falla Ductil"

$Verificación_{_Resistencia_Positiva} =$ "Si Cumple!" $\quad Verificación_{_Resistencia_Negativa} =$ "Si Cumple!"

$As_{_Positivo_Colocado} = 10.77\ cm^2$ $\quad As_{_Negativo_Colocado} = 21.54\ cm^2$

DISEÑO POR CORTE - E.0.60 - ACI 318-19

Dimensiones para Metrado de Cargas

$L := 6.05\ m$

$l_n := 5.85\ m$

$Sistema_{_Estructural} :=$ Muros Estructurales

$A_{t_Paño_1} := 2.91\ m$ | $A_{t_Paño_2} := 2.53\ m$

$Tipo_{_de_Losa_Paño_1} :=$ Losa Aligerada | $Tipo_{_de_Losa_Paño_2} :=$ Losa Maciza

$Tipo_{_de_Aligerado_Paño_1} :=$ 1D | $Tipo_{_de_Aligerado_Paño_2} :=$ 1D

$e_{Losa_Paño_1} :=$ 25cm | $e_{Losa_Paño_2} :=$ 25cm

Cortante de Diseño Máxima - ETABS

$V_{ui_calculado} := 28.82\ tonnef$

$V_{ud_calculado} := 32.04\ tonnef$

Metrado de Cargas Manual - E.060

$w_{_Tabiqueria} := 0.150 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Viga} = 0.229\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_{_Acabados} := 0.100 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_1} = 0.276\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Cielo_Raso} := 0.050 \cdot kgf \cdot m^{-2}$ | $w_{Losa_Paño_2} = 0.416\ tonnef \cdot m^{-2}$

$w_{_Sobrecarga} := 0.200 \cdot tonnef \cdot m^{-2}$

$w_m = 3.44\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

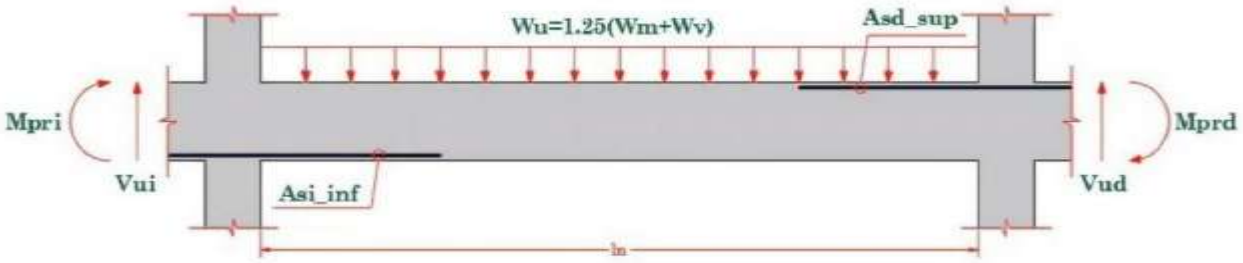
$w_u = 5.67\ tonnef \cdot m^{-1}$

Datos de Armadura en Extremos de Viga

$As_{_Sup_Izq} := 15.83\ cm^2$ | $As_{_Sup_Der} := 21.54\ cm^2$

$Capas_{_Sup_Izq} :=$ 2 | $As_{_Sup_Central} := 10.13\ cm^2$ | $Capas_{_Sup_Der} :=$ 2

$\phi_{Sup_Izq_máx} :=$ 1" | $Capas_{_Sup_Central} :=$ 1 | $\phi_{Sup_Der_máx} :=$ 1"



$As_{_Inf_Izq} := 10.77\ cm^2$ | $As_{_Inf_Central} := 10.77\ cm^2$ | $As_{_Inf_Der} := 10.77\ cm^2$

$Capas_{_Inf_Izq} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Central} :=$ 1 | $Capas_{_Inf_Der} :=$ 1

$\phi_{Inf_Izq_máx} :=$ 1" | $\phi_{Inf_Der_máx} :=$ 1"

Efecto de Cortante Sísmico - Caso I - E.060

$d_{_Sup_Izq} = 46\ cm$ $\quad$ $d_{_Inf_Der} = 49\ cm$

$a_{_Sup_Izq} = 11.17\ cm$ $\quad$ $a_{_Inf_Der} = 7.6\ cm$

$M_{ni_Caso_1} = 26.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_1} = 20.45\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_1} = 26.87\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_1} = 20.45\ tonnef \cdot m$

$$V_{ui_Caso_1} := \frac{M_{prd_Caso_1} + M_{pri_Caso_1}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 24.66\ tonnef$$

Efecto de Cortante Sísmico - Caso II - E.060

$d_{_Inf_Izq} = 49\ cm$ $\quad$ $d_{_Sup_Der} = 46\ cm$

$a_{_Inf_Izq} = 7.6\ cm$ $\quad$ $a_{_Sup_Der} = 15.2\ cm$

$M_{ni_Caso_2} = 20.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{nd_Caso_2} = 34.74\ tonnef \cdot m$

$M_{pri_Caso_2} = 20.45\ tonnef \cdot m$ $\quad$ $M_{prd_Caso_2} = 34.74\ tonnef \cdot m$

$$V_{ud_Caso_2} := \frac{M_{prd_Caso_2} + M_{pri_Caso_2}}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2} = 26\ tonnef$$

Cortante Máxima de Diseño

$V_{ui} = 28.82\ tonnef$

$V_{ud} = 32.04\ tonnef$

$V_u = 32.04\ tonnef$

Cortante Resistente de Concreto - E.060 Artículo 11.3.1.1. y 11.5.7.9.

$V_c = 9.23\ tonnef$

$Verificación_{_Estribos} =$ "Calcular Refuerzo"

$V_s = 28.46\ tonnef$

$V_{s_max} = 43.05\ tonnef$

$Verificación_{_Cortante_Mínimo} =$ "Sí Cumple!"

$Verificación_{_Tipo_de_Falla} =$ "Falla Ductil"

Separación de Estribos de Confinamiento y Zona Central - Artículo 11.5.5.

$\phi_{db_est} :=$ 3/8" ▾

$V_{s_lim} = 22.55\ tonnef$

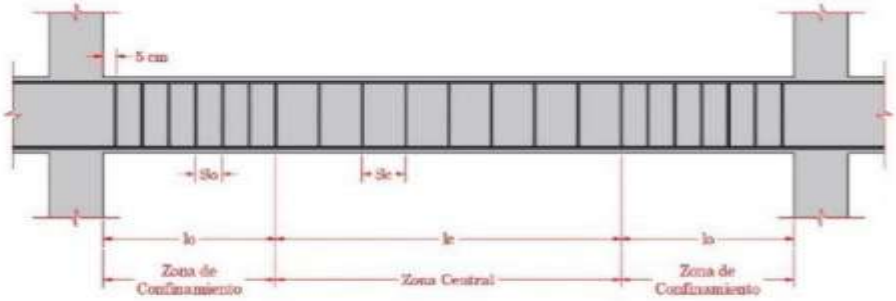
$s_{máx_1} = 24.5\ cm$

$s_{máx_2} = 60\ cm$

$s_{máx} = 12.25\ cm$

$A_{db_est} = 0.71\ cm^2$

$A_v = 1.43\ cm^2$



Separación de Refuerzos Cortantes - E.060

$s_{o_inicial} = 10.316\ cm$

$l_o = 1.1\ m$

$s_1 = 15\ cm$

$s_2 = 25.4\ cm$

$s_3 = 22.872\ cm$

$s_4 = 30\ cm$

Separación Final de Estribos en Confinamiento - E.060

$s_o = 10\ cm$

$Núm_{_estribos_ZC} = 11$

$l_c = 3.55\ m$

Separación Final de Estribos en Zona Central - E.060

$s_c = 25\ cm$

$Núm_{_estribos_C} = 14$

Verificación de Espaciamiento Máximo y Refuerzo Mínimo de Concreto - 11.5.6.

$Verificación_{_Esp_Máx} =$ "Sí Cumple!"

$V_{u_máx} = 3.92\ tonnef$

$Verificación_{_Uso_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Requiere Área Mínima de Refuerzo"

$A_{v_mín} = 0.21\ cm^2$

$Verificación_{_Refuerzo_Mínimo_Cortante} =$ "Si Cumple!"

Resistencia Final Cortante

$V_c = 9.23\ tonnef$

$V_{s_final} = 29.36\ tonnef$

$V_n = 32.8\ tonnef$

$V_u = 32.04\ tonnef$

$Verificación_{_Resistencia_Corte_Nominal} =$ "Si Cumple!"

CONTROL DE DEFLEXIONES - E.0.60

Cargas Distribuidas Aplicadas

$w_m = 3.44\ tonnef \cdot m^{-1}$

$w_v = 1.09\ tonnef \cdot m^{-1}$

Cargas Puntuales Aplicadas en Extremo (Caso Voladizo)

$P_m := 0.00\ tonnef$

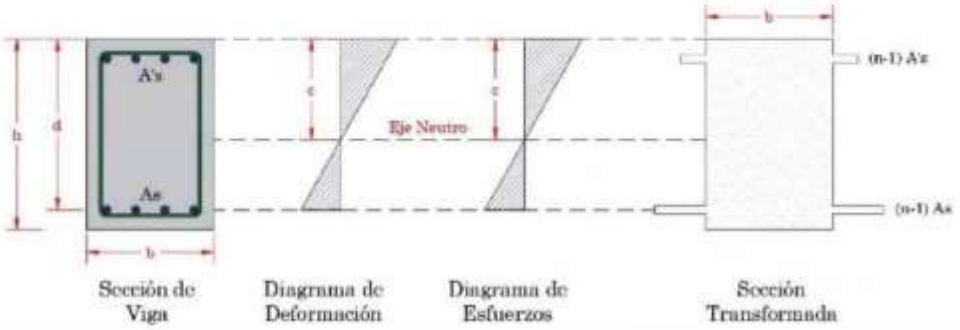
$P_v := 0.00\ tonnef$

Cálculo de Inercias

$I_{g1} = 346614.58\ cm^4$

$Y_{cg} = 0.276\ m$

$I_{g2} = 433392.258\ cm^4$



$c = 15.01\ cm$

$I_{cr} = 167051.58\ cm^4$

$I_{g_Deflexión} := I_{g2} = 433392.26\ cm^4$

$M_{cr_Deflexión} = 5.05\ tonnef \cdot m$

Momento de Servicio Actuante e Inercia Efectiva

$M_{sa} := 10.5753\ tonnef \cdot m$

$I_e = 196057.427\ cm^4$

Cálculo de Deflexiones

$Caso_{_de_Deflexión} :=$ Caso I

$\delta_{inst_cm} = 1.43\ cm$

$\delta_{inst_cv} = 0.45\ cm$

$\rho' = 0.0083$

$\xi := 2.00$

$\lambda\Delta = 1.41$

Deflexiones Ultimas y Verificación - Artículo 9.6.2.6. - E.060

$\delta_u := \delta_{inst_cv} + \lambda\Delta \cdot \delta_{inst_cm} = 2.48\ cm$

Para techos planos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_1} = 3.36\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_1} =$ "Sí Cumple!"

Para pisos que no soporten elementos NO estructurales.

$\delta_{max_2} = 1.68\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_2} =$ "Sí Cumple!"

Para ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

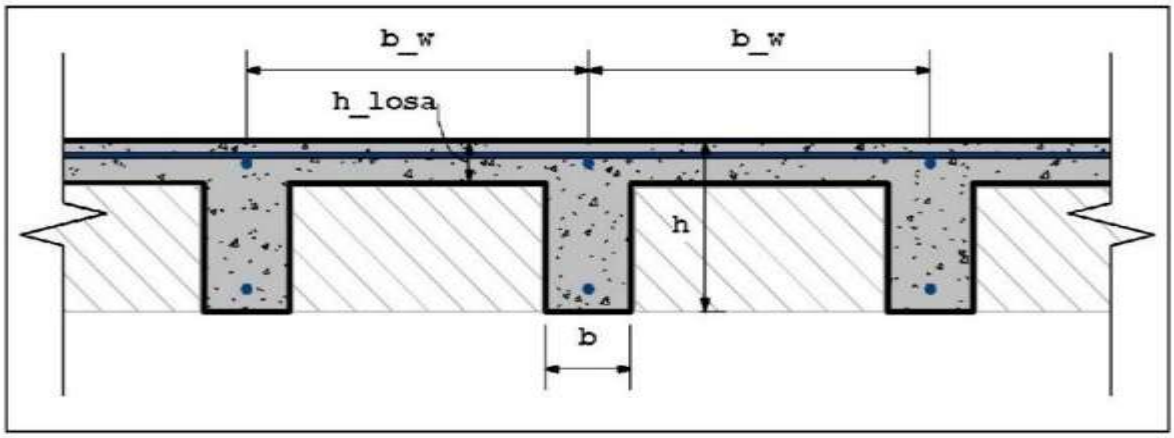
$\delta_{max_3} = 1.26\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_3} =$ "No Cumple, Verificar."

Para ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.

$\delta_{max_4} = 2.52\ cm$ $\quad Verificación_{_Deflexión_4} =$ "Sí Cumple!"

ANEXO 33: Diseño de Viga Chata Según E.060 y ACI 318-19 – VCH 25x25 (1) – Original

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 140\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 4\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 21\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 1$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 217370.6512 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 21316.78\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 2.4\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.31	330	200
2	3.23	330	200

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

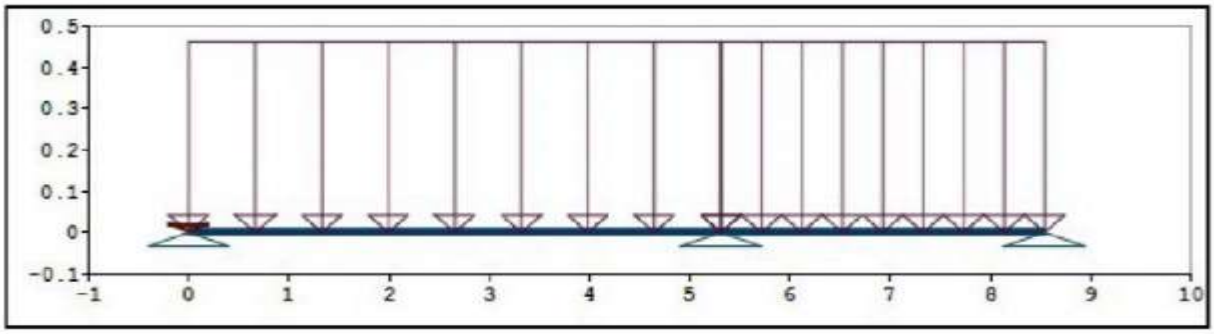


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

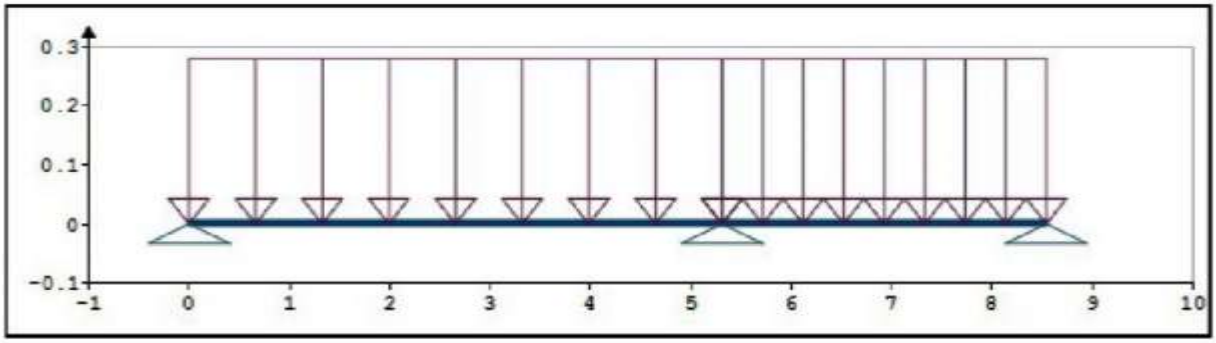


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 3.9\ tonnef$$

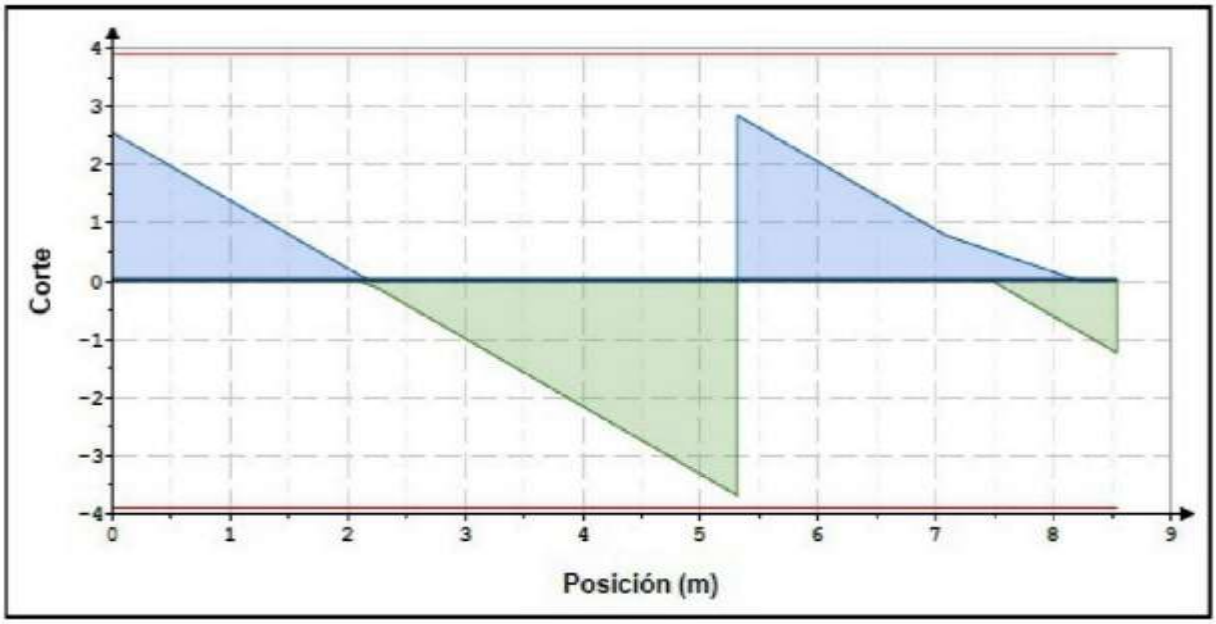


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

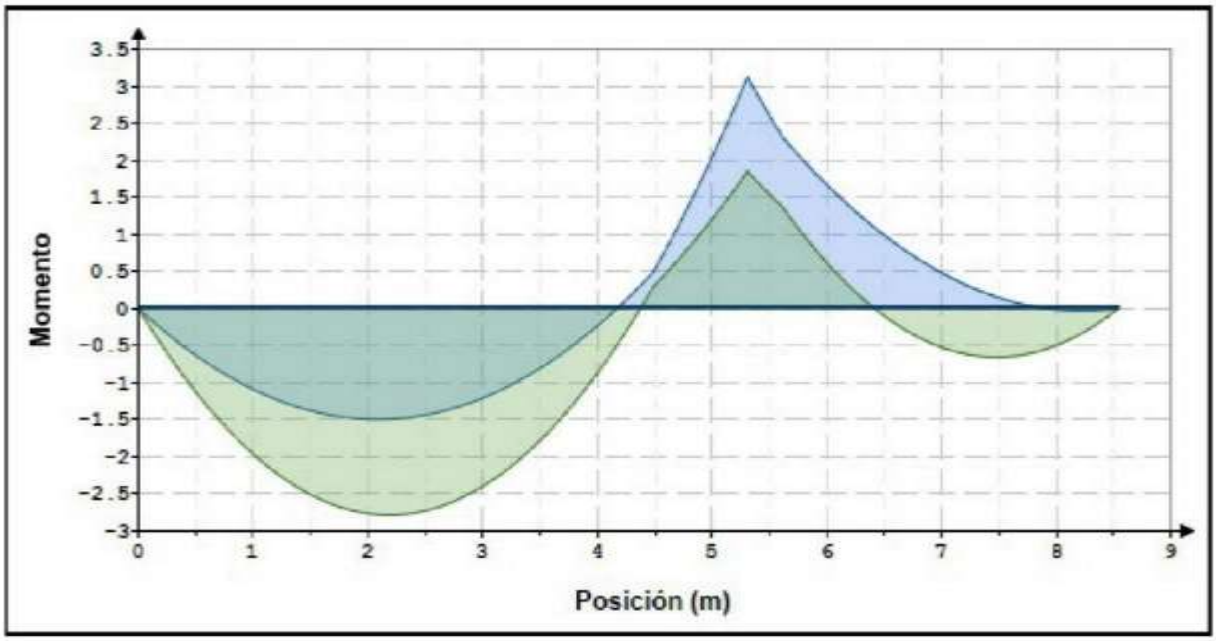


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

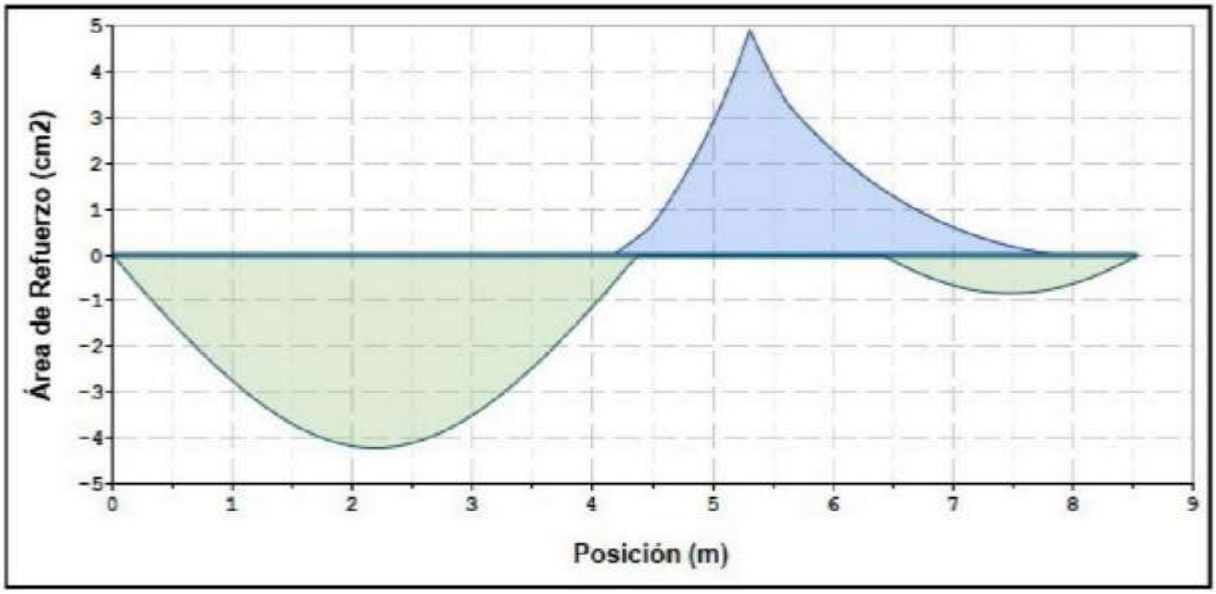


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.75\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 7.11\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 4.92\ cm^2$

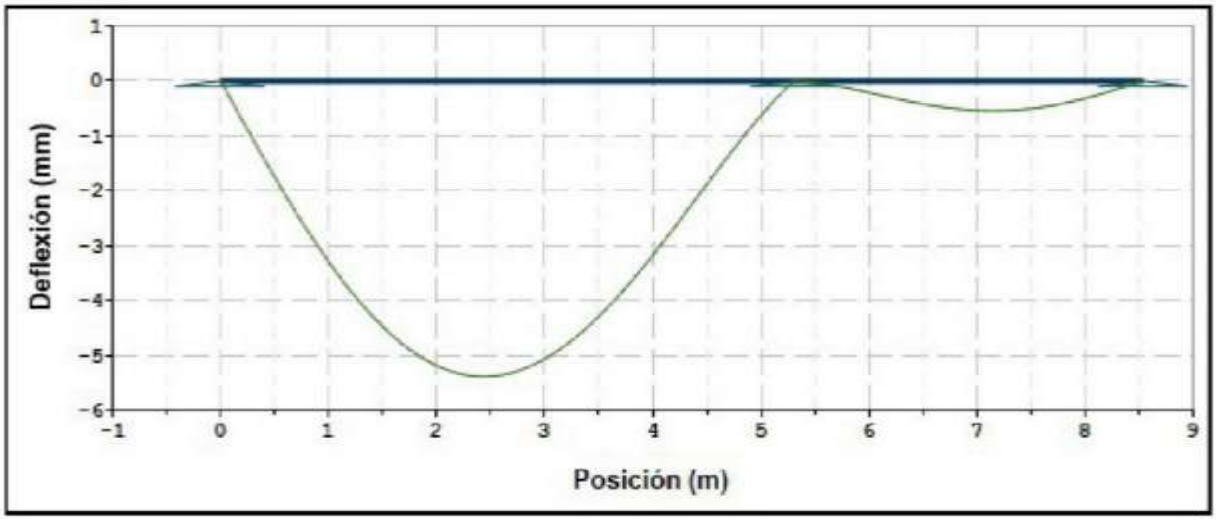
$min(A_{s2}) = -4.21\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

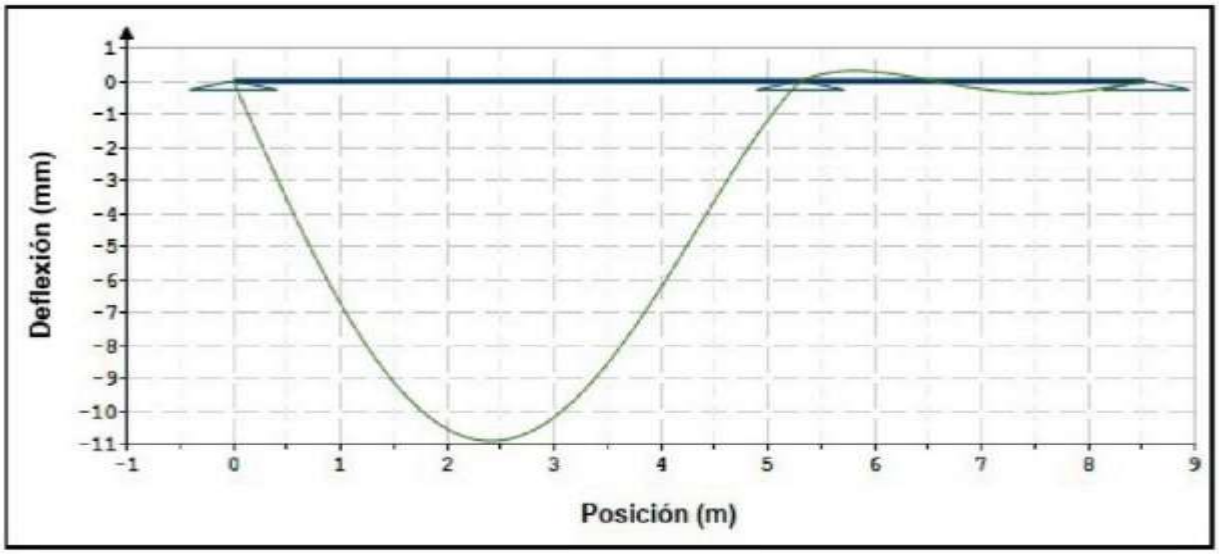
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 5.94\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

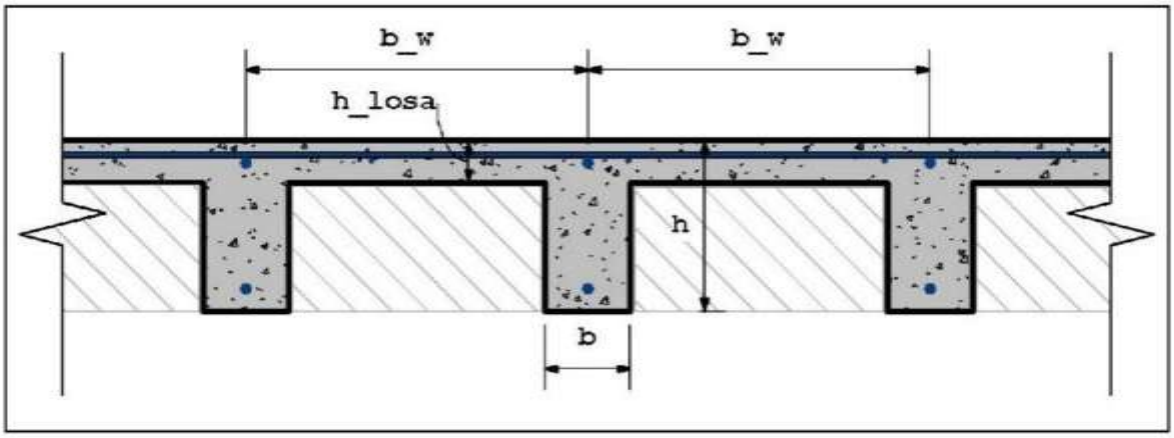


$\delta_{max_permisible} = 1.11$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.09$ **cm**

ANEXO 34: Diseño de Viga Chata Según E.060 y ACI 318-19 – VCH 25x25 (1) – 0.00%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 140\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 4\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 21\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 99505.28195 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 9758.13\ MPa$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5723\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.31	330	200
2	3.23	330	200

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

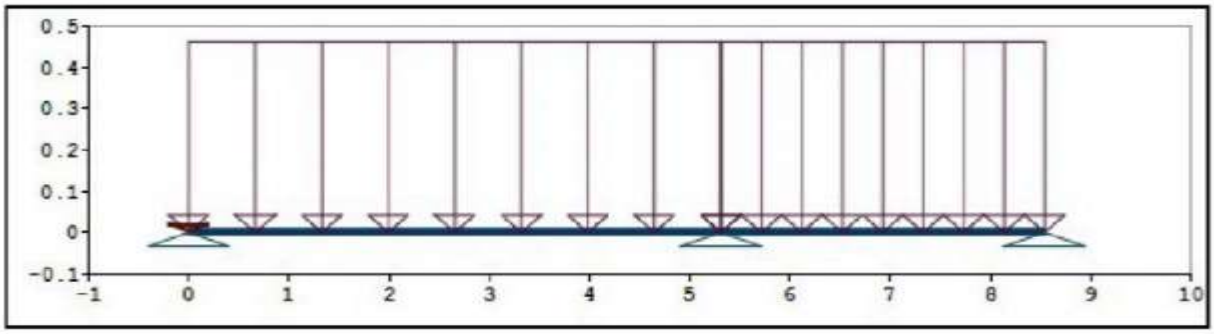


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

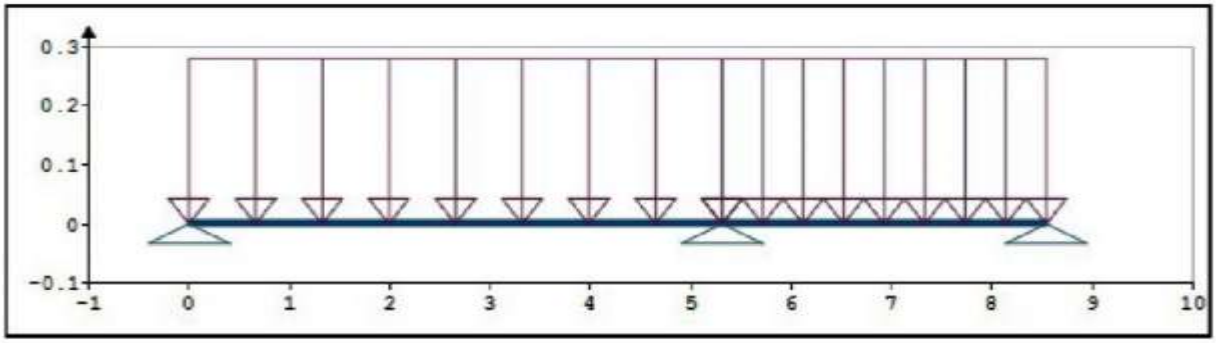


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d$ $V_c = 3.31\ tonnef$

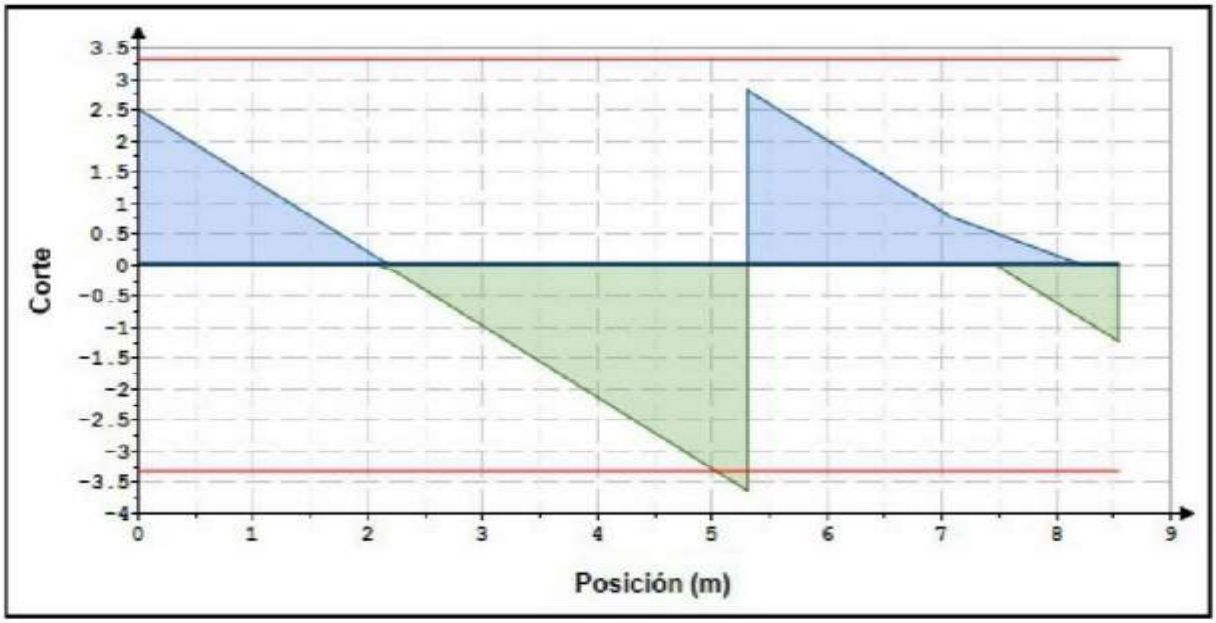


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

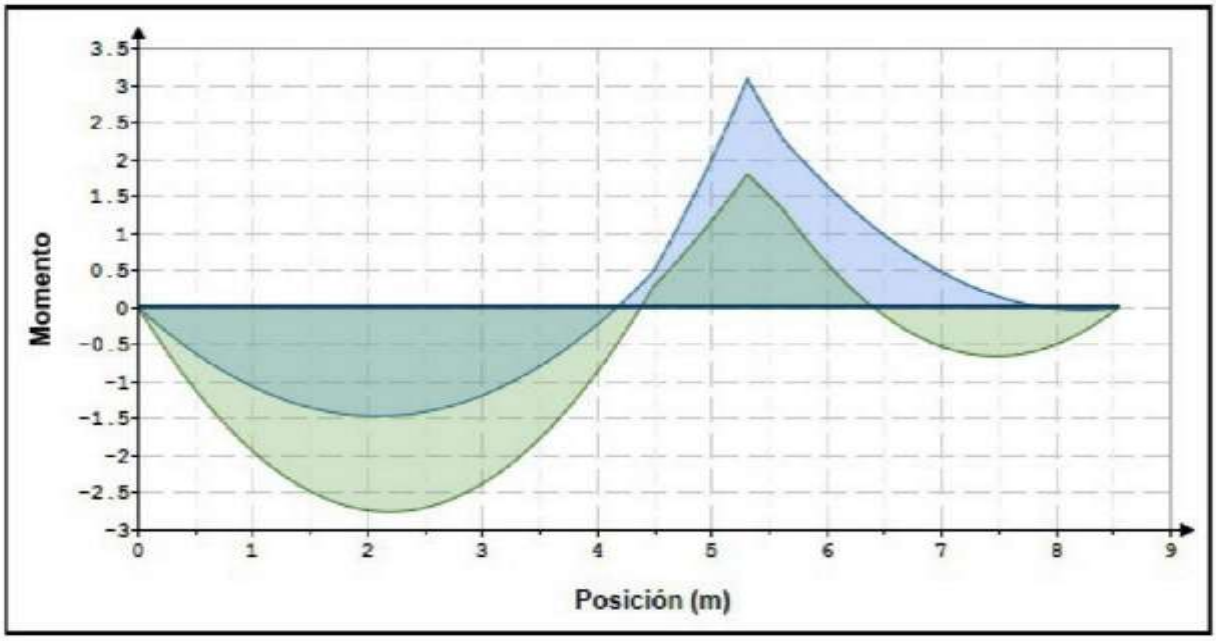


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

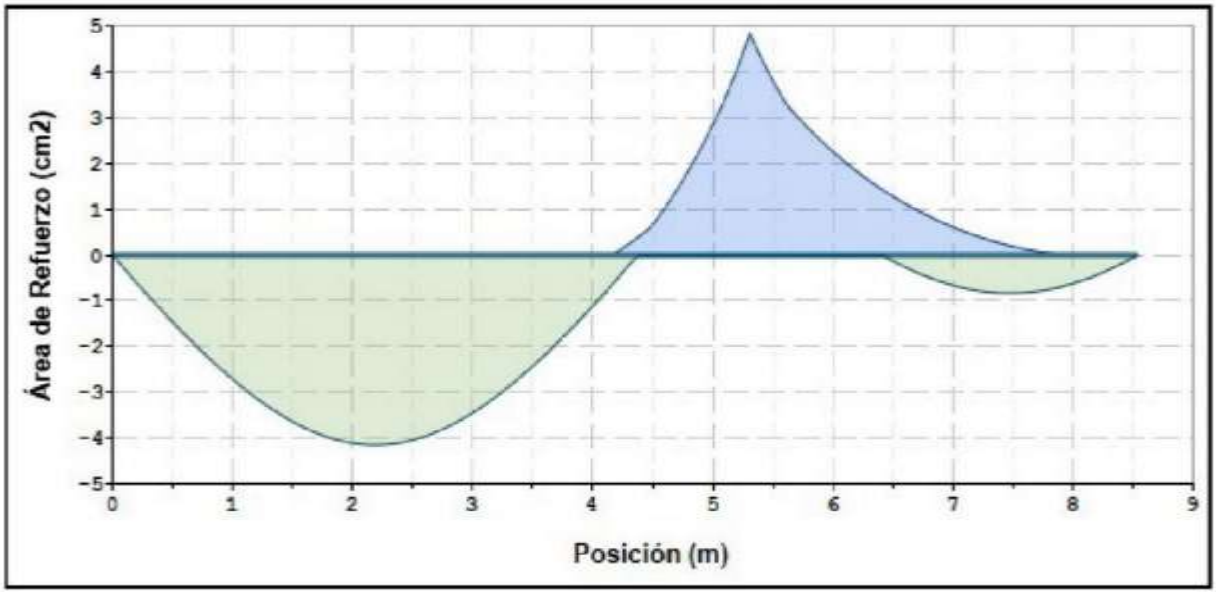


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.75\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 7.11\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 4.84\ cm^2$

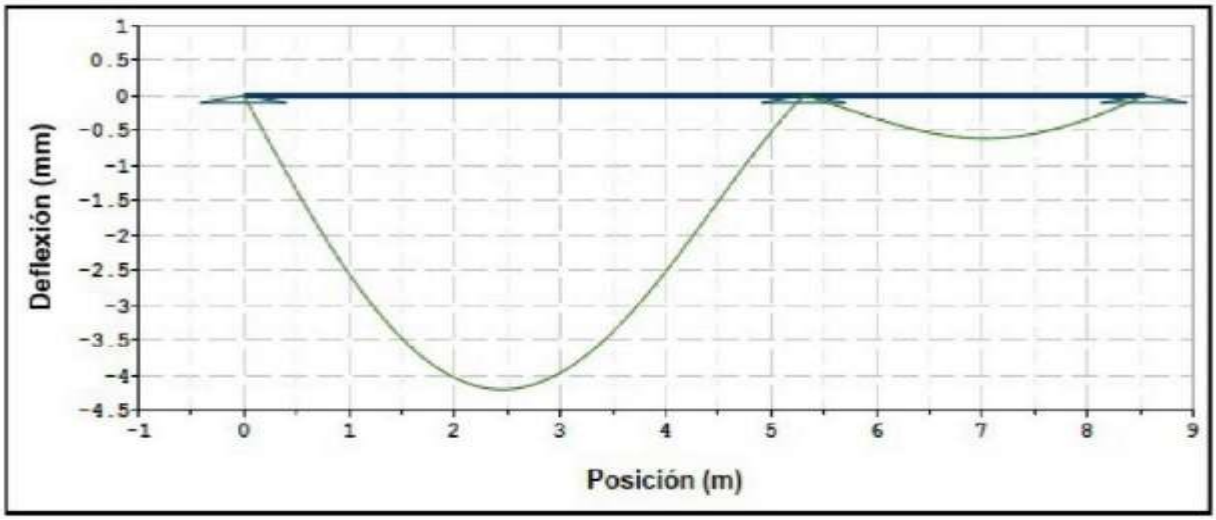
$min(A_{s2}) = -4.15\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

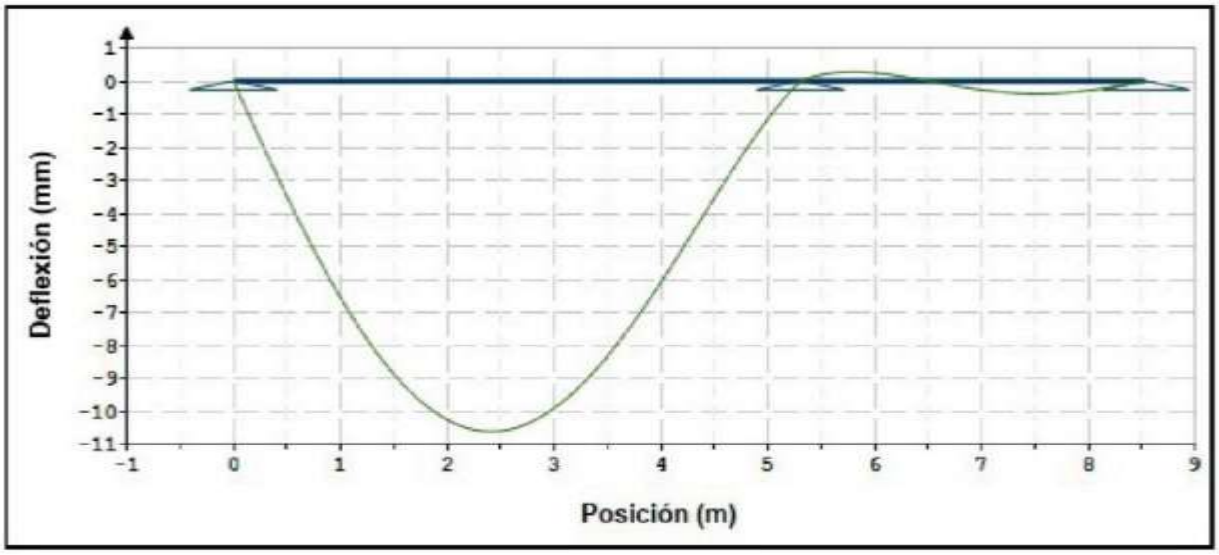
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 7.92\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

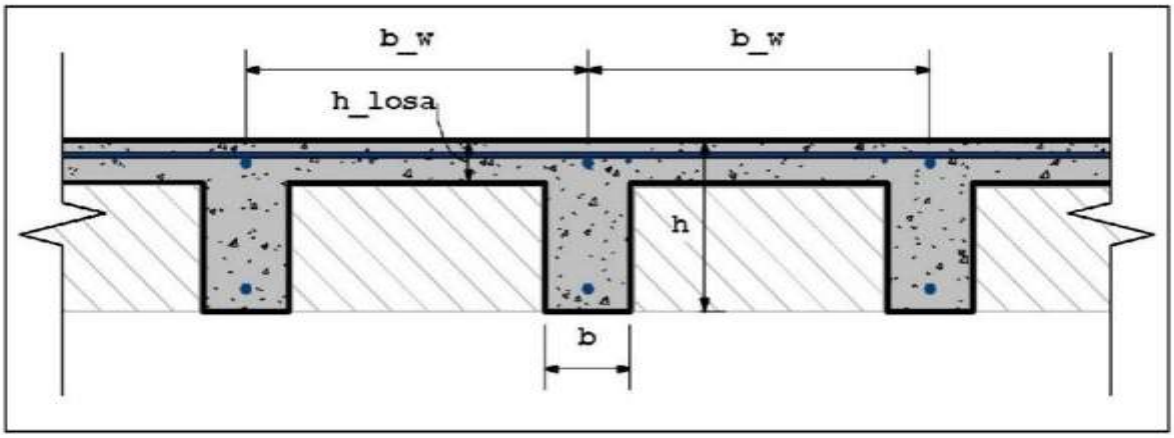


$\delta_{max_permisible} = 1.11$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.06$ **cm**

ANEXO 35: Diseño de Viga Chata Según E.060 y ACI 318-19 – VCH 25x25 (1) – 0.75%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 140\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 4\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 21\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 174773.1087 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 17139.39\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5957\ \frac{kN}{m^3}$
Limite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.31	330	200
2	3.23	330	200

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

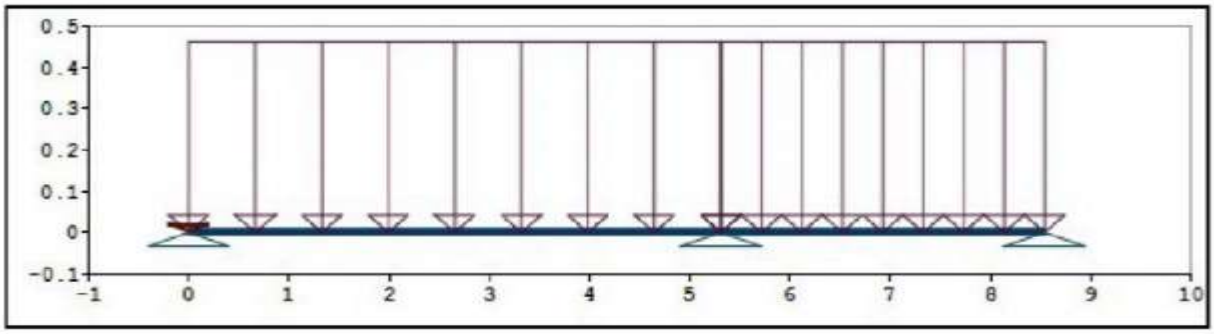


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

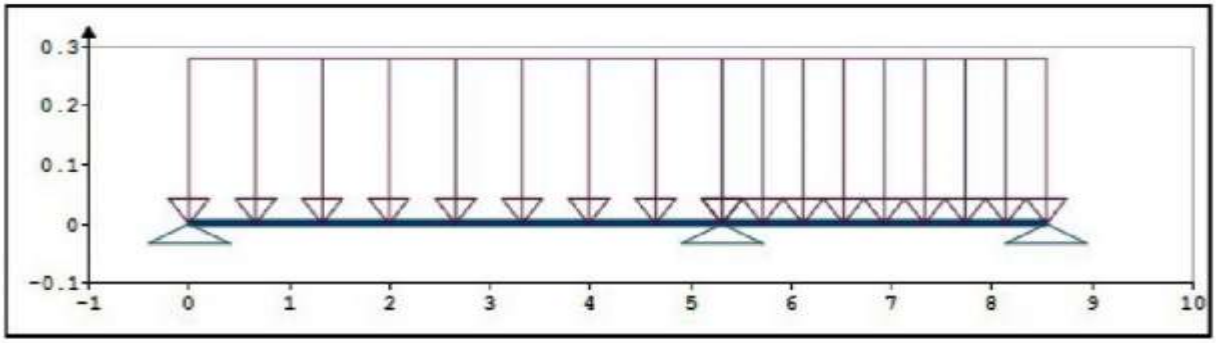


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 37.53\ kN$$

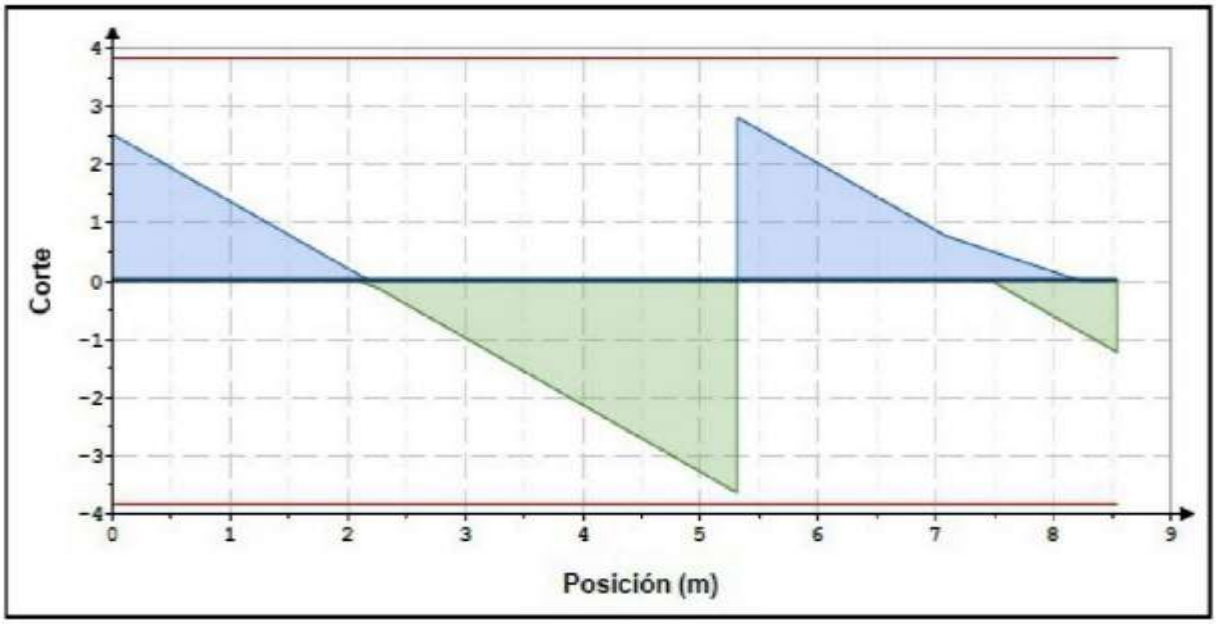


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

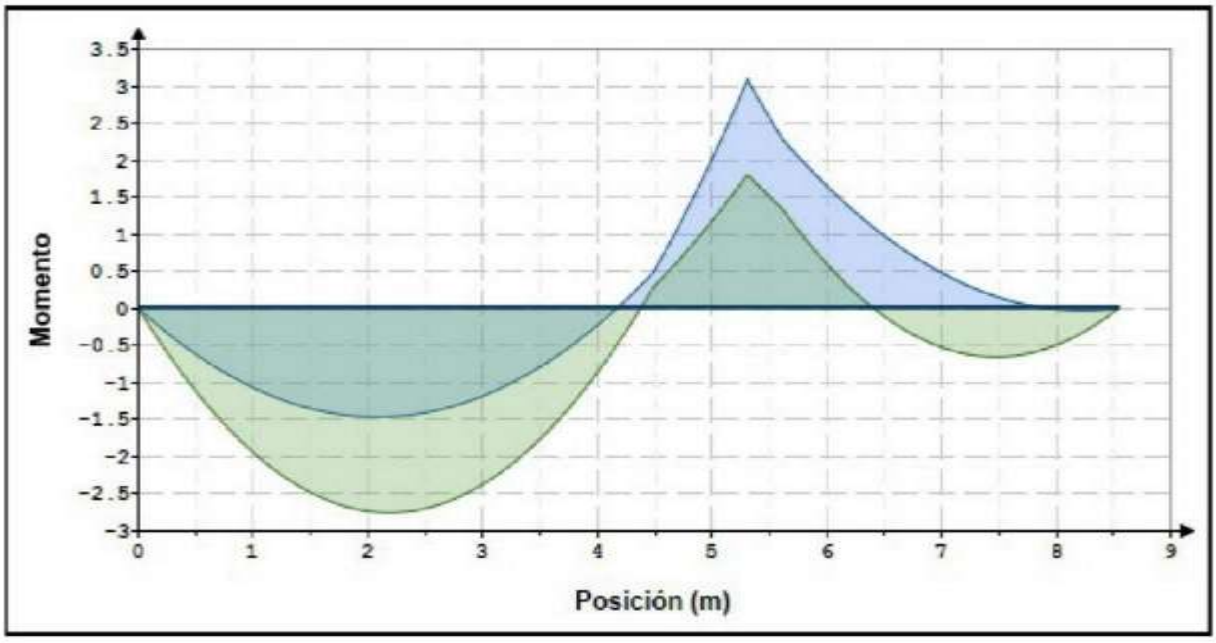


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

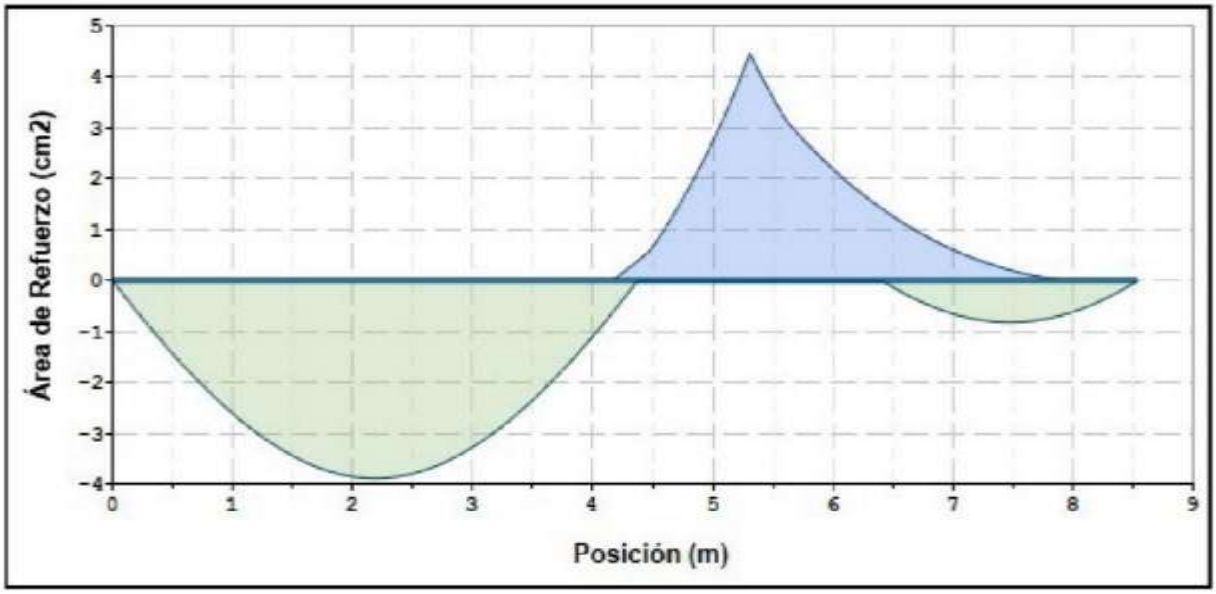


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.75\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 9.48\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 4.46\ cm^2$

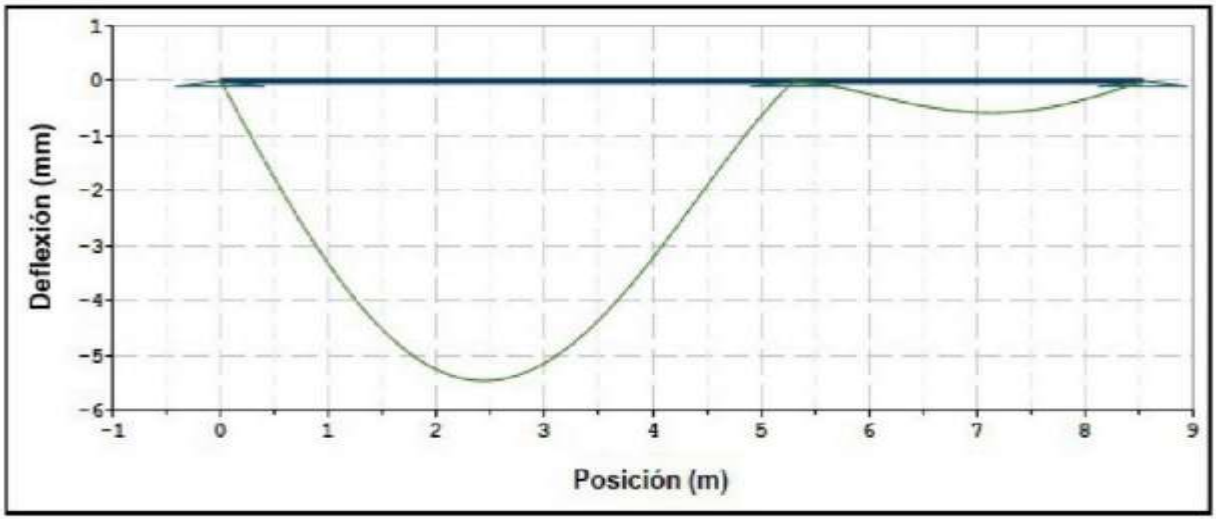
$min(A_{s2}) = -3.89\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

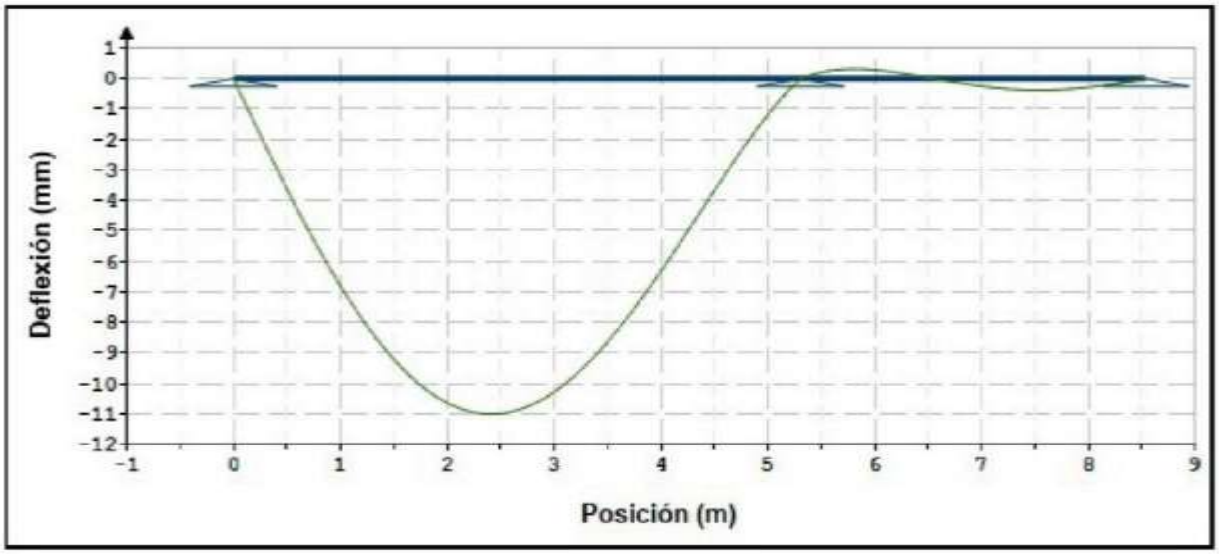
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 5.94\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

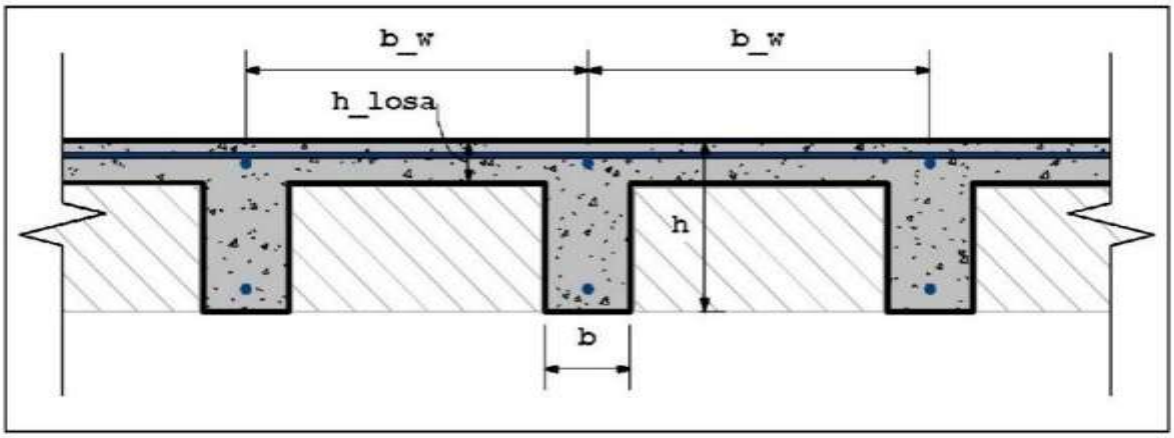


$\delta_{max_permisible} = 1.11$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.1$ **cm**

ANEXO 36: Diseño de Viga Chata Según E.060 y ACI 318-19 – VCH 25x25 (1) – 1.25%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 140\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 25\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 25\ cm$
Recubrimiento	$r := 4\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 21\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 211777.3696 \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 20768.27\ MPa$
Peso específico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.6640\ \frac{kN}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	5.31	330	200
2	3.23	330	200

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

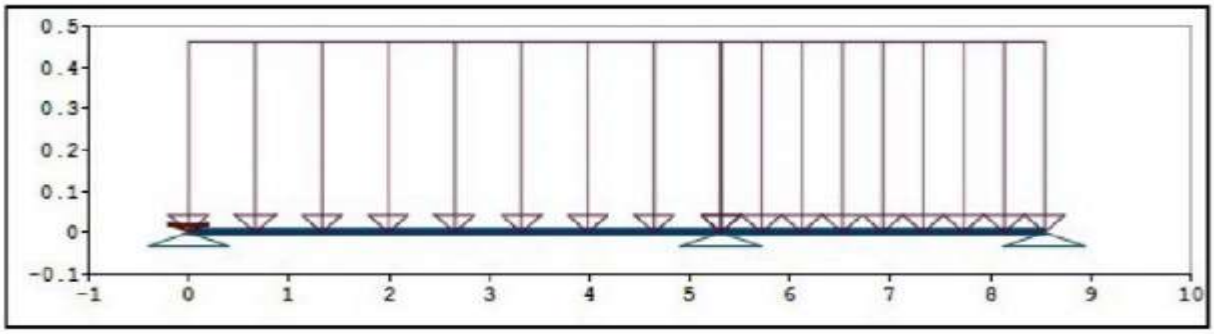


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

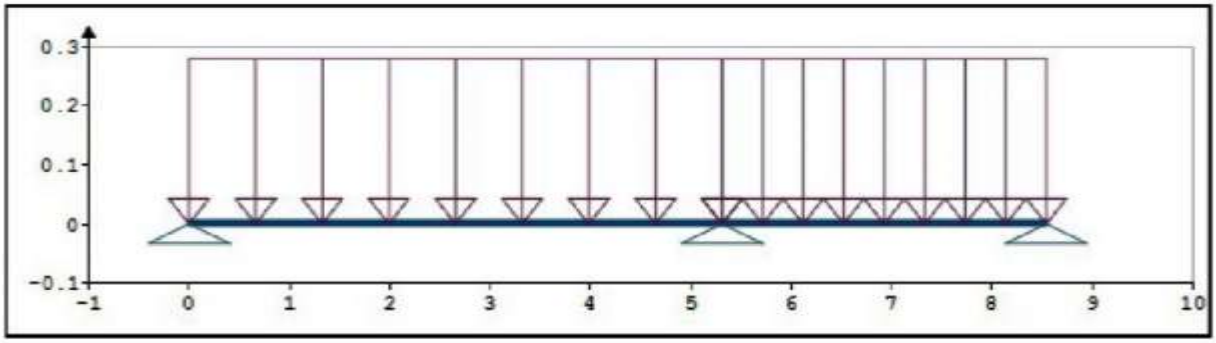


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.85$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d$ $V_c = 3.83\ tonnef$

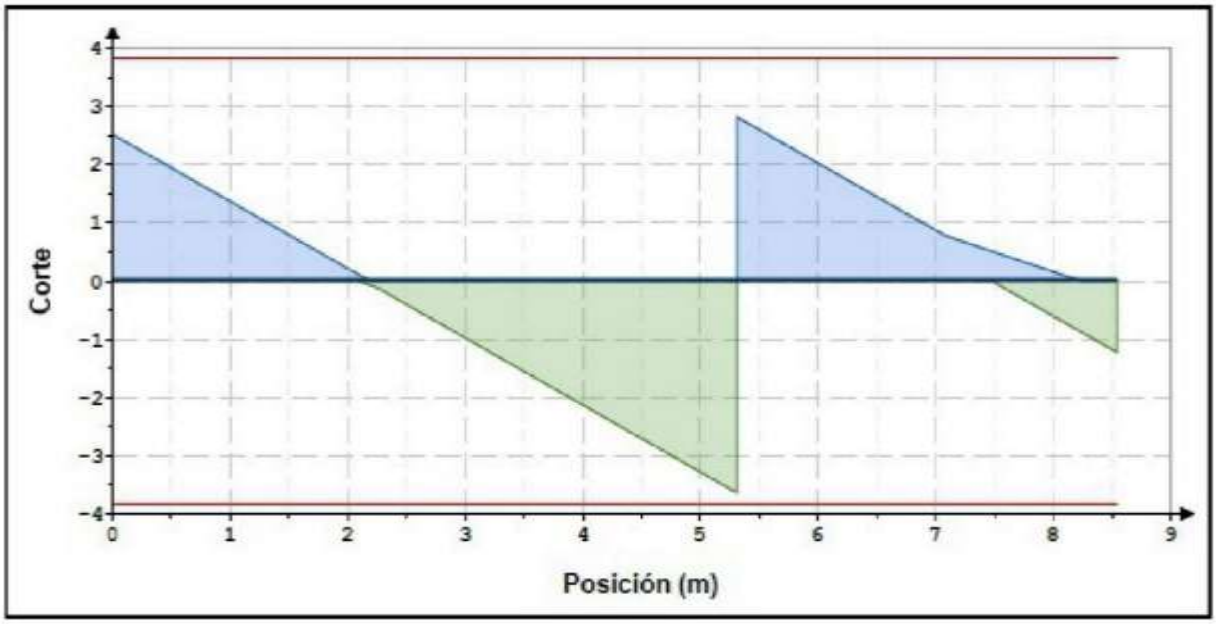


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

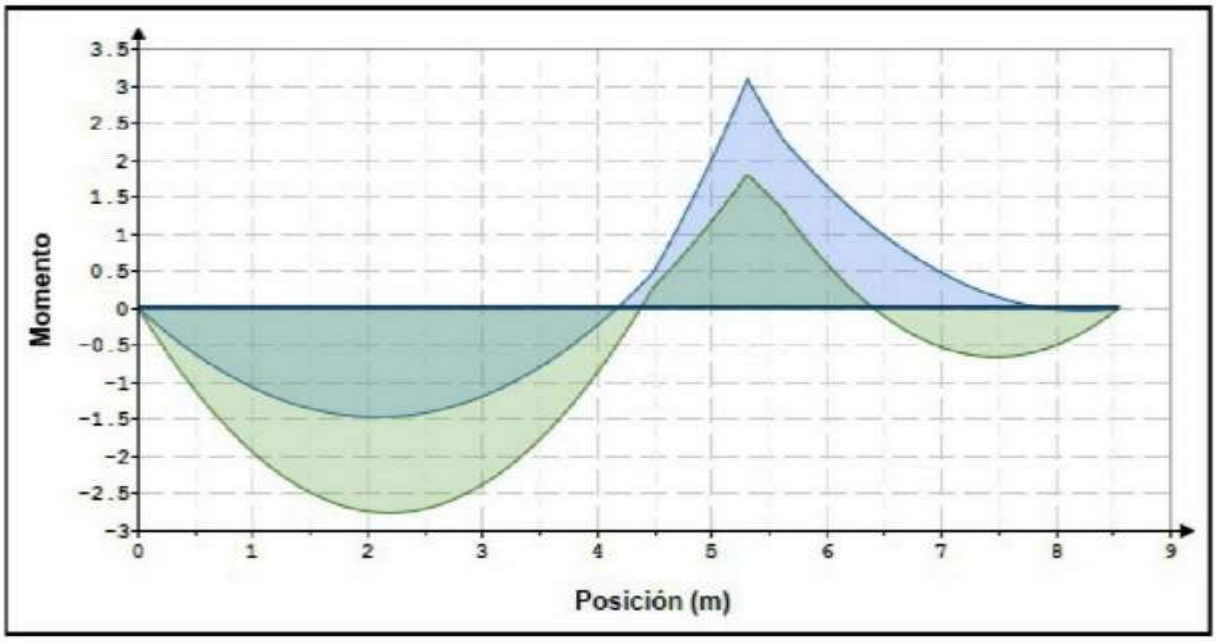


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Areas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

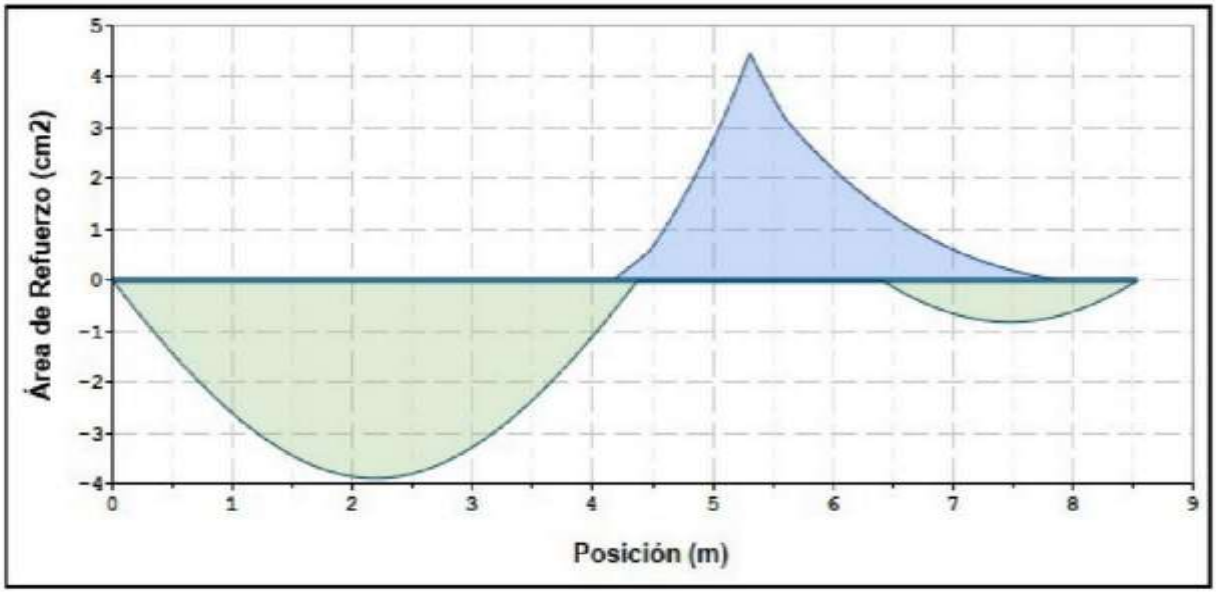


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 1.75\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 9.48\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 4.47\ cm^2$

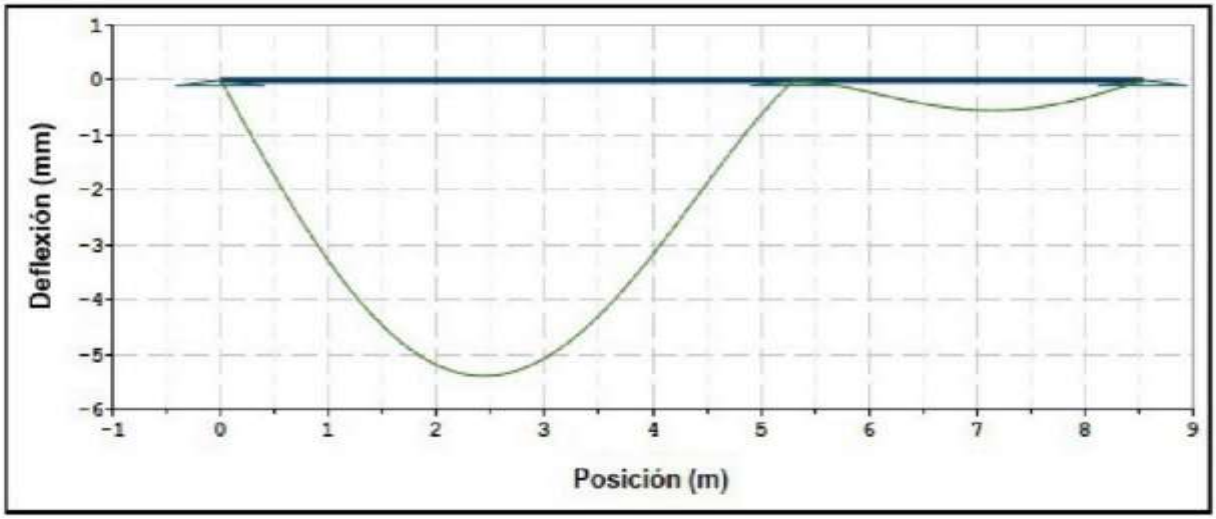
$min(A_{s2}) = -3.89\ cm^2$

2. CONTROL DE DEFLEXIONES

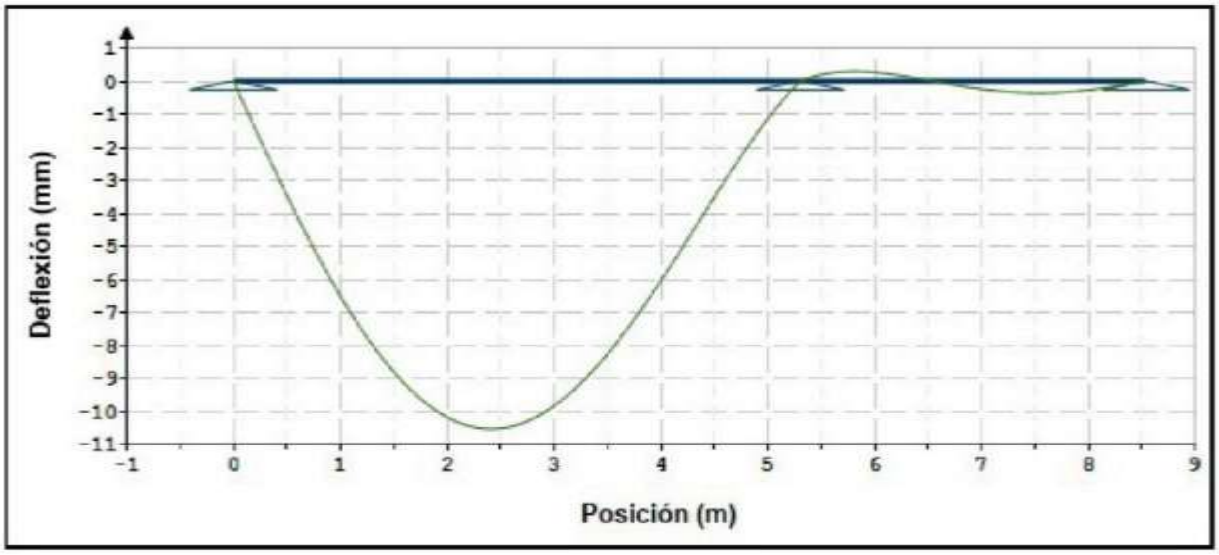
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 5.94\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



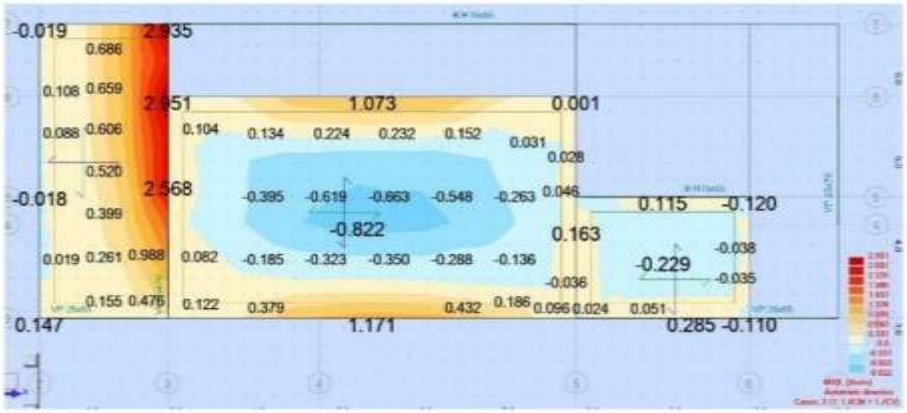
Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

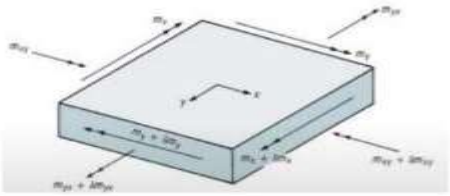


$\delta_{max_permisible} = 1.11$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = -1.05$ **cm**

ANEXO 37: Diseño de Losas Macizas en 2D según ACI 318-19 (LM1 – 0.00%)







Propiedades Geométricas de Sección

$b_x := 100\ cm$ $B_x := 153\ cm$

$b_y := 100\ cm$ $B_y := 340\ cm$

$h := 20\ cm$ $L := 3.40\ m$

$r := 2\ cm$

Momentos Resultantes de Comb: 1.4CM + 1.7CV

$M_{x_Pos} := 0.822\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Pos} := 0.339\ tonnef \cdot m$

$M_{x_Neg} := 3.0\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Neg} := 2.0\ tonnef \cdot m$

$d = 0.18\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 210\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$

$\rho_{Min} := 0.0018$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

DISEÑO POR FLEXIÓN - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Requerido - E.060

$\rho_{Pos_X} = 0.0007$ $As_{Pos_X} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_X_Final} = 10.71\ cm^2$

$\rho_{Neg_X} = 0.0027$ $As_{Neg_X} = 4.6826\ cm^2$ $As_{Neg_X_Final} = 15.92\ cm^2$

$\rho_{Pos_Y} = 0.0003$ $As_{Pos_Y} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_Y_Final} = 4.8195\ cm^2$

$\rho_{Neg_Y} = 0.0018$ $As_{Neg_Y} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Neg_Y_Final} = 4.8195\ cm^2$

Verificación de Deflexión Máxima - E.060 - Artículo 9.6.2.6

$\Delta_{calculada} := 0.3296\ cm$

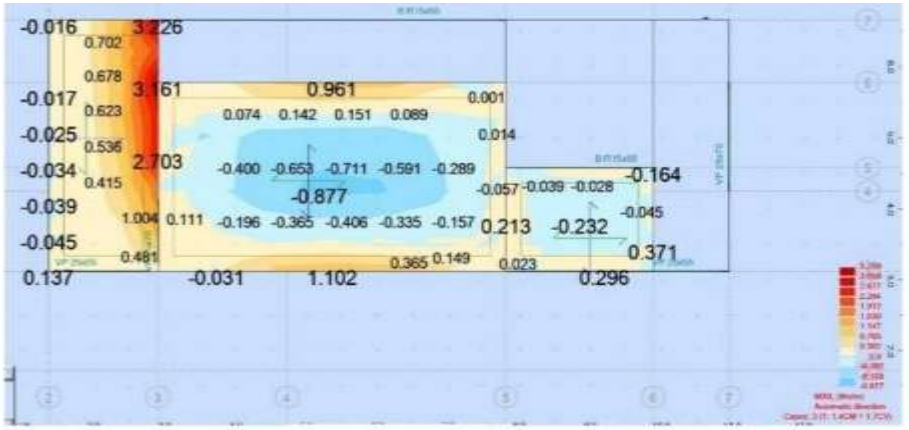


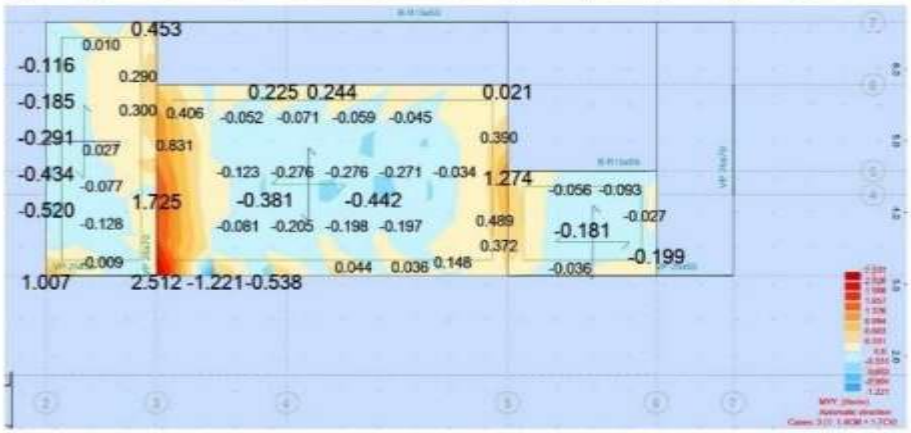
$\Delta_{Deflexión_Final} = 0.494\ cm$

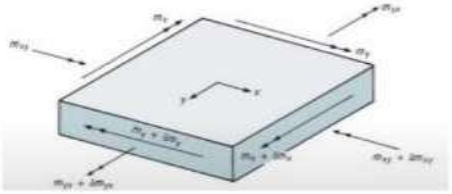
$\Delta_{max_permisible} = 0.708\ cm$

$Condición_{_De_Servicio} =$ "Cumple"

ANEXO 38: Diseño de Losas Macizas en 2D según ACI 318-19 (LM1 – 0.75%)







Propiedades Geométricas de Sección

$b_x := 100\ cm$ $B_x := 153\ cm$

$b_y := 100\ cm$ $B_y := 340\ cm$

$h := 20\ cm$ $L := 3.40\ m$

$r := 2\ cm$

$d = 0.18\ m$

Momentos Resultantes de Comb: 1.4CM + 1.7CV

$M_{x_Pos} := 0.877\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Pos} := 0.52\ tonnef \cdot m$

$M_{x_Neg} := 3.226\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Neg} := 2.512\ tonnef \cdot m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$

$\rho_{Min} := 0.0018$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

DISEÑO POR FLEXIÓN - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Requerido - E.060

$\rho_{Pos_X} = 0.0008$ $As_{Pos_X} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_X_Final} = 10.71\ cm^2$

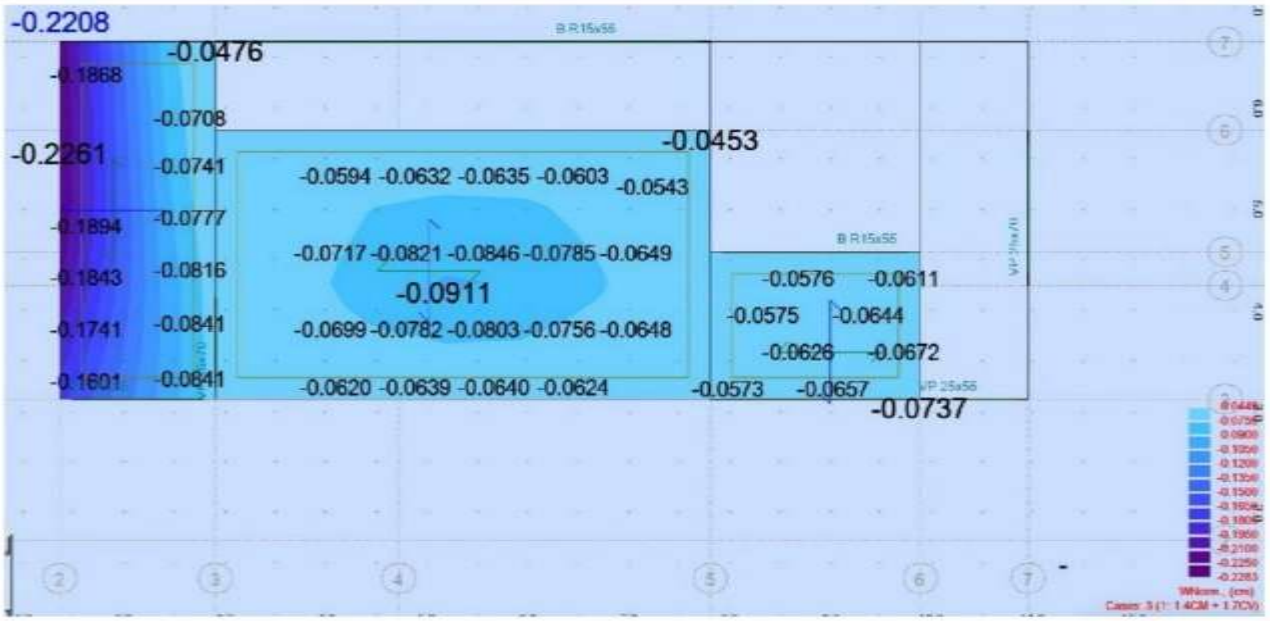
$\rho_{Neg_X} = 0.0029$ $As_{Neg_X} = 5.0030\ cm^2$ $As_{Neg_X_Final} = 17.01\ cm^2$

$\rho_{Pos_Y} = 0.0005$ $As_{Pos_Y} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_Y_Final} = 4.8195\ cm^2$

$\rho_{Neg_Y} = 0.0022$ $As_{Neg_Y} = 3.8731\ cm^2$ $As_{Neg_Y_Final} = 5.9258\ cm^2$

Verificación de Deflexión Máxima - E.060 - Artículo 9.6.2.6

$\Delta_{calculada} := 0.2208\ cm$

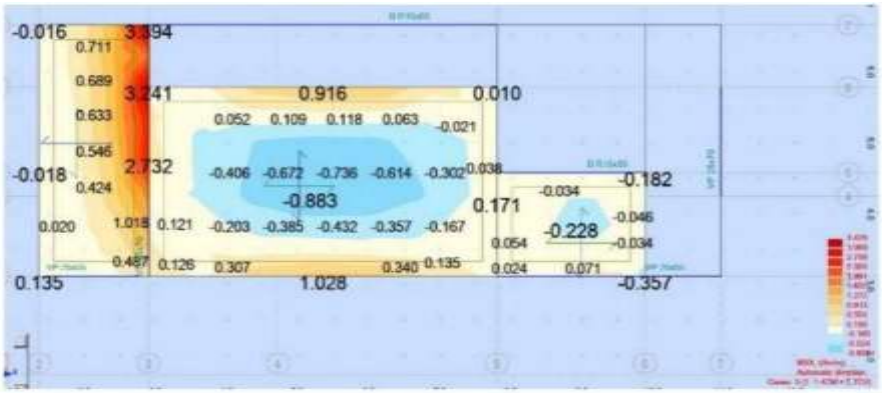


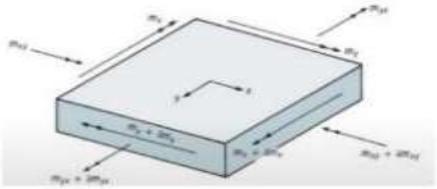
$\Delta_{Deflexión_Final} = 0.331\ cm$

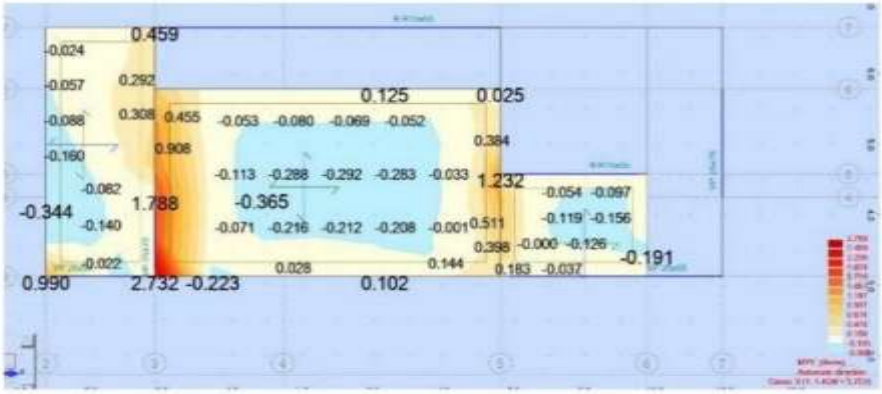
$\Delta_{max_permisible} = 0.708\ cm$

$Condición_{_De_Servicio} =$ "Cumple"

ANEXO 39: Diseño de Losas Macizas en 2D según ACI 318-19 (LM1 – 1.25%)







Propiedades Geométricas de Sección

$b_x := 100\ cm$ $B_x := 153\ cm$

$b_y := 100\ cm$ $B_y := 340\ cm$

$h := 20\ cm$ $L := 3.40\ m$

$r := 2\ cm$

Momentos Resultantes de Comb: 1.4CM + 1.7CV

$M_{x_Pos} := 0.883\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Pos} := 0.365\ tonnef \cdot m$

$M_{x_Neg} := 3.394\ tonnef \cdot m$ $M_{y_Neg} := 2.732\ tonnef \cdot m$

$d = 0.18\ m$

Propiedades Mecánicas y Físicas de Concreto

$f'_c := 280\ kgf \cdot cm^{-2}$

$f_y := 4200\ kgf \cdot cm^{-2}$

$\rho_{Min} := 0.0018$ $\beta_1 = 0.85$ $\phi_{Flexión} := 0.90$

DISEÑO POR FLEXIÓN - ACI 318-19

Cálculo de Refuerzo Requerido - E.060

$\rho_{Pos_X} = 0.0008$ $As_{Pos_X} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_X_Final} = 10.71\ cm^2$

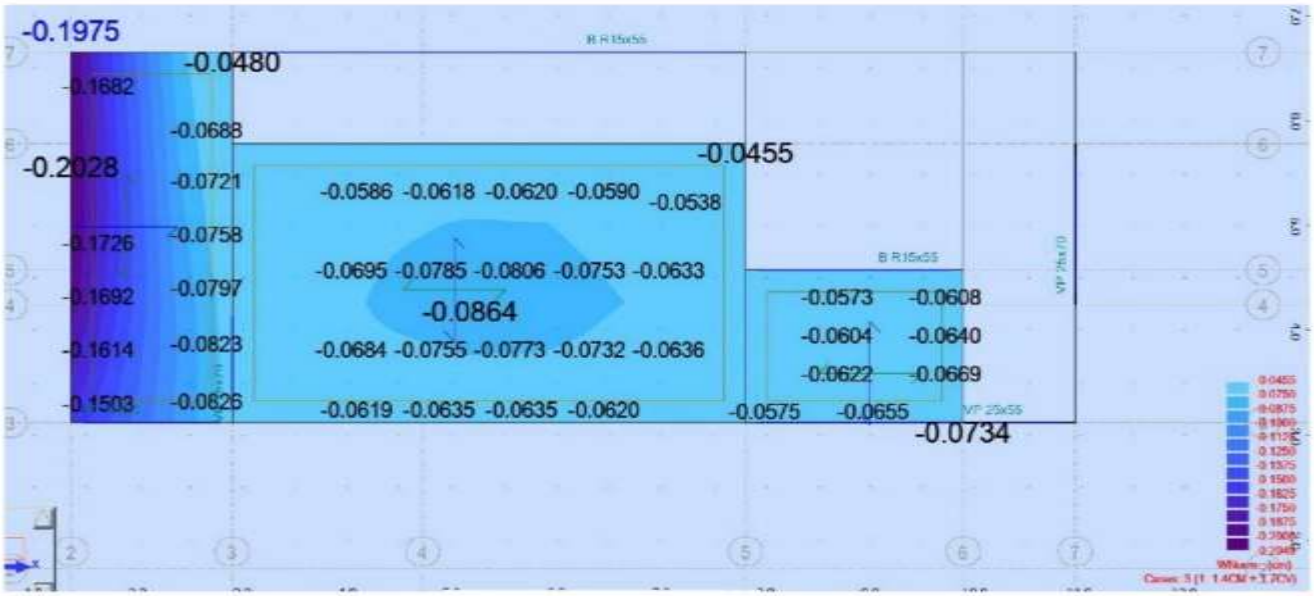
$\rho_{Neg_X} = 0.0030$ $As_{Neg_X} = 5.2708\ cm^2$ $As_{Neg_X_Final} = 17.92\ cm^2$

$\rho_{Pos_Y} = 0.0003$ $As_{Pos_Y} = 3.1500\ cm^2$ $As_{Pos_Y_Final} = 4.8195\ cm^2$

$\rho_{Neg_Y} = 0.0024$ $As_{Neg_Y} = 4.2198\ cm^2$ $As_{Neg_Y_Final} = 6.4563\ cm^2$

Verificación de Deflexión Máxima - E.060 - Artículo 9.6.2.6

$\Delta_{calculada} := 0.2028\ cm$

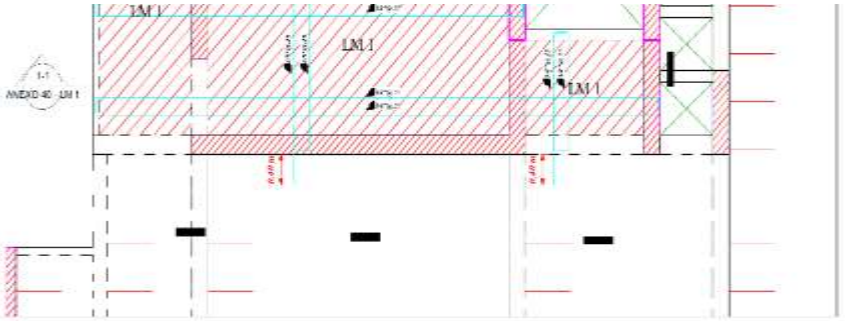


$\Delta_{Deflexión_Final} = 0.304\ cm$

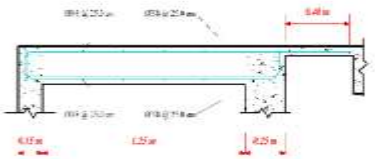
$\Delta_{max_permisible} = 0.708\ cm$

$Condición_{_De_Servicio} =$ "Cumple"

ANEXO 40: Detalle de refuerzos para Losas Macizas LM1 de CLE con 0.00% y 0.75% FA

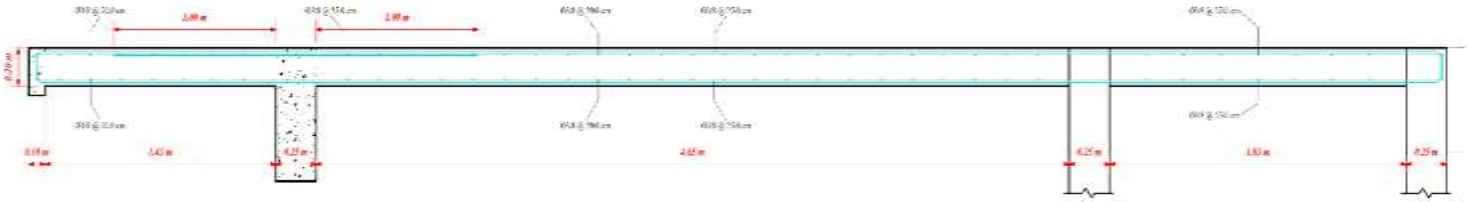


1 Techo Azotea = +24.30 (LM)
1 : 50

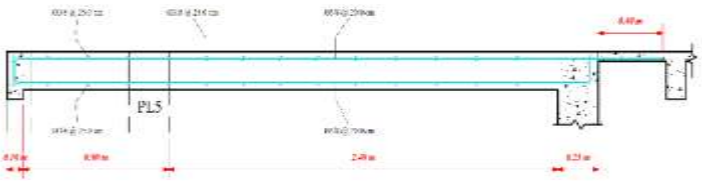


1-3 LM 1-3
1 : 20

1-4 LM 1-4
1 : 20



1-1 LM 1-1
1 : 20



1-2 LM 1-2
1 : 20

Diseño de concreto ligero estructural de 210 kg/cm con adición de fibra de acero y la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima.

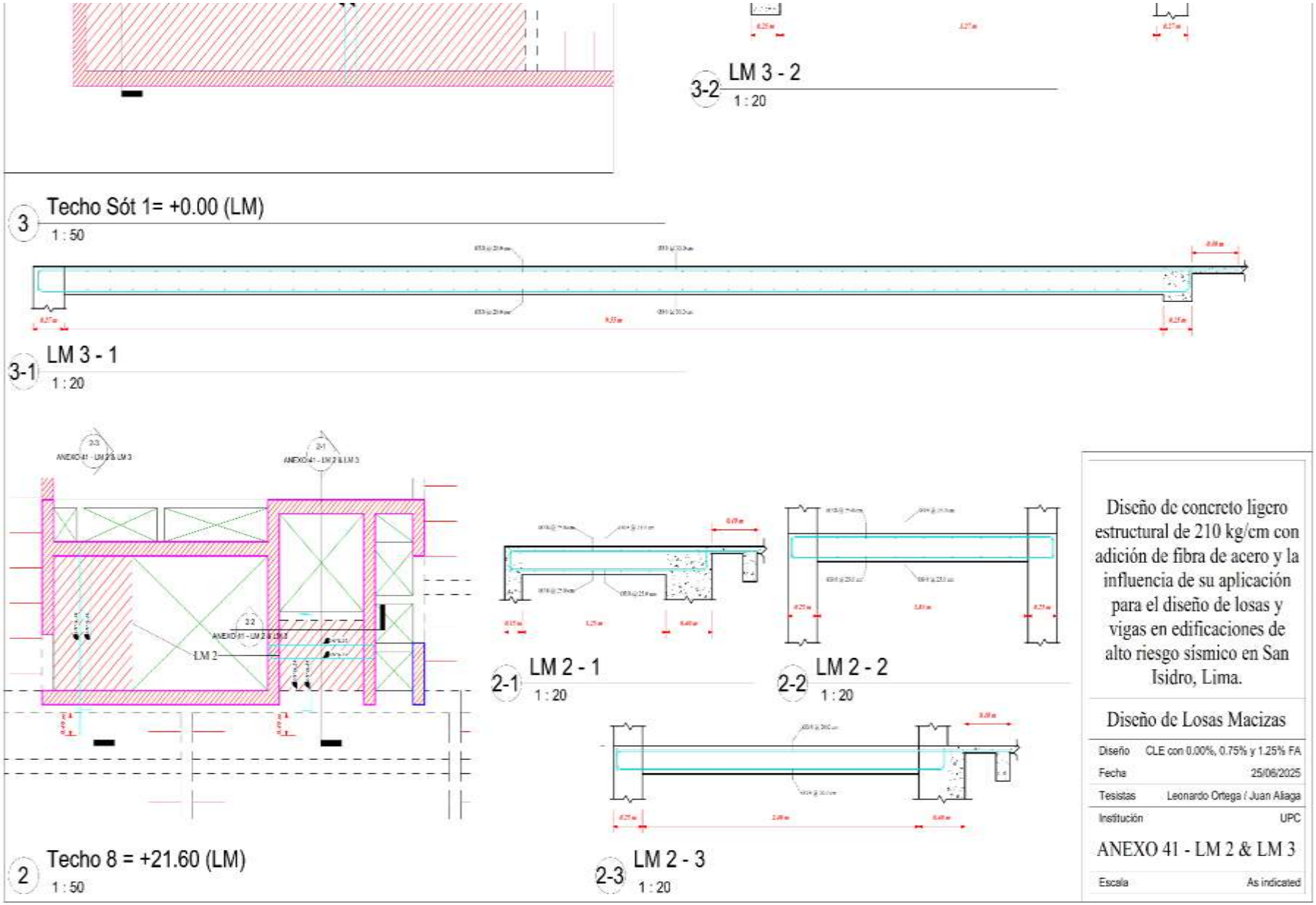
Diseño de Losas Macizas

Diseño	CLE con 0.00% y 0.75% FA
Fecha	25/06/2025
Tesistas	Leonardo Ortega / Juan Aliaga
Institución	UPC

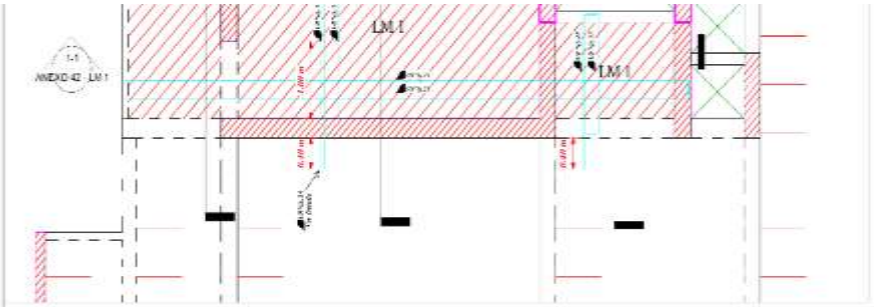
ANEXO 40 - LM 1

Escala: As indicated

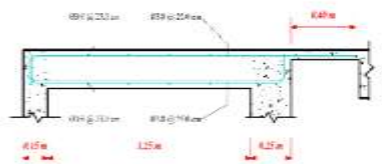
ANEXO 41: Detalle de refuerzos para Losas Macizas LM2 y LM3 de CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% FA



ANEXO 42: Detalle de refuerzos para Losas Macizas LM1 de CLE con 1.25% FA

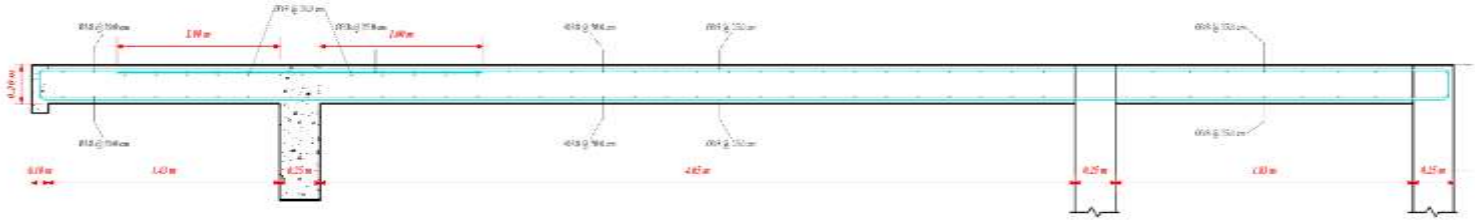


1 Techo Azotea = +24.30 (LM)
1 : 50

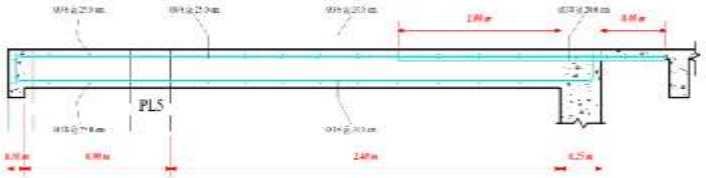


1-4 LM 1-4
1 : 20

1-3
1 : 20



1-1 LM 1-1
1 : 20



1-2 LM 1-2
1 : 20

Diseño de concreto ligero estructural de 210 kg/cm con adición de fibra de acero y la influencia de su aplicación para el diseño de losas y vigas en edificaciones de alto riesgo sísmico en San Isidro, Lima.

Diseño de Losas Macizas

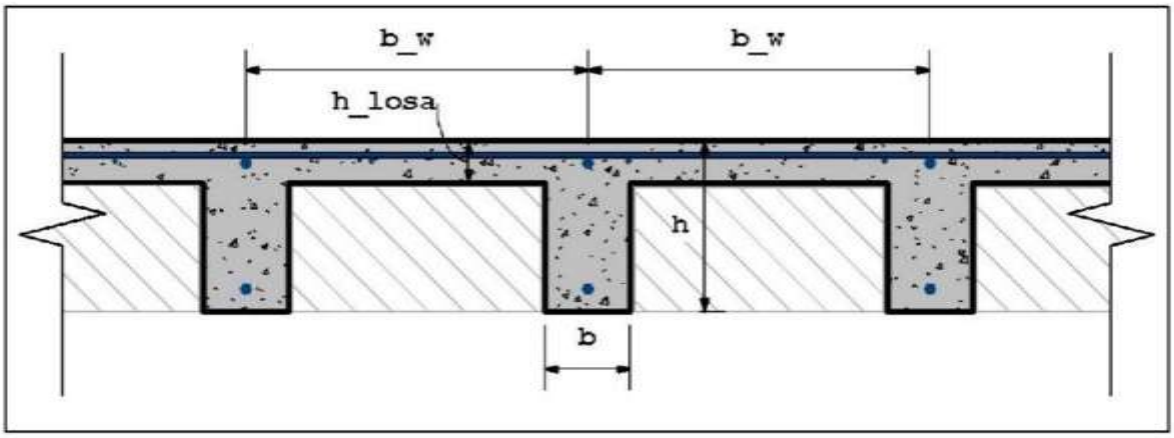
Diseño	CLE con 1.25% FA
Fecha	25/06/2025
Tesistas	Leonardo Ortega / Juan Aliaga
Institución	UPC

ANEXO 42 - LM 1

Escala	As indicated

ANEXO 43: Diseño de Losa Aligerada Según E.060 y ACI 318-19 – LA1 - Original

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_s := 62.25\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 12\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 20\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 18\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 1.00$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 217370.6512 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 2.40\ \frac{tonnef}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	1.44	230	100
2	1.54	230	100
3	4.90	230	100
4	3.15	230	100
5	5.88	230	100

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

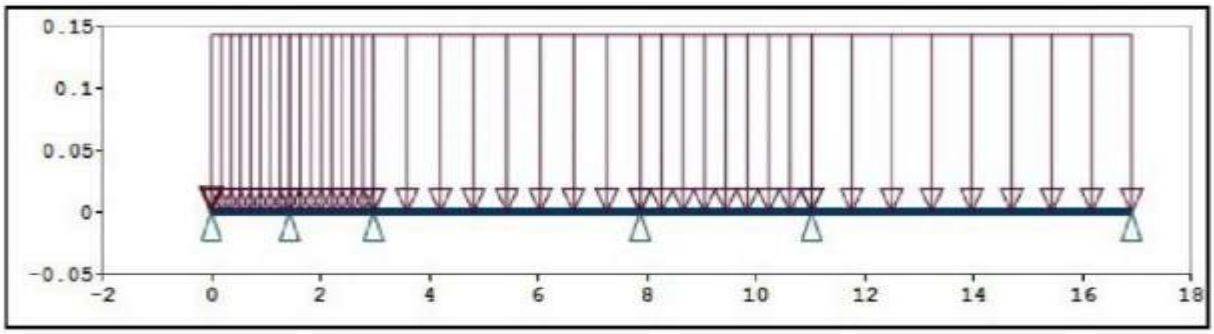


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

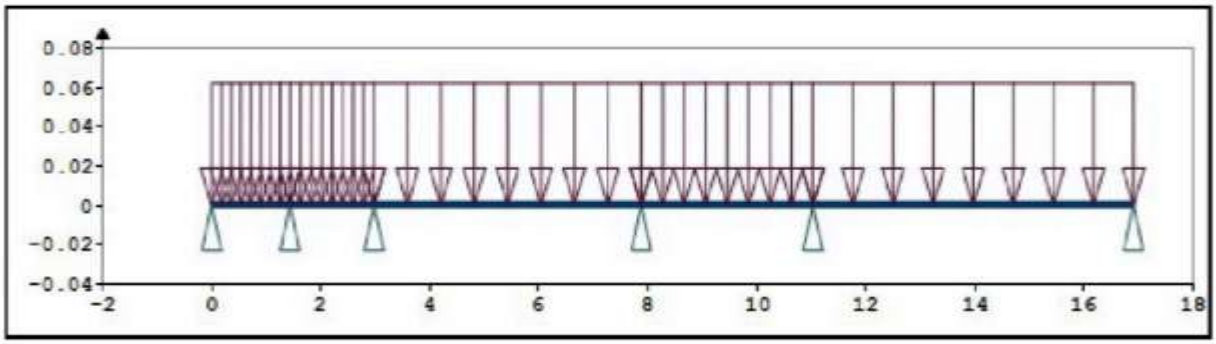


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.75$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 1.42\ tonnef$$

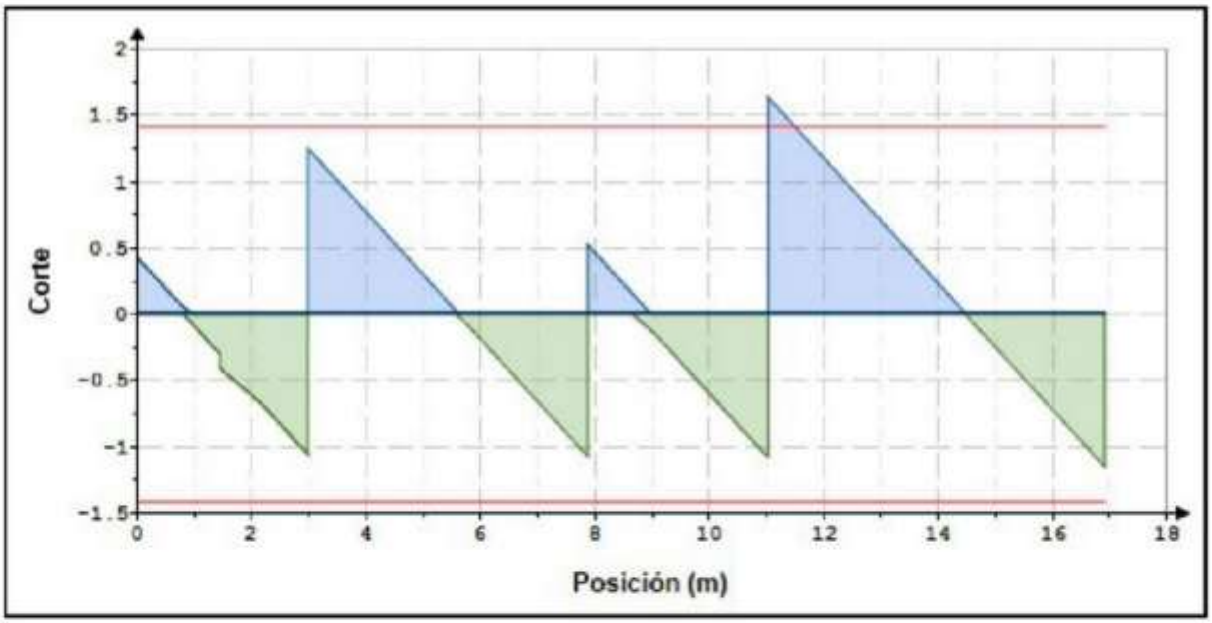


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

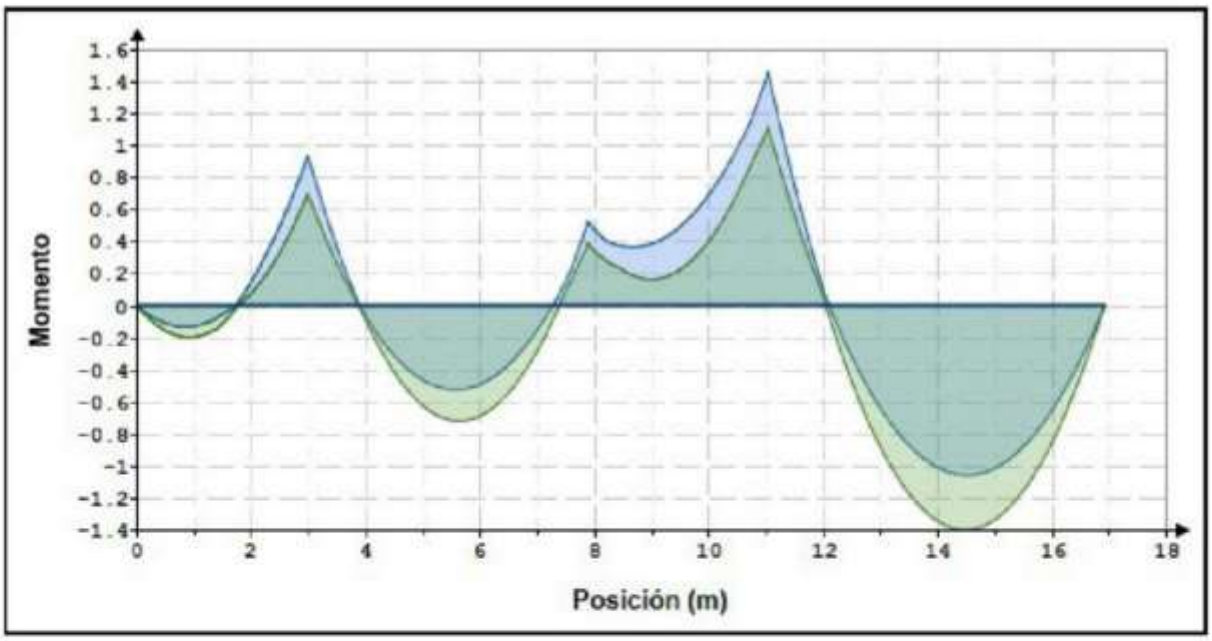


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Áreas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

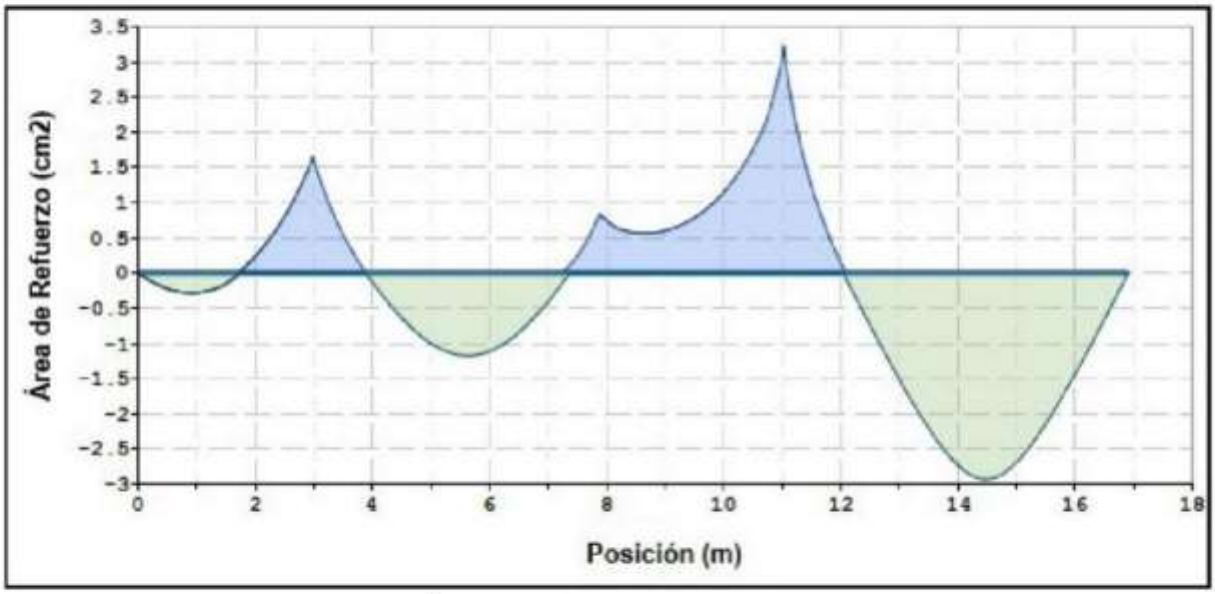


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 0.72\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 2.93\ cm^2$

$\max(A_{s1}) = 3.21\ cm^2$

$min(A_{s2}) = -2.93\ cm^2$

2. ESTADO LIMITE DE SERVICIO

2.1 REFUERZO POR TEMPERATURA

Espaciamiento del refuerzo $s := 25\ cm$

Espaciamiento mínimo 24.4.3.3 $s_{min} := min(5 \cdot h_{losa}, 45\ cm) = 0.25\ m$

Diamero varilla de refuerzo por temperatura $d_{bt} := 6\ mm$

$A(d_{bt}) = 0.28\ cm^2$

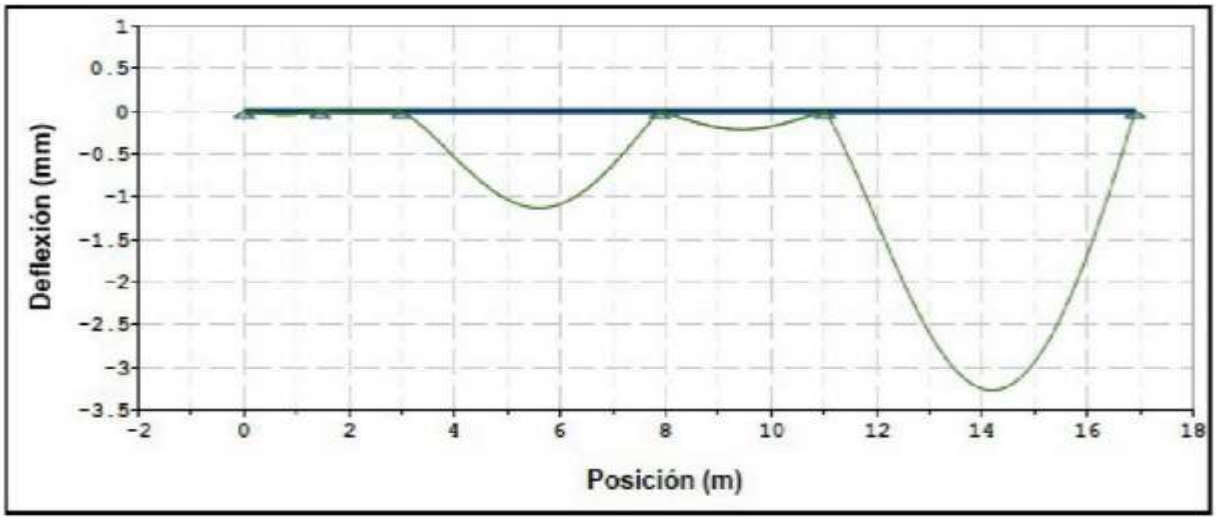
Área de acero por temperatura mínima 24.4.3.2 $A_{smin} := 0.0018 \cdot s \cdot h_{losa} = 0.23\ cm^2$

2.2 CONTROL DE DEFLEXIONES

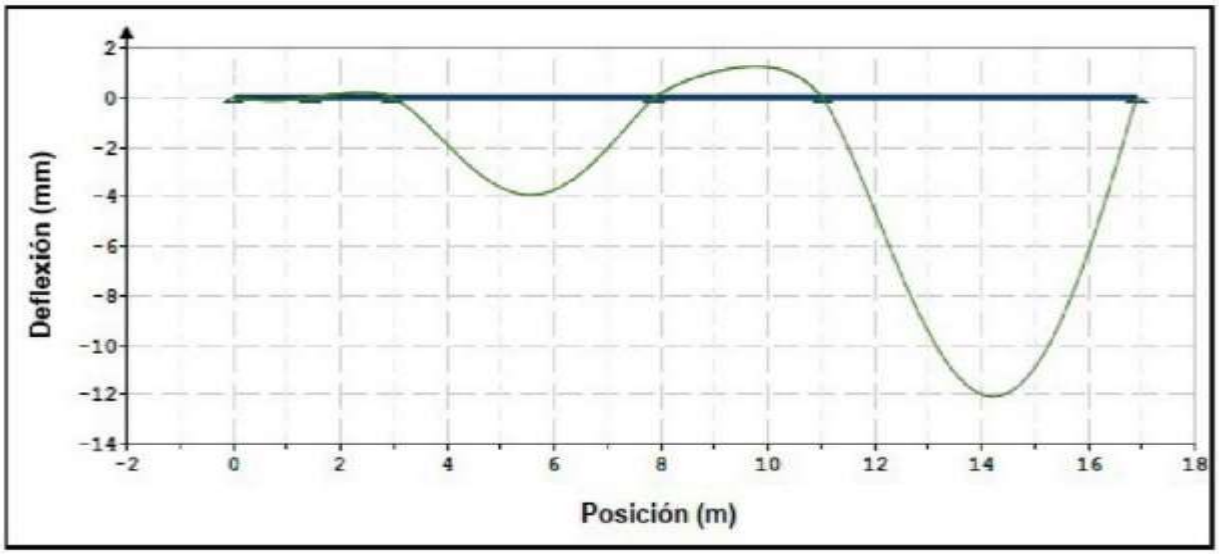
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 4.12\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

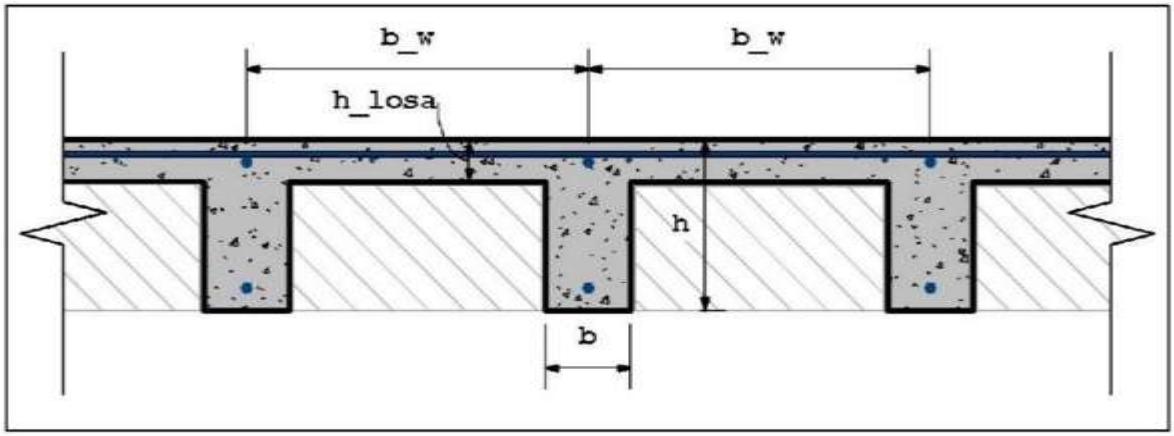


$\delta_{max_permisible_1} = 1.02$ **cm** $\delta_{max_permisible_2} = 1.23$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = 1.21$ **cm**

ANEXO 44: Diseño de Losa Aligerada Según E.060 y ACI 318-19 – LA1 – 0.00%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_s := 62.25\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 12\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 20\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 18\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 21\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 99505.28195 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5723\ \frac{tonnef}{m^3}$
Límite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	1.44	230	100
2	1.54	230	100
3	4.90	230	100
4	3.15	230	100
5	5.88	230	100

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

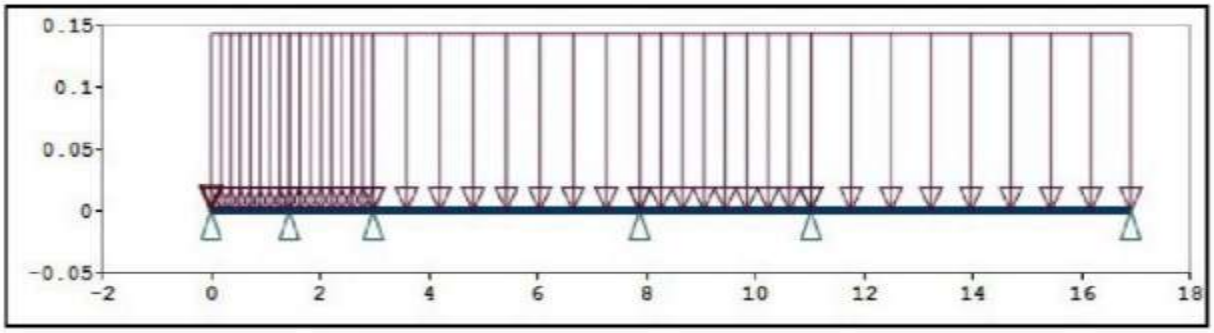


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

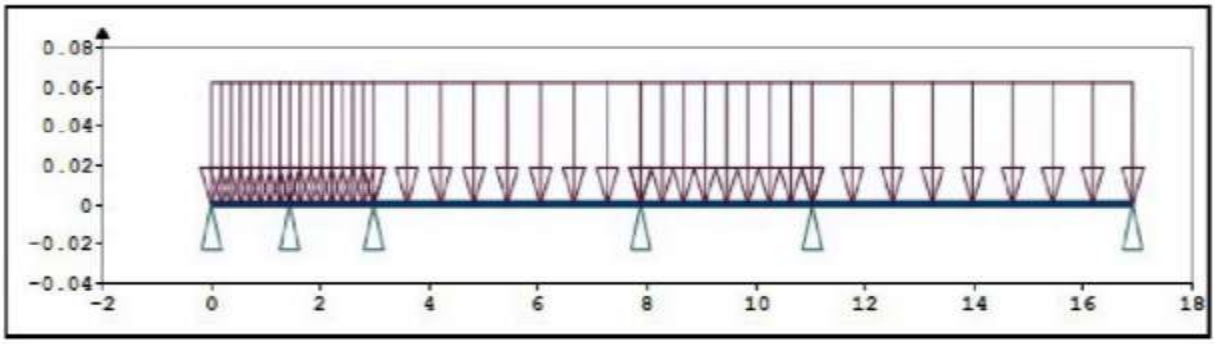


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.75$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot \mathbf{MPa}} \cdot b \cdot d$ $V_c = 1.2\ \mathbf{tonnef}$

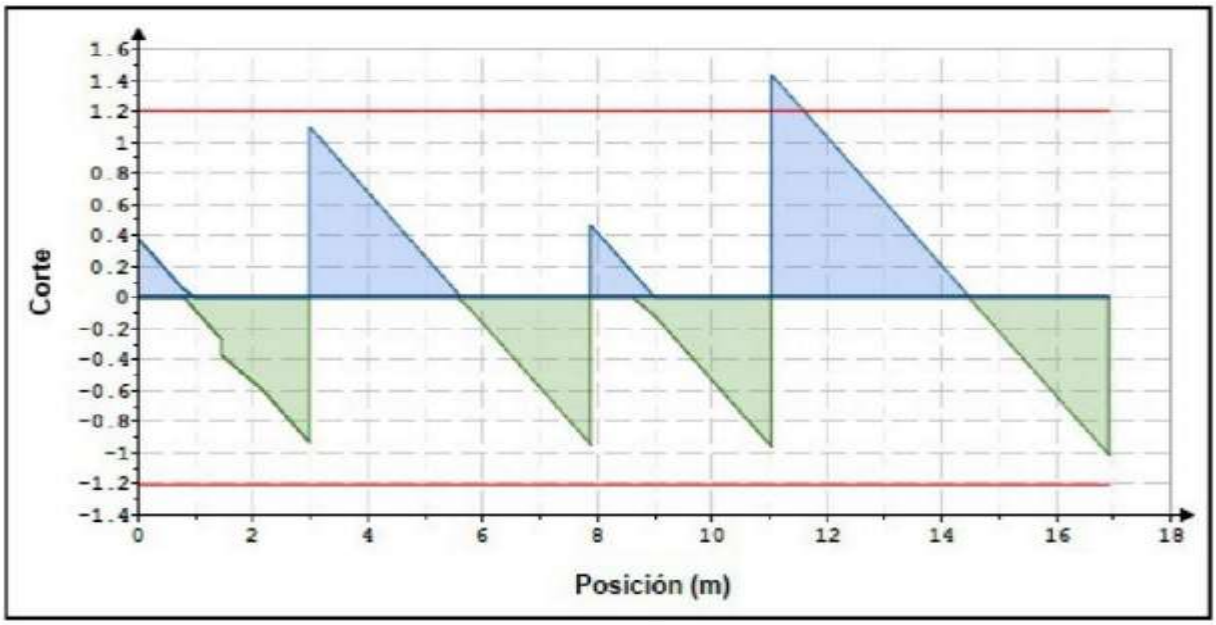


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

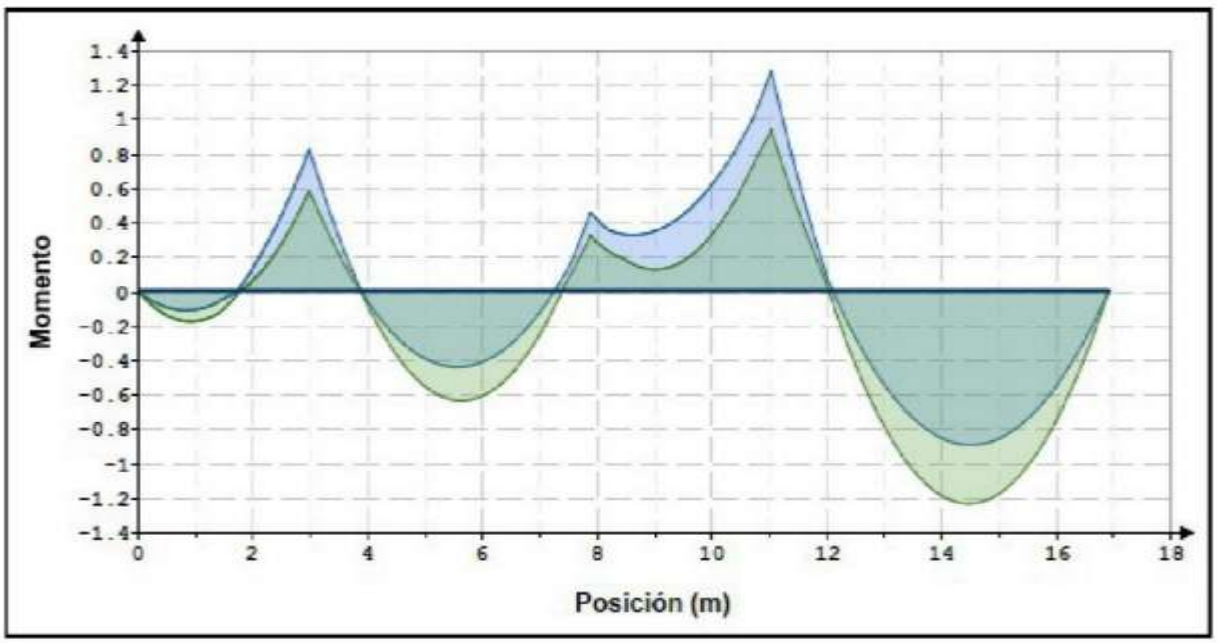


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Áreas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

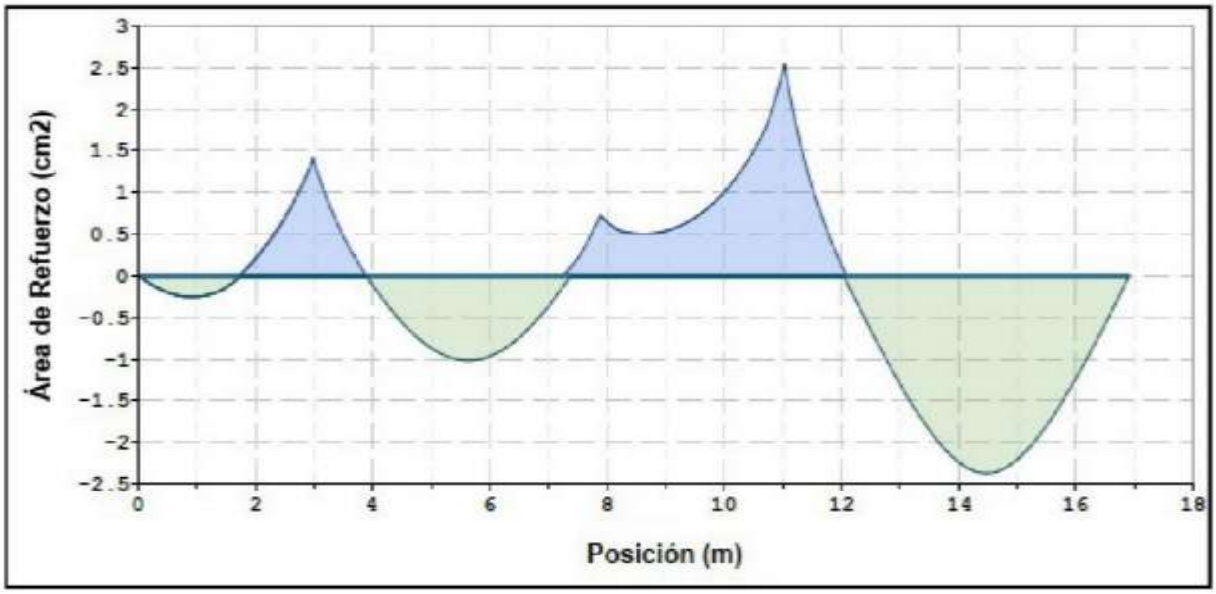


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 0.72\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 2.93\ cm^2$

$\max(A_{si}) = 2.55\ cm^2$

$min(A_{s2}) = -2.37\ cm^2$

2. ESTADO LIMITE DE SERVICIO

2.1 REFUERZO POR TEMPERATURA

Espaciamiento del refuerzo $s := 25\ cm$

Espaciamiento mínimo 24.4.3.3 $s_{min} := min(5 \cdot h_{losa}, 45\ cm) = 0.25\ m$

Diamero varilla de refuerzo por temperatura $d_{bt} := 6\ mm$

$A(d_{bt}) = 0.28\ cm^2$

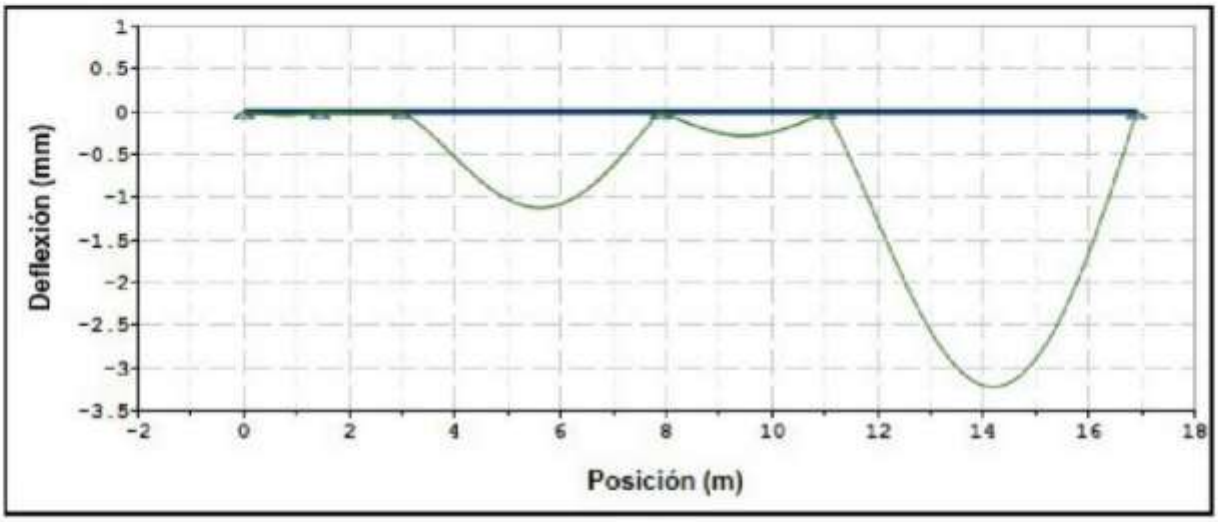
Área de acero por temperatura mínima 24.4.3.2 $A_{smin} := 0.0018 \cdot s \cdot h_{losa} = 0.23\ cm^2$

2.2 CONTROL DE DEFLEXIONES

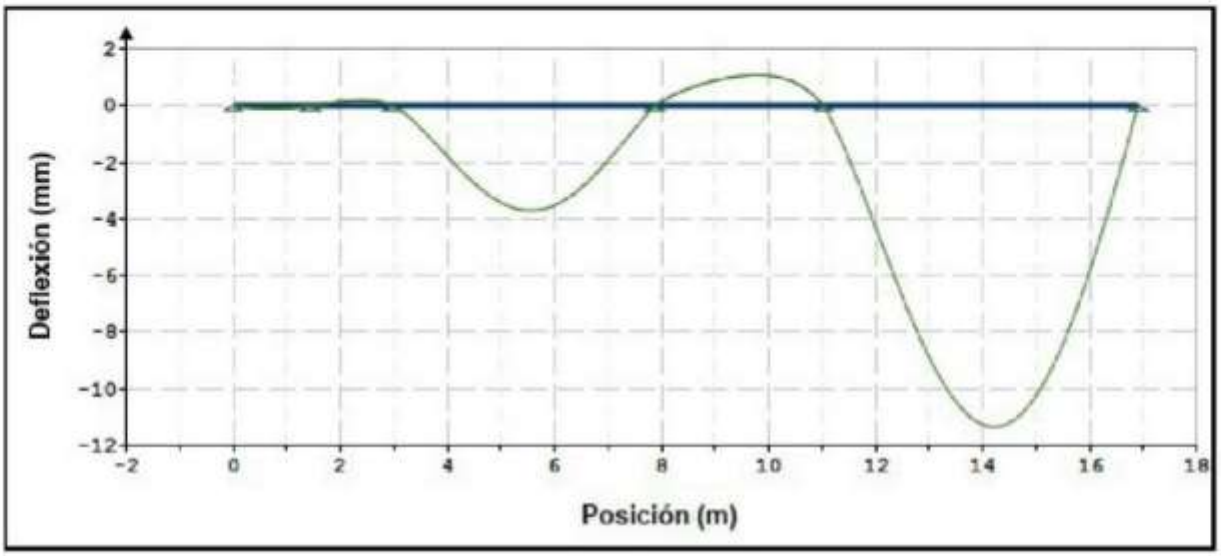
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 4.83\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

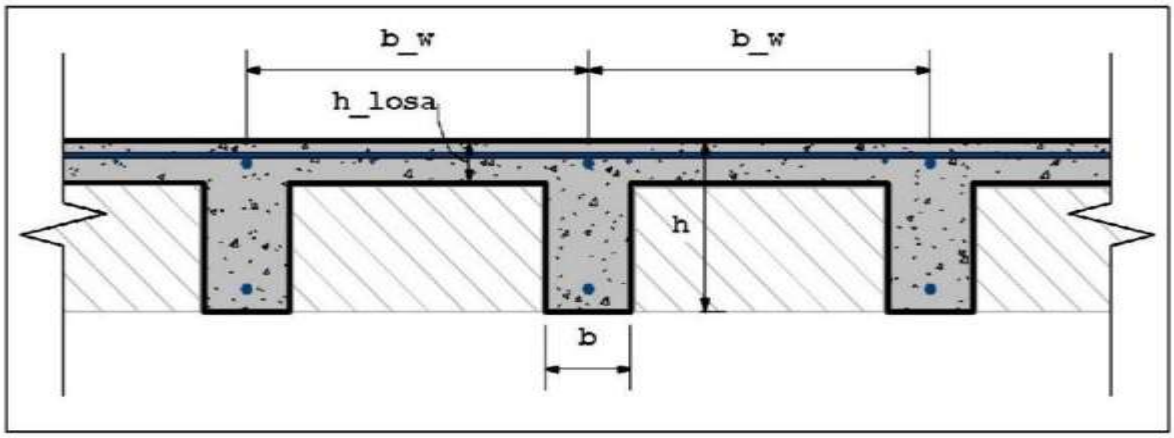


$\delta_{max_permisible_1} = 1.02$ **cm** $\delta_{max_permisible_2} = 1.23$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = 1.14$ **cm**

ANEXO 45: Diseño de Losa Aligerada Según E.060 y ACI 318-19 – LA1 – 0.75%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_w := 62.25\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 12\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 20\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 18\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 174773.1087 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.5957\ \frac{tonnef}{m^3}$
Limite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	1.44	230	100
2	1.54	230	100
3	4.90	230	100
4	3.15	230	100
5	5.88	230	100

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{fpm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{fpm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

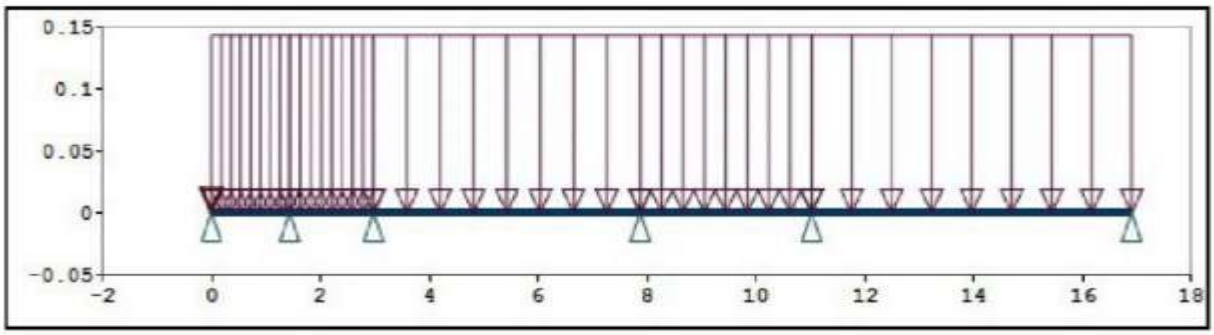


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

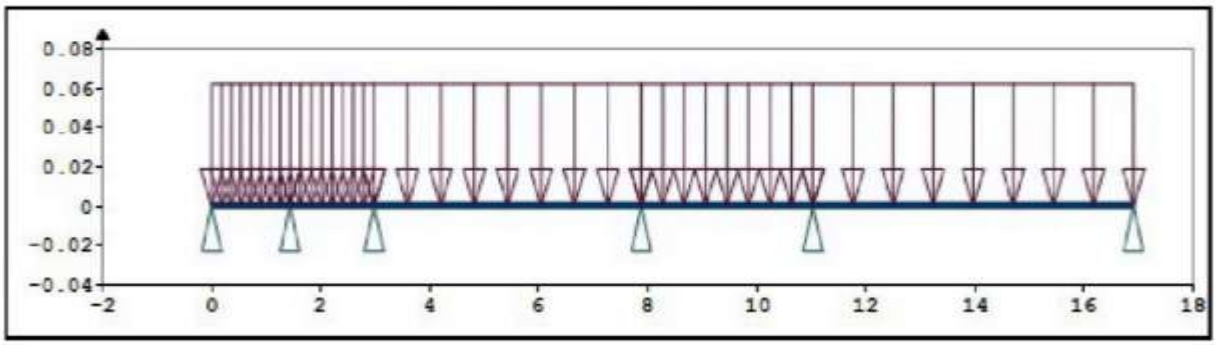


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.75$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d \qquad V_c = 1.39\ tonnef$$

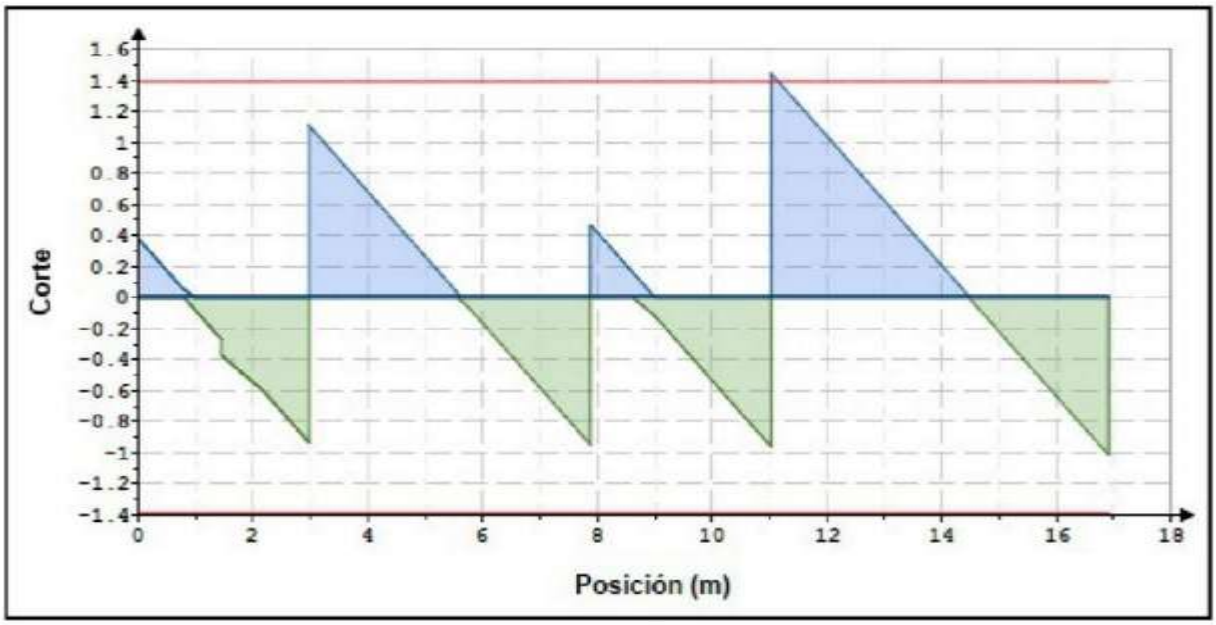


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

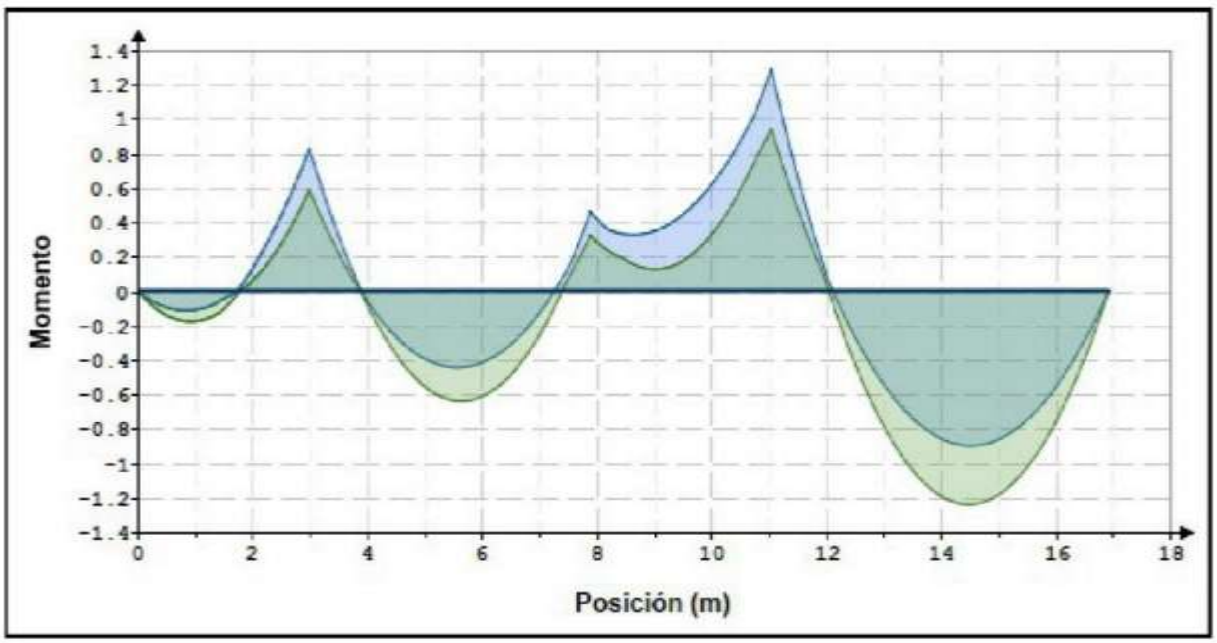


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Áreas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

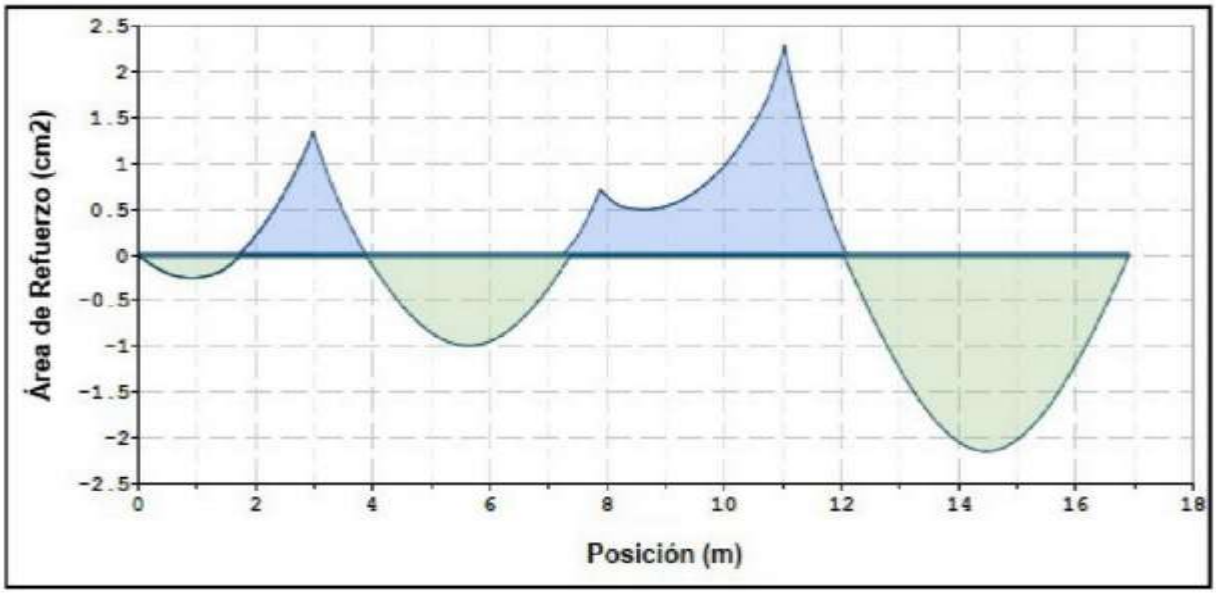


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 0.72\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 3.9\ cm^2$

$\max(A_{si}) = 2.27\ cm^2$

$min(A_{s2}) = -2.14\ cm^2$

2. ESTADO LIMITE DE SERVICIO

2.1 REFUERZO POR TEMPERATURA

Espaciamiento del refuerzo $s := 25\ cm$

Espaciamiento mínimo 24.4.3.3 $s_{min} := min(5 \cdot h_{losa}, 45\ cm) = 0.25\ m$

Diamero varilla de refuerzo por temperatura $d_{bt} := 6\ mm$

$A(d_{bt}) = 0.28\ cm^2$

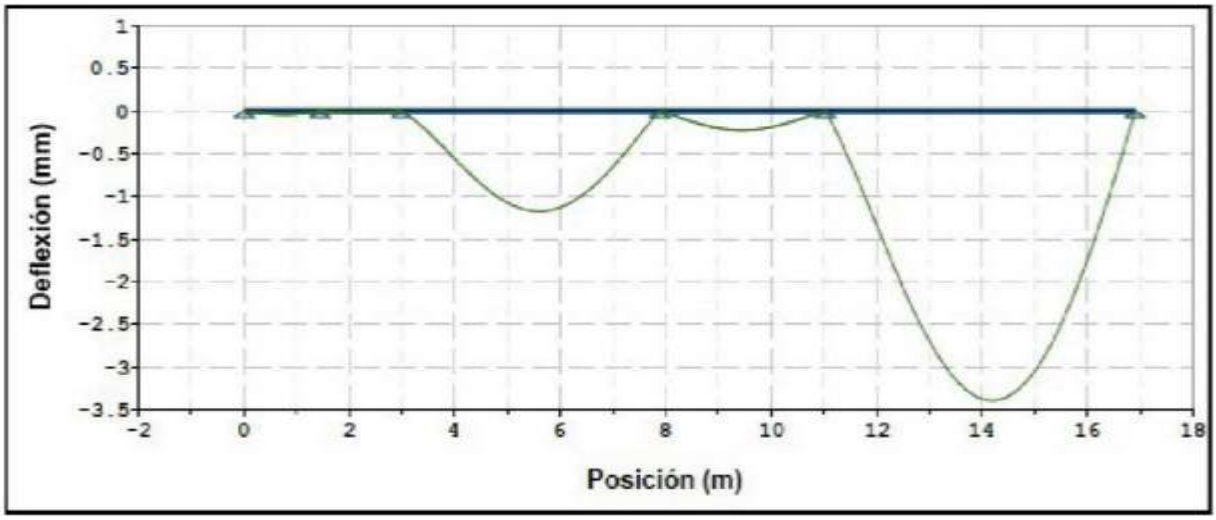
Área de acero por temperatura mínima 24.4.3.2 $A_{smin} := 0.0018 \cdot s \cdot h_{losa} = 0.23\ cm^2$

2.2 CONTROL DE DEFLEXIONES

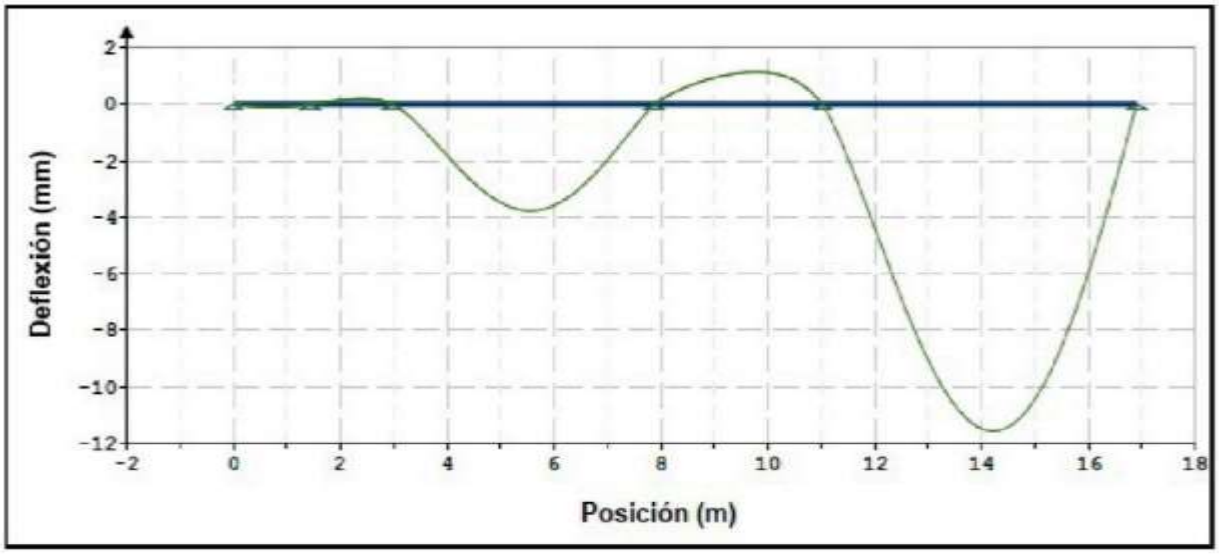
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 4.12\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)

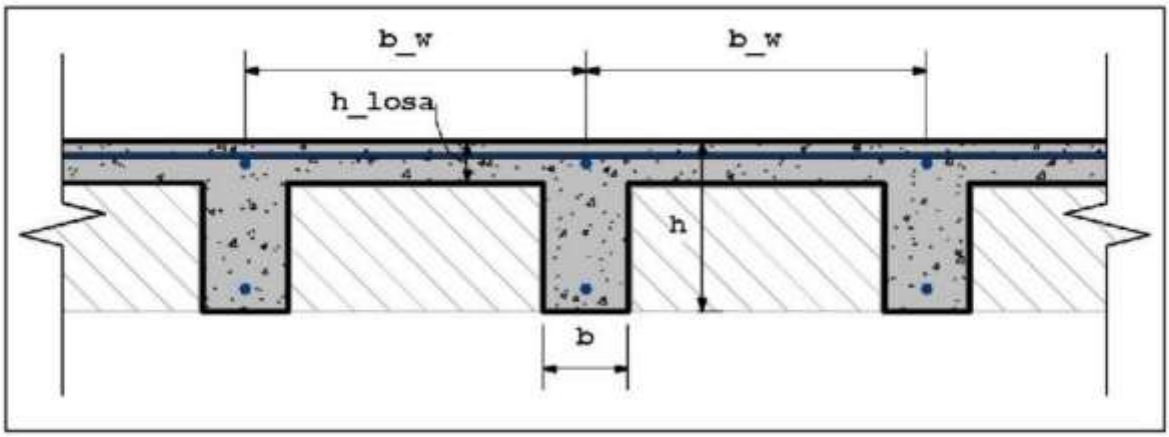


$\delta_{max_permisible_1} = 1.02$ **cm** $\delta_{max_permisible_2} = 1.23$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = 1.16$ **cm**

ANEXO 46: Diseño de Losa Aligerada Según E.060 y ACI 318-19 – LA1 – 1.25%

Dimensiones



Espaciamiento de viguetas	$b_s := 62.25\ cm$
Ancho de las viguetas	$b := 12\ cm$
Altura de la losa superior	$h_{losa} := 5\ cm$
Altura total	$h := 20\ cm$
Recubrimiento	$r := 2\ cm$
Peralte efectivo	$d := h - r = 18\ cm$

Materiales

Resistencia a compresión del concreto	$f'_c := 28\ MPa$
Factor de modificación por concreto liviano	$\lambda := 0.85$
Modulo de elasticidad del concreto	$E_c := 211777.3696 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$
Peso especifico del concreto reforzado	$\gamma_c := 1.6640\ \frac{tonnef}{m^3}$
Limite de fluencia del acero	$f_y := 420\ MPa$
Modulo de elasticidad del acero	$E_s := 200\ GPa$

Número de tramos y Cargas actuantes

Cargas Distribuidas

tramo	longitud (m)	C.Muerta $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$	C.Viva $\left(\frac{kgf}{m^2}\right)$
1	1.44	230	100
2	1.54	230	100
3	4.90	230	100
4	3.15	230	100
5	5.88	230	100

Cargas Puntuales

tramop	distancia (m)	carga.p (kN)
1	0	0

Factores de mayoración de carga

Para la carga muerta $CM_{Apm} := 1.40$

Para la carga viva $CV_{Apm} := 1.70$

Apoyos Extremos

Apoyo extremo izquierdo $ext.izq := 2$

Apoyo extremo derecho $ext.der := 2$

Unidades de los gráficos $u := tonnef$

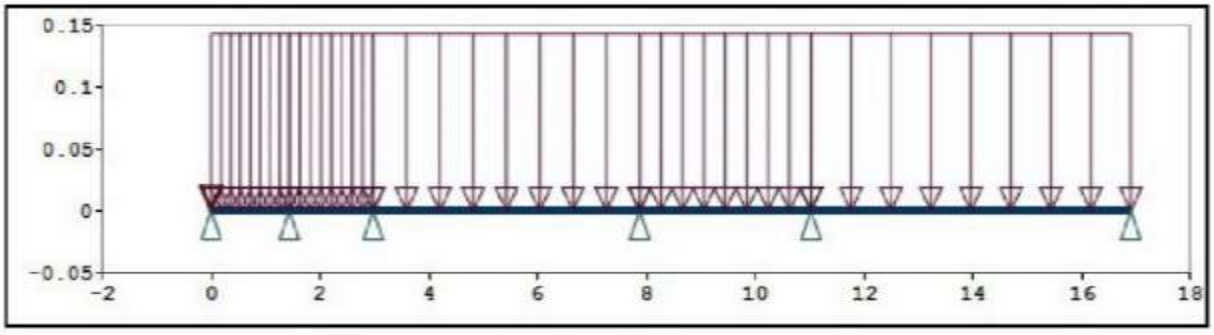


Fig 1. Disposición de la carga muerta.

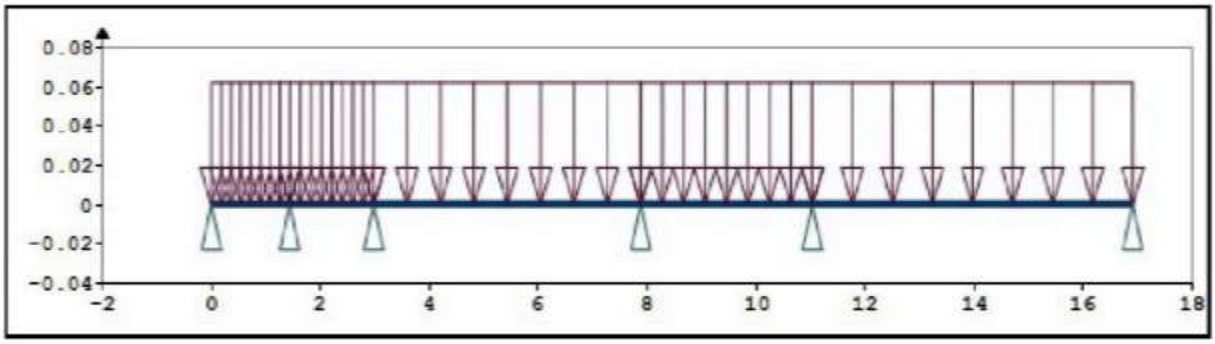


Fig 2. Disposición de la carga viva.

1. ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA ULTIMA

1.1 DISEÑO POR CORTE

Factor de reducción de resistencia al corte $\phi_c := 0.75$

Resistencia al corte de la sección (22.5.5)

$V_c := 1.1 \cdot \phi_c \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot MPa} \cdot b \cdot d$ $V_c = 1.39\ tonnef$

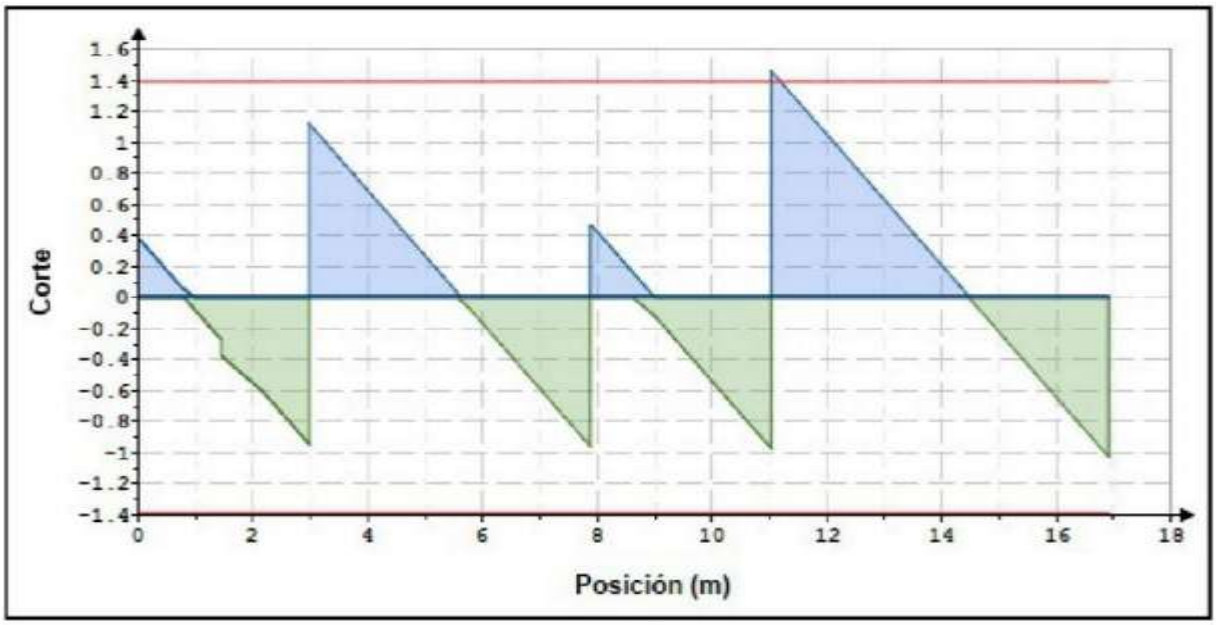


Fig 3. Envolvente de Fuerzas de Corte de Diseño

1.2 DISEÑO POR FLEXION

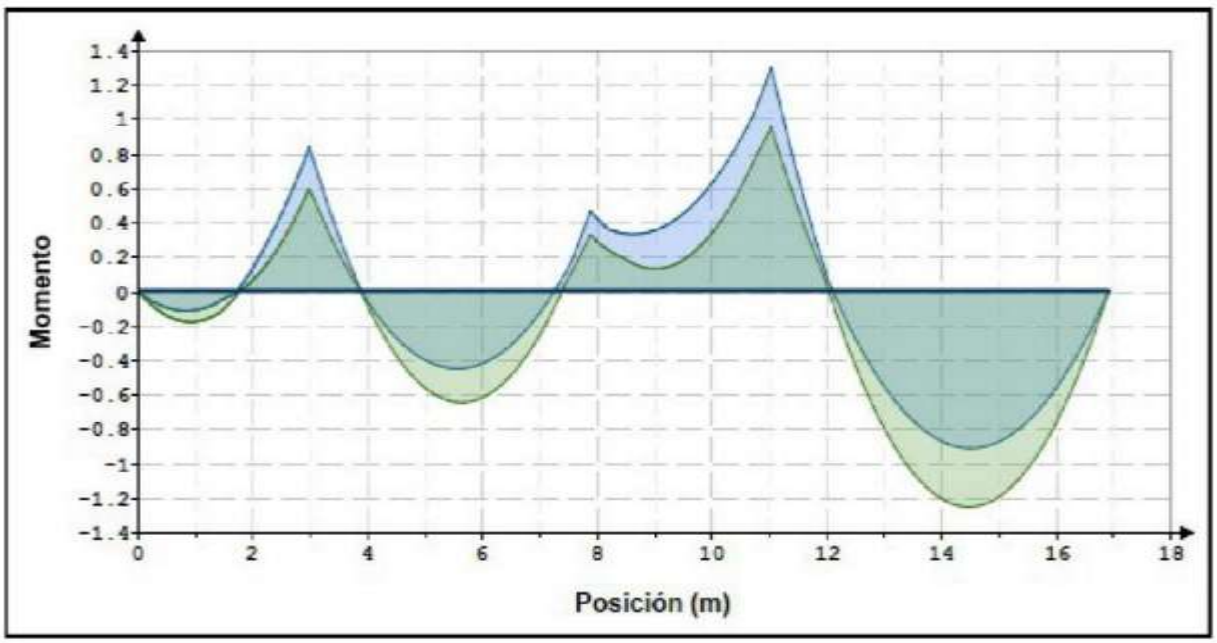


Fig 4. Envolvente de Momentos de Diseño

Áreas de acero de refuerzo requeridas por flexión (22.3)

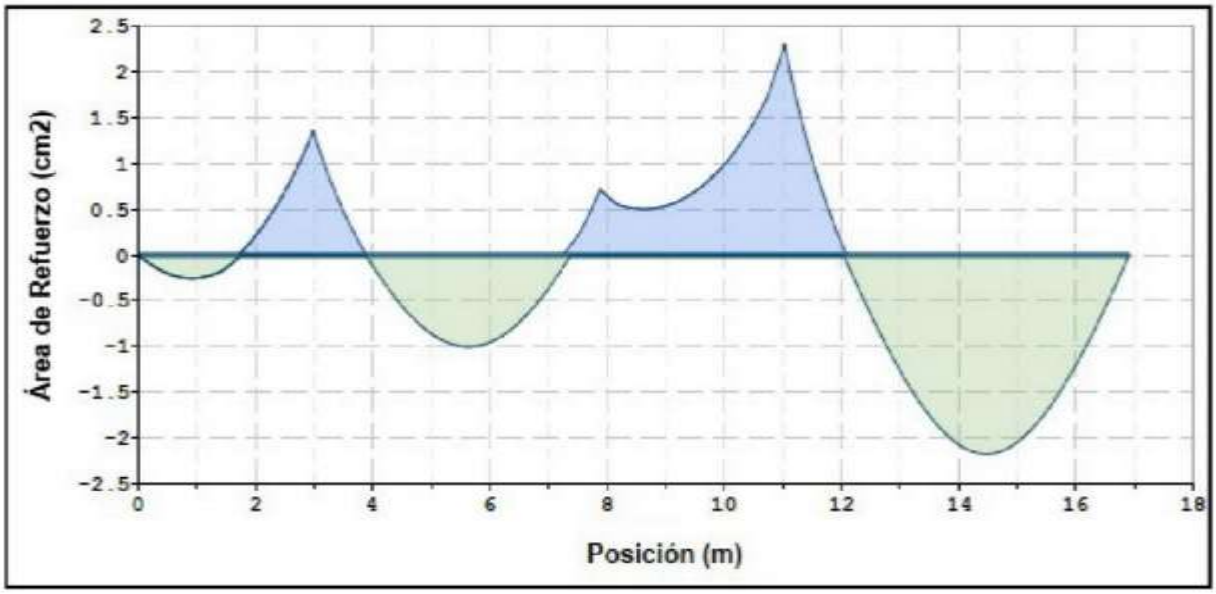


Fig 5. Áreas de refuerzo requeridas por flexión.

Área de refuerzo a flexión mínima (9.6.1.2) $A_{smin} = 0.72\ cm^2$

Área de refuerzo a flexión máxima $A_{smax} = 3.9\ cm^2$

$\max(A_{si}) = 2.31\ cm^2$

$min(A_{s2}) = -2.17\ cm^2$

2. ESTADO LIMITE DE SERVICIO

2.1 REFUERZO POR TEMPERATURA

Espaciamiento del refuerzo $s := 25\ cm$

Espaciamiento mínimo 24.4.3.3 $s_{min} := min(5 \cdot h_{losa}, 45\ cm) = 0.25\ m$

Diamero varilla de refuerzo por temperatura $d_{bt} := 6\ mm$

$A(d_{bt}) = 0.28\ cm^2$

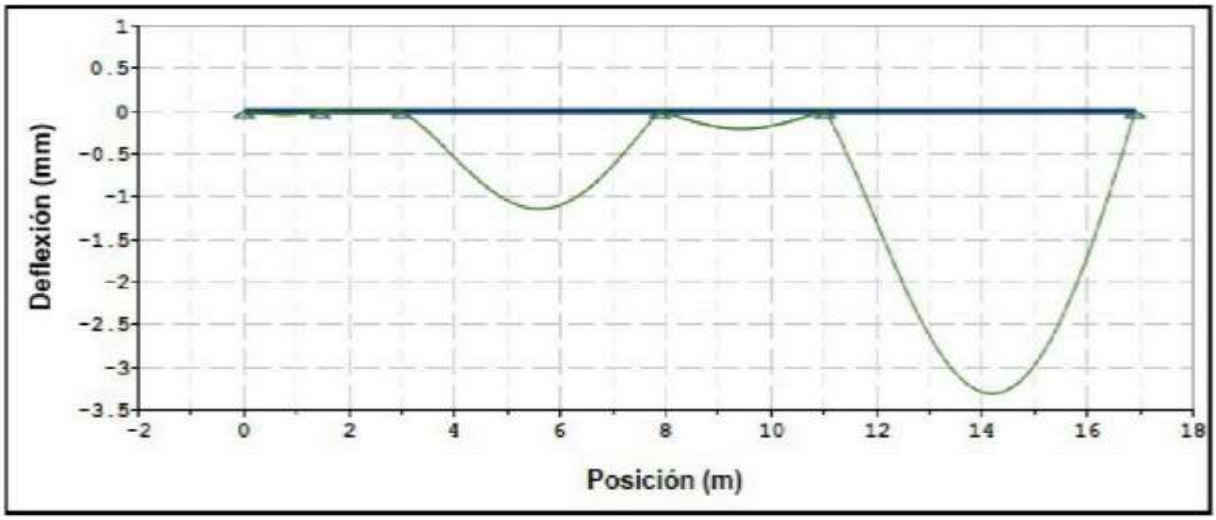
Área de acero por temperatura mínima 24.4.3.2 $A_{smin} := 0.0018 \cdot s \cdot h_{losa} = 0.23\ cm^2$

2.2 CONTROL DE DEFLEXIONES

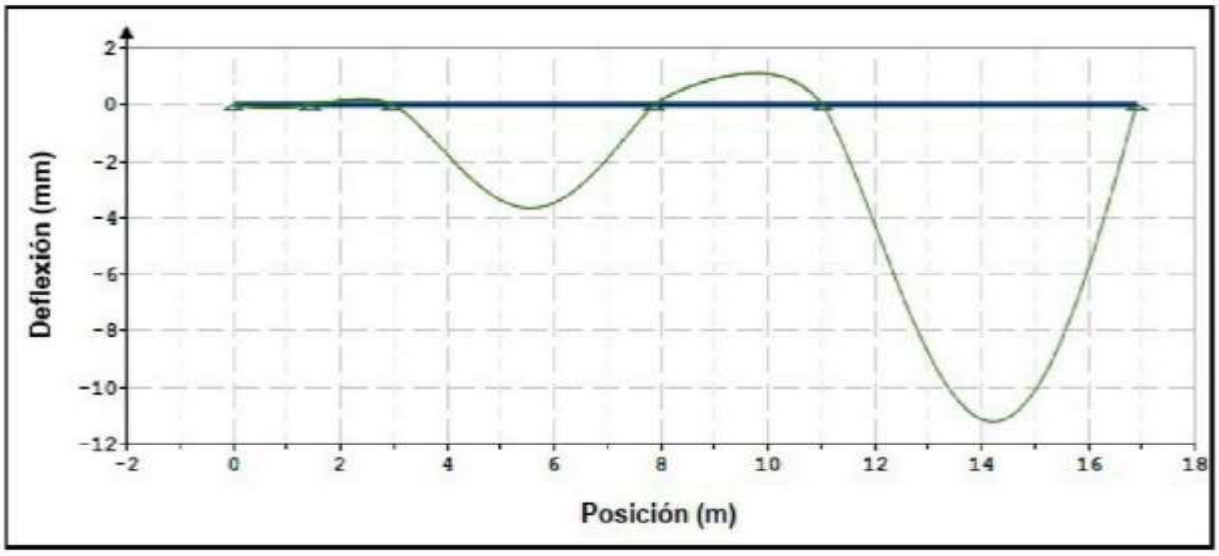
Área de refuerzo por momento positivo $A_s := 4.12\ cm^2$

Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (24.2.4.1.3) $\xi := 2$

Deflexión Inmediata debido a la carga viva (24.2.3)



Deflexión dependiente del tiempo (24.2.4)



$\delta_{max_permisible_1} = 1.02$ **cm** $\delta_{max_permisible_2} = 1.23$ **cm**

$\delta_{max_calculado} = 1.12$ **cm**

ANEXO 47: Fuerzas de flexocompresión para diseño de placas en estructuras con losas y vigas de CLE de 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL2																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Sot 3	Comb. 1	214.87	-0.07	3.75	214.87	39.62	54.80	214.55	-0.14	3.58	214.55	36.41	52.62	215.09	-0.13	3.13	215.09	36.08	52.93
	Comb. 2	38.14	1.03	12.04	58.20	165.05	206.25	28.82	0.96	11.93	51.06	162.79	207.47	25.16	0.93	11.54	47.41	163.64	209.96
	Comb. 3	336.81	-1.14	-5.58	316.76	-97.42	-111.76	345.67	-1.19	-5.76	323.44	-100.59	-116.66	350.27	-1.14	-6.11	328.01	-101.99	-118.62
	Comb. 4	-29.03	1.07	10.74	-8.98	150.36	187.36	-38.11	1.02	10.71	-15.88	149.35	189.45	-41.94	0.99	10.51	-19.69	150.35	191.82
	Comb. 5	269.64	-1.11	-6.87	249.59	-112.12	-130.64	278.73	-1.12	-6.99	256.50	-114.03	-134.68	283.16	-1.09	-7.14	260.91	-115.28	-136.76
Sot 2	Comb. 1	199.07	-0.14	0.42	199.07	22.21	27.73	199.54	-0.13	0.33	199.54	18.83	25.63	200.15	0.10	0.34	200.15	17.89	25.45
	Comb. 2	64.56	4.43	1.86	79.19	262.39	196.89	54.50	4.44	1.79	71.27	249.66	191.91	50.58	4.63	1.78	67.55	247.34	192.10
	Comb. 3	282.53	-4.66	-1.16	267.89	-224.67	-149.42	293.45	-4.67	-1.24	276.69	-217.66	-147.98	298.43	-4.46	-1.21	281.47	-216.93	-148.47
	Comb. 4	1.85	4.48	1.69	16.49	253.84	186.83	-8.28	4.49	1.65	8.49	242.45	182.67	-12.37	4.58	1.64	4.59	240.52	182.94
	Comb. 5	219.82	-4.60	-1.33	205.19	-233.22	-159.48	230.67	-4.62	-1.38	213.90	-224.87	-157.22	235.47	-4.51	-1.35	218.51	-223.76	-157.64
Sot 1	Comb. 1	189.07	0.06	0.21	189.07	-44.94	-10.42	191.10	0.11	0.17	191.10	-50.09	-12.24	191.94	0.16	0.30	191.94	-51.84	-13.08
	Comb. 2	91.19	5.52	5.37	101.07	528.88	306.21	81.10	5.59	5.32	93.09	491.02	291.17	76.70	5.57	5.40	89.11	483.14	289.07
	Comb. 3	238.42	-5.42	-5.02	228.53	-606.85	-324.30	252.02	-5.41	-5.03	240.03	-577.70	-312.34	257.88	-5.30	-4.90	245.48	-572.81	-311.66
	Comb. 4	31.56	5.50	5.27	41.44	543.61	309.62	20.79	5.55	5.24	32.78	507.81	295.31	16.14	5.51	5.26	28.54	500.57	293.52
	Comb. 5	178.79	-5.45	-5.11	168.90	-592.13	-320.89	191.71	-5.45	-5.11	179.72	-560.91	-308.20	197.32	-5.36	-5.03	184.92	-555.38	-307.22
Piso 1	Comb. 1	218.39	-2.27	-0.08	218.39	-8.59	-76.45	222.76	-2.01	-0.07	222.76	-18.14	-83.45	224.20	-2.00	-0.03	224.20	-20.55	-85.97
	Comb. 2	126.94	5.04	8.22	135.43	662.90	824.46	112.98	5.53	8.24	124.34	607.23	769.31	107.76	5.55	8.18	119.73	593.88	758.75
	Comb. 3	253.45	-8.90	-8.38	244.96	-678.57	-956.99	274.91	-8.95	-8.38	263.55	-639.02	-913.65	282.65	-8.96	-8.26	270.68	-629.76	-907.40
	Comb. 4	57.58	5.90	8.22	66.07	664.53	849.73	42.05	6.29	8.24	53.42	612.70	797.38	36.38	6.32	8.16	48.36	600.28	787.72
	Comb. 5	184.09	-8.04	-8.38	175.59	-676.94	-931.72	203.99	-8.19	-8.38	192.62	-633.55	-885.58	211.27	-8.20	-8.27	199.30	-623.36	-878.42
Piso 2	Comb. 1	194.64	-7.02	8.38	194.64	-2.65	2.88	198.82	-5.40	6.23	198.82	-10.77	-7.67	200.19	-4.98	5.63	200.19	-13.16	-10.40
	Comb. 2	111.06	-2.70	14.76	118.91	489.18	682.08	98.65	-0.33	13.56	109.10	437.41	628.47	94.05	0.34	13.22	105.03	424.18	616.07
	Comb. 3	227.98	-9.27	-0.46	220.13	-494.62	-678.11	247.55	-8.88	-2.94	237.10	-456.53	-642.31	254.56	-8.83	-3.62	243.57	-447.35	-634.53
	Comb. 4	49.25	-0.07	11.62	57.10	488.77	679.55	35.34	1.69	11.23	45.79	440.28	630.17	30.31	2.19	11.13	41.29	427.99	618.84
	Comb. 5	166.17	-6.65	-3.60	158.32	-495.04	-680.64	184.24	-6.86	-5.27	173.79	-453.66	-640.61	190.82	-6.97	-5.72	179.83	-443.54	-631.76
Piso 3	Comb. 1	170.48	-11.65	10.91	170.48	-7.13	8.55	174.35	-7.20	6.73	174.35	-12.87	-0.90	175.64	-6.46	6.04	175.64	-14.61	-3.75
	Comb. 2	96.02	-6.63	13.87	103.06	345.19	510.67	85.40	-1.76	11.19	94.72	302.78	461.33	81.51	-0.78	10.88	91.28	291.86	449.18
	Comb. 3	200.96	-13.23	4.72	193.91	-358.15	-496.93	218.21	-10.51	0.27	208.89	-325.40	-463.53	224.36	-10.22	-0.59	214.58	-317.42	-456.20
	Comb. 4	41.92	-2.26	9.76	48.97	346.62	506.18	29.91	0.95	8.65	39.23	306.56	460.64	25.61	1.63	8.60	35.38	296.33	449.62
	Comb. 5	146.86	-8.86	0.60	139.81	-356.72	-501.42	162.72	-7.80	-2.27	153.40	-321.62	-464.22	168.46	-7.80	-2.86	158.68	-312.95	-455.76
Piso 4	Comb. 1	146.06	-13.33	13.26	146.06	-9.74	3.19	149.53	-7.63	7.50	149.53	-13.63	-4.24	150.69	-6.75	6.61	150.69	-14.83	-6.58
	Comb. 2	81.80	-7.39	16.21	87.90	229.07	367.86	73.10	-1.40	12.34	81.11	196.91	327.67	69.94	-0.30	11.89	78.33	188.66	317.70
	Comb. 3	172.68	-15.32	6.37	166.58	-246.40	-363.14	187.31	-11.60	0.44	179.30	-220.76	-335.48	192.50	-11.20	-0.64	184.11	-214.53	-329.48
	Comb. 4	35.51	-2.39	11.23	41.61	231.62	365.54	25.56	1.47	9.52	33.58	201.08	328.34	22.03	2.23	9.41	30.42	193.31	319.32
	Comb. 5	126.39	-10.32	1.38	120.29	-243.85	-365.46	139.78	-8.73	-2.39	131.76	-216.59	-334.81	144.59	-8.67	-3.12	136.20	-209.88	-327.87
Piso 5	Comb. 1	121.42	-13.92	13.71	121.42	-12.82	-0.10	124.39	-7.94	7.77	124.39	-14.86	-5.98	125.40	-7.02	6.85	125.40	-15.48	-7.90
	Comb. 2	68.07	-7.56	16.62	73.13	135.02	251.47	61.30	-1.31	12.63	67.91	120.08	220.76	58.88	-0.17	12.18	65.77	116.55	213.14
	Comb. 3	143.53	-16.16	6.73	138.46	-157.53	-252.27	155.39	-12.22	0.61	148.79	-145.97	-231.48	159.56	-11.79	-0.50	152.67	-143.48	-227.11
	Comb. 4	29.67	-2.33	11.46	34.73	138.83	250.52	21.83	1.67	9.70	28.44	124.78	222.19	19.09	2.46	9.60	25.98	121.49	215.33
	Comb. 5	105.13	-10.93	1.57	100.06	-153.72	-253.22	115.92	-9.23	-2.33	109.32	-141.28	-230.05	119.77	-9.16	-3.08	112.87	-138.53	-224.91
Piso 6	Comb. 1	96.58	-15.45	15.21	96.58	-16.82	-3.78	99.00	-8.46	8.29	99.00	-17.01	-8.06	99.82	-7.43	7.26	99.82	-17.04	-9.50
	Comb. 2	54.52	-8.60	17.88	58.50	88.76	153.35	49.62	-1.48	13.07	54.76	95.26	137.48	47.90	-0.25	12.53	53.25	97.46	133.59
	Comb. 3	113.87	-17.72	8.02	109.88	-118.05	-160.37	122.91	-12.93	1.04	117.77	-124.80	-151.70	126.06	-12.41	-0.16	120.71	-127.06	-150.26
	Comb. 4	24.08	-2.79	12.15	28.07	94.12	153.88	18.31	1.70	9.95	23.46	100.78	139.75	16.33	2.54	9.79	21.68	103.00	136.43
	Comb. 5	83.43	-11.91	2.30	79.45	-112.69	-159.85	91.61	-9.74	-2.08	86.46	-119.28	-149.44	94.49	-9.62	-2.89	89.14	-121.52	-147.42

	Comb. 1	71.60	-16.93	16.99	71.60	-21.20	-8.28	73.41	-8.74	8.75	73.41	-19.46	-10.92	74.03	-7.61	7.60	74.03	-18.88	-11.87
	Comb. 2	40.90	-9.64	19.28	43.80	88.36	93.90	37.70	-1.59	13.31	41.40	99.28	94.81	36.62	-0.31	12.65	40.44	102.31	95.23
Piso 7	Comb. 3	84.03	-19.22	9.66	81.13	-125.10	-108.56	90.32	-13.30	1.60	86.63	-133.02	-113.91	92.49	-12.66	0.31	88.67	-135.06	-115.93
	Comb. 4	18.48	-3.28	12.88	21.38	95.38	96.16	14.64	1.69	10.01	18.33	105.71	98.16	13.35	2.55	9.79	17.18	108.51	98.95
	Comb. 5	61.61	-12.87	3.27	58.71	-118.08	-106.30	67.25	-10.01	-1.70	63.56	-126.59	-110.56	69.22	-9.80	-2.55	65.40	-128.86	-112.21
	Comb. 1	46.47	-7.41	6.98	46.47	-49.78	-13.08	47.62	-6.90	6.44	47.62	-43.17	-13.97	48.03	-6.67	6.21	48.03	-40.81	-14.37
	Comb. 2	26.95	-1.95	10.37	28.78	90.30	87.43	25.24	-0.26	10.98	27.54	108.45	94.36	24.70	0.32	11.11	27.06	113.83	95.94
Piso 8	Comb. 3	54.27	-10.65	1.52	52.43	-175.79	-110.27	57.94	-11.47	-0.02	55.65	-182.64	-118.68	59.19	-11.67	-0.54	56.83	-184.04	-120.95
	Comb. 4	12.60	0.87	7.73	14.44	107.99	91.50	10.48	2.35	8.55	12.78	123.69	98.83	9.81	2.83	8.77	12.17	128.13	100.56
	Comb. 5	39.92	-7.84	-1.12	38.09	-158.09	-106.20	43.19	-8.86	-2.45	40.89	-167.39	-114.21	44.31	-9.15	-2.88	41.94	-169.74	-116.33
	Comb. 1	21.36	-14.66	13.54	21.36	-22.81	-183.90	21.89	-7.72	7.48	21.89	-16.45	-170.93	22.09	-6.53	6.40	22.09	-14.32	-163.54
	Comb. 2	12.68	-5.72	16.45	13.50	-7.61	-33.60	12.11	0.71	12.01	13.11	-0.53	-11.41	11.96	1.77	11.29	12.97	1.96	-2.80
Az.	Comb. 3	24.85	-19.45	6.68	24.03	-32.53	-282.38	26.33	-13.94	0.76	25.33	-28.83	-282.43	26.84	-12.98	-0.36	25.82	-27.73	-278.58
	Comb. 4	6.40	-0.50	11.43	7.22	-1.00	31.50	5.64	3.49	9.23	6.64	3.60	48.87	5.42	4.12	8.91	6.44	5.24	54.49
	Comb. 5	18.57	-14.23	1.66	17.75	-25.92	-217.28	19.86	-11.17	-2.03	18.86	-24.70	-222.16	20.30	-10.63	-2.75	19.29	-24.45	-221.29

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL3

Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
	Comb. 1	621.29	-3.53	1.82	621.29	11.00	-3.73	625.44	-2.54	1.32	625.44	10.21	-3.53	632.00	-2.24	1.16	632.00	9.97	-3.42
	Comb. 2	517.77	-2.85	1.85	519.27	11.01	6.35	514.55	-1.99	1.47	517.08	10.19	6.56	517.37	-1.72	1.35	520.25	9.97	6.75
Sot 3	Comb. 3	540.19	-3.09	1.22	538.69	7.47	-12.61	550.63	-2.30	0.76	548.10	6.96	-12.48	559.50	-2.07	0.61	556.62	6.79	-12.51
	Comb. 4	283.16	-1.42	1.11	284.67	6.45	7.88	278.61	-0.97	0.94	281.14	5.96	8.01	279.73	-0.83	0.89	282.62	5.85	8.16
	Comb. 5	305.59	-1.66	0.48	304.08	2.91	-11.07	314.69	-1.28	0.23	312.16	2.73	-11.03	321.87	-1.18	0.15	318.99	2.67	-11.10
	Comb. 1	556.31	-5.39	5.38	556.31	13.00	-13.80	559.32	-4.02	3.94	559.32	12.05	-12.78	564.90	-3.60	3.51	564.90	11.57	-12.46
	Comb. 2	463.02	-3.70	4.93	464.52	15.23	-9.45	458.88	-2.63	3.74	461.39	14.36	-8.51	460.85	-2.30	3.38	463.71	13.68	-8.17
Sot 2	Comb. 3	485.27	-5.40	4.14	483.77	6.58	-13.69	494.68	-4.16	2.92	492.17	5.85	-12.91	502.68	-3.78	2.55	499.81	5.74	-12.72
	Comb. 4	254.45	-1.53	2.76	255.94	9.82	-3.68	249.41	-1.03	2.17	251.92	9.35	-3.17	249.99	-0.88	1.99	252.85	8.87	-2.97
	Comb. 5	276.69	-3.22	1.97	275.20	1.17	-7.92	285.21	-2.55	1.34	282.70	0.83	-7.56	291.81	-2.36	1.16	288.95	0.93	-7.52
	Comb. 1	491.94	-3.91	4.10	491.94	7.90	-11.82	494.05	-2.96	3.10	494.05	7.17	-10.84	498.75	-2.68	2.80	498.75	7.16	-10.70
	Comb. 2	408.85	0.69	4.77	410.32	58.65	-6.04	404.01	1.07	3.82	406.49	56.28	-5.58	405.25	1.23	3.54	408.07	55.67	-5.76
Sot 1	Comb. 3	430.78	-7.26	2.13	429.31	-45.48	-13.79	439.36	-6.07	1.41	436.88	-44.33	-12.60	446.56	-5.74	1.18	443.73	-43.74	-12.19
	Comb. 4	226.07	2.30	3.10	227.54	55.23	-1.10	220.67	2.28	2.57	223.15	53.17	-1.04	220.77	2.30	2.43	223.60	52.58	-1.30
	Comb. 5	248.00	-5.65	0.46	246.53	-48.89	-8.85	256.02	-4.86	0.16	253.54	-47.44	-8.06	262.08	-4.67	0.07	259.26	-46.83	-7.73
	Comb. 1	426.57	-5.32	5.74	426.57	12.22	-16.50	427.99	-4.21	4.45	427.99	11.30	-15.09	431.91	-3.86	4.07	431.91	10.88	-14.39
	Comb. 2	354.07	0.10	14.57	355.49	32.61	41.08	348.93	3.01	14.79	351.31	28.67	42.18	349.61	4.10	15.04	352.32	27.64	42.99
Piso 1	Comb. 3	375.11	-9.16	-4.87	373.70	-12.06	-68.83	382.83	-10.18	-7.26	380.45	-9.69	-67.55	389.20	-10.69	-8.15	386.49	-9.35	-67.19
	Comb. 4	197.31	2.11	12.28	198.72	27.59	47.85	191.87	4.58	13.04	194.25	24.01	48.37	191.64	5.54	13.45	194.35	23.16	48.88
	Comb. 5	218.34	-7.15	-7.16	216.93	-17.07	-62.06	225.77	-8.60	-9.02	223.39	-14.35	-61.36	231.23	-9.25	-9.75	228.52	-13.83	-61.30
	Comb. 1	370.45	-1.58	3.41	370.45	17.35	-19.34	371.38	-1.25	2.67	371.38	16.30	-17.61	374.67	-1.15	2.42	374.67	15.95	-17.20
	Comb. 2	307.01	3.67	9.72	308.30	28.78	10.96	302.06	6.28	11.03	304.23	24.74	11.62	302.46	7.22	11.54	304.92	23.49	12.37
Piso 2	Comb. 3	326.20	-6.35	-3.88	324.92	0.59	-43.70	332.89	-8.41	-6.45	330.72	2.87	-41.42	338.41	-9.18	-7.39	335.95	3.54	-41.50
	Comb. 4	170.83	4.28	8.48	172.12	21.98	18.55	165.73	6.76	10.05	167.90	18.34	18.53	165.38	7.65	10.66	167.84	17.25	19.10
	Comb. 5	190.02	-5.75	-5.12	188.73	-6.21	-36.11	196.56	-7.94	-7.42	194.39	-3.53	-34.51	201.34	-8.75	-8.27	198.88	-2.70	-34.78
	Comb. 1	321.22	-4.32	2.28	321.22	14.47	-19.79	322.09	-3.36	1.73	322.09	13.11	-18.11	324.91	-3.04	1.56	324.91	12.63	-17.59
	Comb. 2	266.04	3.51	10.49	267.18	22.75	2.90	261.74	6.69	12.02	263.65	19.58	3.75	262.05	7.82	12.61	264.22	19.22	4.39
Piso 3	Comb. 3	283.07	-10.88	-6.63	281.92	1.68	-36.41	288.96	-12.43	-9.08	287.05	2.53	-34.42	293.73	-13.02	-9.96	291.56	2.09	-34.19
	Comb. 4	147.99	5.11	9.60	149.13	16.95	10.67	143.55	7.94	11.34	145.46	14.30	10.86	143.21	8.94	12.02	145.38	14.15	11.27
	Comb. 5	165.02	-9.28	-7.52	163.88	-4.12	-28.64	170.77	-11.19	-9.75	168.86	-2.75	-27.31	174.90	-11.90	-10.56	172.73	-2.98	-27.31

	Comb. 1	265.27	-2.04	4.28	265.27	17.90	-16.38	265.80	-1.60	3.30	265.80	16.52	-14.63	268.06	-1.46	2.97	268.06	16.03	-14.07
	Comb. 2	219.47	6.08	12.11	220.44	23.78	2.15	215.69	8.80	13.43	217.31	23.50	3.48	215.87	9.75	13.94	217.71	23.72	4.30
Piso 4	Comb. 3	233.96	-9.54	-4.82	232.99	6.52	-29.80	238.74	-11.52	-7.81	237.12	4.46	-28.18	242.64	-12.24	-8.87	240.81	3.43	-28.07
	Comb. 4	121.95	6.87	10.52	122.92	16.75	8.68	118.12	9.42	12.21	119.74	17.01	9.34	117.80	10.31	12.84	119.63	17.44	9.91
	Comb. 5	136.44	-8.74	-6.41	135.47	-0.51	-23.27	141.17	-10.90	-9.03	139.55	-2.03	-22.32	144.57	-11.68	-9.97	142.74	-2.85	-22.46
	Comb. 1	216.26	-4.29	2.07	216.26	15.00	-18.89	216.84	-3.32	1.58	216.84	13.39	-17.24	218.69	-3.00	1.43	218.69	12.83	-16.70
	Comb. 2	178.97	4.66	10.43	179.76	22.85	-3.59	176.10	7.83	12.19	177.40	22.76	-2.17	176.29	8.93	12.85	177.76	23.00	-1.36
Piso 5	Comb. 3	190.71	-11.98	-6.93	189.92	2.48	-28.40	194.65	-13.51	-9.51	193.35	-0.16	-27.01	197.79	-14.06	-10.43	196.32	-1.35	-26.93
	Comb. 4	99.50	6.26	9.62	100.29	16.84	3.83	96.53	9.07	11.57	97.84	17.38	4.60	96.31	10.05	12.29	97.78	17.86	5.17
	Comb. 5	111.25	-10.38	-7.74	110.46	-3.52	-20.98	115.09	-12.27	-10.13	113.78	-5.54	-20.25	117.81	-12.95	-10.98	116.34	-6.49	-20.40
	Comb. 1	160.48	-2.26	4.35	160.48	18.51	-15.48	160.83	-1.69	3.31	160.83	16.87	-13.69	162.17	-1.51	2.96	162.17	16.30	-13.09
	Comb. 2	132.73	6.75	12.28	133.33	25.42	-3.16	130.55	9.44	13.49	131.52	25.55	-1.55	130.69	10.36	13.95	131.78	25.82	-0.75
Piso 6	Comb. 3	141.57	-10.58	-4.86	140.98	5.92	-22.96	144.41	-12.30	-7.85	143.43	3.01	-21.54	146.70	-12.92	-8.90	145.60	1.79	-21.35
	Comb. 4	73.73	7.63	10.65	74.32	18.16	3.03	71.50	10.09	12.26	72.47	18.92	3.95	71.34	10.95	12.85	72.43	19.44	4.50
	Comb. 5	82.56	-9.70	-6.48	81.97	-1.34	-16.77	85.36	-11.64	-9.08	84.38	-3.61	-16.05	87.35	-12.34	-10.00	86.25	-4.59	-16.10
	Comb. 1	111.56	-3.55	1.77	111.56	14.19	-17.94	112.03	-2.88	1.36	112.03	12.80	-16.32	113.01	-2.64	1.23	113.01	12.32	-15.77
	Comb. 2	92.42	4.99	9.55	92.81	21.90	-8.68	91.23	7.70	11.23	91.87	22.53	-7.20	91.43	8.65	11.84	92.14	22.95	-6.38
Piso 7	Comb. 3	98.29	-11.04	-6.57	97.90	2.09	-21.68	100.33	-12.61	-8.93	99.69	-0.90	-20.42	101.89	-13.15	-9.76	101.17	-2.13	-20.33
	Comb. 4	51.43	6.32	8.84	51.83	16.25	-1.63	50.13	8.78	10.69	50.76	17.42	-0.78	50.09	9.64	11.35	50.81	18.05	-0.20
	Comb. 5	57.30	-9.70	-7.27	56.91	-3.56	-14.63	59.22	-11.53	-9.48	58.58	-6.01	-14.00	60.55	-12.16	-10.25	59.84	-7.02	-14.15
	Comb. 1	56.11	-5.48	5.46	56.11	27.24	-16.30	56.45	-3.56	4.00	56.45	22.67	-14.15	56.95	-2.97	3.52	56.95	21.07	-13.41
	Comb. 2	46.48	6.47	13.31	46.68	30.15	-10.19	46.03	9.82	13.92	46.35	29.18	-7.91	46.19	10.90	14.14	46.53	29.15	-6.83
Piso 8	Comb. 3	49.41	-15.81	-4.00	49.22	15.80	-17.30	50.46	-15.90	-7.09	50.15	9.02	-15.95	51.20	-15.97	-8.14	50.86	6.36	-15.78
	Comb. 4	25.83	8.53	11.28	26.02	19.20	-3.64	25.28	11.14	12.43	25.59	19.99	-2.19	25.32	12.00	12.84	25.66	20.63	-1.42
	Comb. 5	28.76	-13.76	-6.03	28.56	4.85	-10.74	29.70	-14.57	-8.57	29.39	-0.17	-10.22	30.33	-14.87	-9.44	29.99	-2.17	-10.37

Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL5

Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
	Comb. 1	3862.59	-823.46	-677.21	3862.59	-587.25	-442.35	3922.33	-945.26	-769.97	3922.33	-547.34	-406.47	4002.21	-956.82	-786.01	4002.21	-476.48	-347.68
	Comb. 2	3206.58	1291.42	1478.57	3224.25	4760.64	4842.68	3279.00	1127.88	1357.17	3294.47	4711.68	4804.16	3353.30	1108.09	1338.22	3367.66	4823.96	4907.39
Sot 3	Comb. 3	3469.68	-2690.76	-2629.60	3452.02	-5750.53	-5586.97	3499.39	-2734.24	-2665.75	3483.92	-5633.39	-5487.13	3563.07	-2736.44	-2675.91	3548.72	-5627.24	-5492.00
	Comb. 4	1900.28	1606.84	1737.60	1917.94	4997.98	5023.52	1950.73	1489.87	1651.86	1966.20	4934.27	4971.81	1997.88	1470.91	1636.22	2012.24	5016.34	5050.12
	Comb. 5	2163.38	-2375.35	-2370.57	2145.71	-5513.19	-5406.13	2171.12	-2372.25	-2371.06	2155.65	-5410.79	-5319.48	2207.66	-2373.62	-2377.90	2193.30	-5434.86	-5349.27
	Comb. 1	3576.46	-947.95	-293.69	3576.46	-618.35	-340.50	3633.91	-1093.39	-393.39	3633.91	-576.86	-305.32	3701.92	-1116.49	-419.35	3701.92	-534.17	-291.69
	Comb. 2	2950.13	1764.82	1733.25	2969.14	5640.25	4983.36	3018.74	1566.37	1591.01	3035.87	5571.81	4935.71	3082.36	1546.45	1560.67	3098.44	5665.94	5001.80
Sot 2	Comb. 3	3233.31	-3394.09	-2245.43	3214.30	-6687.35	-5560.07	3262.94	-3440.57	-2270.41	3245.80	-6548.24	-5452.48	3317.21	-3461.85	-2284.46	3301.13	-6571.26	-5495.93
	Comb. 4	1743.26	2099.59	1825.57	1762.27	5882.76	5116.74	1790.81	1960.27	1724.90	1807.94	5798.69	5055.83	1831.93	1946.21	1704.08	1848.01	5874.25	5115.92
	Comb. 5	2026.44	-3059.33	-2153.11	2007.43	-6444.84	-5426.70	2035.01	-3046.67	-2136.52	2017.87	-6321.36	-5332.35	2066.77	-3062.09	-2141.04	2050.70	-6362.95	-5381.81
	Comb. 1	3284.74	-365.29	109.56	3284.74	-875.61	-424.98	3338.38	-715.67	12.16	3338.38	-840.93	-400.67	3393.82	-1257.64	-39.34	3393.82	-809.81	-421.06
	Comb. 2	2677.85	5315.34	2660.99	2699.71	7910.96	5841.40	2737.08	4869.86	2503.11	2758.05	7784.77	5774.53	2787.96	4365.65	2458.43	2808.06	7846.52	5822.34
Sot 1	Comb. 3	3003.38	-5973.11	-2491.85	2981.53	-9400.02	-6566.42	3035.98	-6123.20	-2498.89	3015.01	-9215.10	-6458.51	3081.68	-6559.62	-2548.94	3061.57	-9225.38	-6541.08
	Comb. 4	1572.72	5398.25	2592.77	1594.58	8244.65	5999.81	1612.44	5086.72	2473.13	1633.42	8104.85	5923.22	1645.74	4759.87	2437.08	1665.85	8152.52	5978.65
	Comb. 5	1898.25	-5890.21	-2560.07	1876.40	-9066.32	-6408.02	1911.34	-5906.33	-2528.87	1890.37	-8895.02	-6309.82	1939.47	-6165.40	-2570.29	1919.36	-8919.37	-6384.77
	Comb. 1	2955.98	-148.19	127.64	2955.98	-882.91	-668.74	3003.61	-248.28	33.00	3003.61	-862.19	-661.25	3046.33	-1214.14	-30.45	3046.33	-885.49	-687.18
	Comb. 2	2368.99	4391.41	5823.59	2394.20	7227.89	8144.95	2413.71	4107.54	5631.85	2439.51	7042.04	8015.55	2450.11	3205.32	5538.66	2475.42	7042.77	8035.76
Piso 1	Comb. 3	2744.42	-4658.80	-5622.59	2719.22	-8738.24	-9290.57	2781.40	-4543.76	-5590.27	2755.60	-8518.09	-9149.18	2819.98	-5326.62	-5647.80	2794.67	-8559.19	-9213.87
	Comb. 4	1375.72	4424.19	5750.21	1400.93	7550.68	8386.90	1403.33	4180.60	5596.89	1429.13	7355.50	8253.53	1427.07	3580.96	5461.94	1452.38	7363.94	8283.03
	Comb. 5	1751.16	-4626.02	-5695.97	1725.95	-8415.44	-9048.62	1771.02	-4470.70	-5625.23	1745.22	-8204.63	-8911.20	1796.94	-4950.98	-5724.51	1771.63	-8238.02	-8966.60

	Comb. 1	2486.63	138.46	125.86	2486.63	-380.31	-545.49	2536.37	-43.21	-69.60	2536.37	-383.08	-556.61	2575.26	-116.41	-152.72	2575.26	-401.52	-583.42
	Comb. 2	1699.63	3979.38	4693.78	1760.27	5201.79	6168.83	1761.85	3571.09	4332.94	1822.46	5069.73	6046.96	1798.25	3428.42	4204.55	1857.05	5071.19	6062.54
Piso 2	Comb. 3	2602.76	-3762.78	-4503.37	2542.12	-5855.22	-7105.07	2625.64	-3661.02	-4472.53	2565.03	-5728.28	-7002.57	2657.36	-3642.12	-4484.72	2598.56	-5761.38	-7064.09
	Comb. 4	865.39	3897.58	4609.43	926.03	5336.43	6363.48	909.49	3562.23	4326.80	970.10	5204.80	6245.16	934.12	3448.54	4231.27	992.93	5212.85	6270.40
	Comb. 5	1768.52	-3844.58	-4587.73	1707.88	-5720.58	-6910.41	1773.27	-3669.88	-4478.68	1712.66	-5593.21	-6804.37	1793.24	-3621.99	-4458.00	1734.43	-5619.72	-6856.24
	Comb. 1	2196.41	-93.51	76.38	2196.41	-376.79	-524.39	2235.70	-228.22	-78.65	2235.70	-363.53	-513.29	2268.57	-362.56	-181.39	2268.57	-373.04	-527.97
	Comb. 2	1596.45	2964.51	3873.56	1637.18	4219.94	5274.87	1631.06	2606.81	3514.13	1673.49	4065.26	5114.41	1656.76	2416.28	3355.97	1698.58	4048.36	5107.27
Piso 3	Comb. 3	2203.16	-3139.59	-3761.80	2162.42	-4866.97	-6173.61	2235.87	-3009.29	-3664.08	2193.44	-4690.00	-5994.66	2267.84	-3050.73	-3684.36	2226.02	-4689.55	-6012.86
	Comb. 4	858.61	2975.42	3816.55	899.35	4353.89	5463.98	879.03	2671.67	3519.14	921.47	4193.73	5298.69	894.92	2526.89	3394.43	936.75	4180.05	5296.58
	Comb. 5	1465.33	-3128.69	-3818.81	1424.59	-4733.03	-5984.50	1483.85	-2944.42	-3659.06	1441.41	-4561.53	-5810.38	1506.01	-2940.12	-3645.90	1464.19	-4557.86	-5823.55
	Comb. 1	1889.31	-339.91	-59.66	1889.31	-239.68	-409.91	1922.15	-265.09	-165.60	1922.15	-231.78	-403.06	1950.22	-295.71	-208.98	1950.22	-239.47	-415.30
	Comb. 2	1394.49	2046.47	3027.23	1426.68	3137.69	4186.58	1424.28	1901.71	2725.57	1457.69	2990.25	4014.58	1446.73	1809.52	2623.46	1479.62	2964.85	3991.82
Piso 4	Comb. 3	1873.92	-2659.52	-3169.58	1841.73	-3550.40	-4889.60	1900.45	-2366.01	-3022.93	1867.04	-3389.66	-4706.27	1927.28	-2324.90	-2993.27	1894.39	-3377.52	-4704.64
	Comb. 4	759.91	2122.12	2987.01	792.10	3221.13	4333.64	777.92	1981.97	2764.42	811.33	3070.47	4158.56	792.04	1902.98	2680.91	824.93	3047.77	4139.98
	Comb. 5	1239.34	-2583.87	-3209.81	1207.16	-3466.96	-4742.54	1254.08	-2285.75	-2984.08	1220.67	-3309.44	-4562.29	1272.59	-2231.45	-2935.82	1239.70	-3294.60	-4556.47
	Comb. 1	1578.38	-272.97	-110.85	1578.38	-154.50	-315.00	1604.31	-292.40	-189.67	1604.31	-146.41	-309.78	1627.33	-314.49	-222.51	1627.33	-151.31	-319.53
	Comb. 2	1176.91	1485.33	2307.60	1202.22	2168.53	3113.71	1205.61	1296.04	2046.80	1231.16	2035.70	2947.40	1226.32	1225.73	1961.66	1251.17	2007.54	2915.65
Piso 5	Comb. 3	1553.89	-1966.03	-2515.26	1528.58	-2435.82	-3654.72	1569.69	-1804.81	-2382.60	1544.14	-2289.22	-3479.73	1589.41	-1771.56	-2352.51	1564.56	-2269.47	-3464.81
	Comb. 4	647.18	1563.96	2320.35	672.49	2220.43	3225.56	666.64	1389.74	2098.68	692.18	2084.49	3056.95	680.57	1328.62	2027.27	705.43	2058.09	3028.55
	Comb. 5	1024.16	-1887.40	-2502.52	998.84	-2383.93	-3542.88	1030.72	-1711.10	-2330.72	1005.17	-2240.43	-3370.18	1043.66	-1668.68	-2286.90	1018.81	-2218.93	-3351.91
	Comb. 1	1264.50	-291.84	-153.60	1264.50	-132.44	-426.23	1284.06	-310.05	-209.03	1284.06	-127.97	-449.58	1302.15	-325.55	-233.18	1302.15	-133.22	-462.94
	Comb. 2	953.73	870.26	1645.48	972.58	1248.74	1958.97	979.50	793.42	1449.82	997.93	1143.53	1789.81	997.22	767.19	1385.52	1014.95	1116.43	1752.43
Piso 6	Comb. 3	1234.38	-1378.93	-1920.71	1215.53	-1481.53	-2692.62	1242.23	-1330.80	-1816.53	1223.79	-1369.01	-2563.99	1256.32	-1330.79	-1792.91	1238.58	-1350.81	-2549.62
	Comb. 4	529.93	962.41	1682.44	548.77	1287.57	2107.81	548.78	896.00	1512.16	567.22	1180.19	1946.31	561.23	875.89	1457.68	578.96	1155.15	1913.59
	Comb. 5	810.57	-1286.77	-1883.76	791.73	-1442.70	-2543.77	811.51	-1228.22	-1754.18	793.08	-1332.34	-2407.48	820.33	-1222.09	-1720.75	802.59	-1312.08	-2388.46
	Comb. 1	949.55	-341.53	-200.43	949.55	-60.98	-3668.97	962.57	-348.43	-235.13	962.57	5.56	-147.34	975.62	-358.55	-252.04	975.62	5.00	-153.62
	Comb. 2	726.27	380.62	1004.08	739.11	534.56	-1770.49	750.19	365.90	902.20	761.82	583.62	1197.80	764.74	364.85	873.32	775.67	575.16	1190.32
Piso 7	Comb. 3	917.44	-971.96	-1356.83	904.60	-735.96	-4583.09	915.92	-967.85	-1312.39	904.29	-577.92	-1452.99	924.35	-984.16	-1312.13	913.43	-570.34	-1456.29
	Comb. 4	408.93	494.56	1062.15	421.77	407.34	-548.10	428.28	484.18	975.92	439.91	575.74	1246.83	439.08	486.75	953.69	450.01	567.56	1241.57
	Comb. 5	600.09	-858.02	-1298.77	587.26	-863.18	-3360.70	594.01	-849.57	-1238.68	582.38	-585.80	-1403.97	598.69	-862.26	-1231.77	587.77	-577.94	-1405.04
	Comb. 1	630.97	-614.66	-291.09	630.97	47.83	-70.19	638.45	-570.93	-305.19	638.45	61.02	-69.17	646.72	-565.00	-315.30	646.72	63.91	-73.46
	Comb. 2	479.98	-255.46	443.73	488.90	211.24	681.27	499.09	-216.67	402.10	506.63	201.21	668.93	510.84	-209.04	388.21	517.58	199.54	671.89
Piso 8	Comb. 3	612.73	-801.61	-949.94	603.81	-133.25	-804.09	606.53	-765.23	-931.15	598.99	-100.59	-790.07	609.40	-763.24	-934.51	602.65	-93.99	-800.42
	Comb. 4	269.85	-39.35	537.43	278.76	187.86	702.69	286.40	-16.00	502.94	293.94	173.09	689.90	295.83	-11.36	492.81	302.57	170.37	694.32
	Comb. 5	402.59	-585.49	-856.24	393.68	-156.62	-782.66	393.84	-564.55	-830.31	386.30	-128.71	-769.11	394.39	-565.57	-829.92	387.64	-123.17	-777.99
	Comb. 1	312.83	-270.92	-294.74	312.83	60.52	84.31	315.65	-273.44	-294.56	315.65	64.18	87.85	319.39	-278.88	-298.68	319.39	64.52	87.60
	Comb. 2	255.32	-197.88	4.06	257.56	94.18	417.82	257.00	-195.47	-19.70	259.44	102.46	428.02	259.76	-198.01	-29.61	262.21	105.72	434.64
Az.	Comb. 3	288.57	-269.84	-513.31	286.34	2.47	-281.59	291.77	-276.68	-489.22	289.33	0.25	-285.81	295.63	-283.86	-486.75	293.17	-2.55	-292.90
	Comb. 4	154.43	-105.42	104.02	156.67	61.49	374.70	155.15	-102.28	80.23	157.59	68.10	383.48	156.90	-103.45	71.24	159.35	71.06	390.13
	Comb. 5	187.68	-177.38	-413.35	185.45	-30.23	-324.71	189.91	-183.49	-389.30	187.47	-34.11	-330.36	192.77	-189.30	-385.91	190.32	-37.21	-337.40
	Comb. 1	37.61	-10.87	-10.87	37.61	0.00	0.00	37.68	-10.91	-10.91	37.68	0.00	0.00	37.87	-11.04	-11.04	37.87	0.00	0.00
	Comb. 2	31.41	-8.61	6.29	31.41	0.00	0.00	31.47	-8.65	6.45	31.47	0.00	0.00	31.64	-8.77	6.49	31.64	0.00	0.00
Techo	Comb. 3	31.41	-8.61	-23.51	31.41	0.00	0.00	31.47	-8.65	-23.74	31.47	0.00	0.00	31.64	-8.77	-24.03	31.64	0.00	0.00
	Comb. 4	15.31	-2.52	12.38	15.31	0.00	0.00	15.35	-2.55	12.54	15.35	0.00	0.00	15.48	-2.64	12.62	15.48	0.00	0.00
	Comb. 5	15.31	-2.52	-17.42	15.31	0.00	0.00	15.35	-2.55	-17.65	15.35	0.00	0.00	15.48	-2.64	-17.90	15.48	0.00	0.00

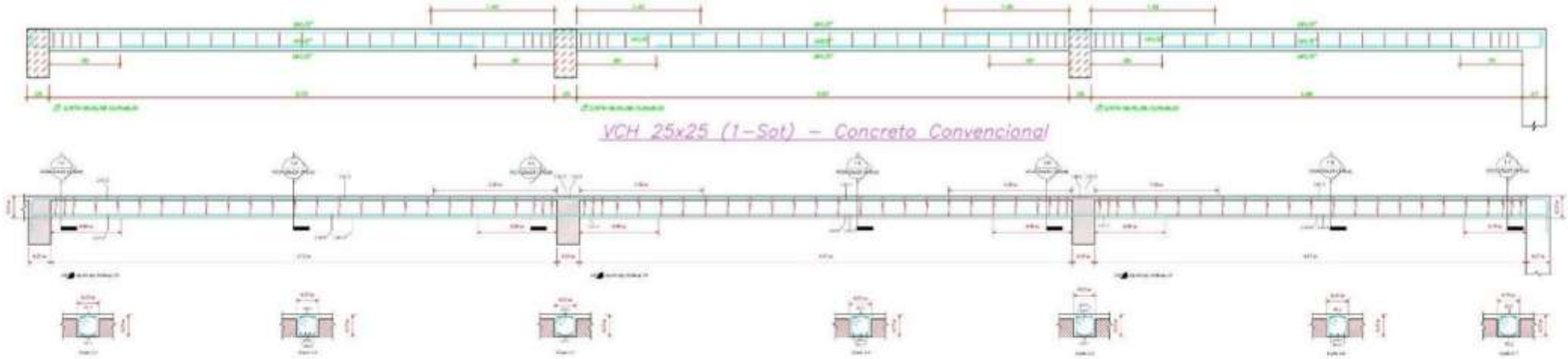
Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL6																		
Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
Sot 3	Comb. 1	328.42	6.32	-2.75	328.42	-13.86	-6.80	332.38	6.30	-2.74	332.38	-21.88	-13.58	337.94	6.39	-2.78	337.94	-23.11	-15.26
	Comb. 2	234.64	5.54	-0.79	241.23	364.05	367.73	234.35	5.57	-0.71	241.76	345.49	356.32	235.94	5.66	-0.72	243.61	346.70	359.48
	Comb. 3	332.78	5.02	-3.81	326.19	-387.57	-379.08	339.95	4.96	-3.86	332.54	-382.62	-379.19	348.06	5.03	-3.93	340.38	-385.96	-385.23
	Comb. 4	123.20	2.86	0.38	129.80	369.43	370.64	121.63	2.90	0.45	129.04	353.96	361.85	121.48	2.96	0.46	129.16	355.57	365.59
	Comb. 5	221.35	2.34	-2.64	214.75	-382.19	-376.16	227.23	2.29	-2.70	219.82	-374.15	-373.66	233.60	2.33	-2.75	225.93	-377.09	-379.12
Sot 2	Comb. 1	302.76	7.67	-8.61	302.76	-196.06	-21.79	306.71	7.73	-8.60	306.71	-135.96	-30.30	312.14	7.85	-8.71	312.14	-136.46	-32.25
	Comb. 2	215.30	7.80	-6.58	221.50	478.38	464.07	219.17	7.81	-6.56	225.59	510.33	448.30	222.11	7.81	-6.69	228.62	512.73	451.90
	Comb. 3	307.63	5.05	-7.82	301.43	-816.44	-502.59	310.62	5.14	-7.84	304.20	-744.09	-500.58	317.15	5.35	-7.91	310.64	-747.38	-507.55
	Comb. 4	112.34	4.57	-2.94	118.54	545.98	470.11	114.92	4.55	-2.93	121.34	558.23	458.68	116.16	4.51	-3.02	122.67	560.75	462.96
	Comb. 5	204.68	1.81	-4.18	198.48	-748.84	-496.55	206.37	1.88	-4.20	199.95	-696.20	-490.20	211.20	2.05	-4.24	204.69	-699.36	-496.49
Sot 1	Comb. 1	302.28	9.34	-7.19	302.28	-204.22	-41.43	306.88	9.28	-7.23	306.88	-225.83	-52.80	312.50	9.54	-7.52	312.50	-238.74	-55.31
	Comb. 2	202.03	13.57	-5.28	209.93	1717.29	848.80	209.58	13.17	-5.30	217.34	1646.44	818.78	215.45	13.37	-5.54	222.89	1644.02	825.12
	Comb. 3	319.73	2.00	-6.73	311.82	-2069.67	-921.04	320.14	2.31	-6.78	312.38	-2035.49	-910.28	324.08	2.56	-7.04	316.65	-2055.17	-920.92
	Comb. 4	98.70	9.55	-2.21	106.60	1787.28	861.85	104.72	9.18	-2.22	112.48	1724.81	836.28	108.85	9.29	-2.35	116.28	1727.05	843.50
	Comb. 5	216.39	-2.03	-3.66	208.49	-1999.67	-907.99	215.28	-1.68	-3.70	207.52	-1957.12	-892.77	217.48	-1.52	-3.85	210.04	-1972.13	-902.54
Piso 1	Comb. 1	358.99	10.73	-7.73	358.99	-65.86	-186.51	366.30	10.75	-7.85	366.30	-58.58	-130.80	373.51	10.89	-8.02	373.51	-66.89	-141.73
	Comb. 2	289.71	11.27	2.59	292.36	1759.49	2274.58	287.52	12.33	2.96	291.48	1689.02	2263.31	290.01	12.88	3.06	294.40	1680.06	2268.16
	Comb. 3	329.17	6.92	-15.61	326.52	-1876.88	-2598.01	343.97	5.90	-16.20	340.01	-1791.54	-2489.14	354.07	5.59	-16.59	349.68	-1796.71	-2512.63
	Comb. 4	165.83	7.10	5.72	168.48	1776.30	2336.04	161.11	8.15	6.13	165.08	1706.88	2307.94	161.38	8.67	6.28	165.76	1701.10	2316.84
	Comb. 5	205.29	2.75	-12.49	202.64	-1860.07	-2536.55	217.57	1.72	-13.03	213.61	-1773.68	-2444.51	225.43	1.37	-13.37	221.05	-1775.67	-2463.94
Piso 2	Comb. 1	316.63	12.22	-12.67	316.63	-43.91	-132.89	323.34	12.34	-12.76	323.34	-41.19	-93.78	329.82	12.52	-12.92	329.82	-48.53	-102.61
	Comb. 2	254.63	12.21	-7.56	257.09	1339.26	1715.40	252.57	13.66	-6.55	256.24	1261.88	1679.04	254.72	14.38	-6.22	258.78	1245.85	1672.91
	Comb. 3	291.25	8.56	-13.99	288.79	-1418.48	-1946.52	304.87	7.29	-15.14	301.20	-1334.25	-1841.17	314.05	6.90	-15.76	309.99	-1330.69	-1850.10
	Comb. 4	145.40	7.52	-2.72	147.86	1349.00	1758.14	141.02	8.93	-1.68	144.69	1273.98	1710.69	141.15	9.60	-1.30	145.22	1260.79	1707.86
	Comb. 5	182.02	3.87	-9.15	179.56	-1408.75	-1903.78	193.33	2.56	-10.27	189.66	-1322.15	-1809.52	200.48	2.11	-10.84	196.42	-1315.75	-1815.15
Piso 3	Comb. 1	274.08	11.92	-11.59	274.08	-35.55	-110.57	280.05	12.12	-11.83	280.05	-32.79	-76.93	285.75	12.33	-12.05	285.75	-38.97	-84.91
	Comb. 2	219.83	13.29	-5.41	222.04	996.55	1299.09	217.96	14.83	-4.52	221.25	920.11	1256.63	219.78	15.58	-4.24	223.42	900.07	1244.11
	Comb. 3	252.71	6.95	-14.28	250.50	-1060.80	-1491.24	264.88	5.75	-15.57	261.59	-977.78	-1389.56	273.01	5.38	-16.24	269.37	-968.24	-1390.63
	Comb. 4	125.32	8.71	-0.95	127.53	1004.25	1334.87	121.38	10.17	0.03	124.67	929.66	1282.74	121.43	10.85	0.38	125.07	912.02	1273.21
	Comb. 5	158.20	2.37	-9.82	155.99	-1053.10	-1455.45	168.30	1.10	-11.02	165.01	-968.23	-1363.45	174.66	0.66	-11.62	171.02	-956.29	-1361.53
Piso 4	Comb. 1	231.39	12.08	-12.02	231.39	-28.55	-147.63	236.55	12.32	-12.25	236.55	-40.46	-131.01	241.43	12.55	-12.48	241.43	-46.21	-133.68
	Comb. 2	185.28	13.76	-6.05	187.19	698.71	920.14	183.61	15.36	-5.03	186.46	617.01	865.43	185.14	16.13	-4.71	188.30	595.92	853.11
	Comb. 3	213.70	6.76	-14.36	211.80	-751.58	-1175.99	224.25	5.56	-15.79	221.40	-688.66	-1091.41	231.25	5.20	-16.51	228.09	-677.08	-1083.44
	Comb. 4	105.54	9.12	-1.44	107.44	702.95	969.04	102.08	10.63	-0.33	104.93	628.06	910.46	102.09	11.33	0.07	105.25	609.55	899.43
	Comb. 5	133.96	2.11	-9.75	132.05	-747.34	-1127.09	142.72	0.83	-11.08	139.87	-677.60	-1046.38	148.20	0.40	-11.74	145.04	-663.45	-1037.12
Piso 5	Comb. 1	188.58	12.07	-12.03	188.58	-19.86	-532.20	192.84	12.36	-12.32	192.84	-29.03	-175.12	196.86	12.61	-12.57	196.86	-33.53	-161.57
	Comb. 2	150.81	14.07	-6.08	152.39	438.98	285.99	149.35	15.70	-5.05	151.72	376.86	533.54	150.59	16.50	-4.74	153.22	358.50	533.75
	Comb. 3	174.39	6.44	-14.36	172.81	-485.87	-1206.39	183.19	5.30	-15.88	180.81	-429.43	-835.19	188.97	4.93	-16.64	186.35	-418.14	-811.81
	Comb. 4	85.88	9.43	-1.45	87.46	426.33	465.19	82.94	10.96	-0.33	85.32	382.99	594.38	82.93	11.68	0.07	85.56	367.26	590.26
	Comb. 5	109.47	1.80	-9.74	107.88	-498.51	-1027.19	116.78	0.55	-11.15	114.41	-423.30	-774.35	121.32	0.11	-11.83	118.69	-409.38	-755.30
Piso 6	Comb. 1	145.66	12.30	-12.18	145.66	11.47	-38.28	148.96	12.61	-12.49	148.96	6.25	-46.77	152.11	12.87	-12.76	152.11	4.04	-51.33
	Comb. 2	116.39	14.46	-6.38	117.63	250.95	450.65	115.12	16.10	-5.39	116.99	212.61	393.76	115.99	16.88	-5.09	118.07	204.41	379.14
	Comb. 3	134.85	6.43	-14.31	133.61	-232.08	-516.65	141.81	5.32	-15.84	139.94	-202.54	-474.13	146.43	4.99	-16.60	144.34	-198.06	-467.31
	Comb. 4	66.31	9.73	-1.70	67.55	245.60	463.85	63.90	11.25	-0.59	65.77	209.37	410.27	63.79	11.95	-0.21	65.87	202.07	397.36
	Comb. 5	84.78	1.70	-9.63	83.54	-237.43	-503.45	90.59	0.47	-11.04	88.72	-205.78	-457.61	94.23	0.06	-11.72	92.15	-200.40	-449.10
Piso 7	Comb. 1	102.67	11.50	-12.01	102.67	31.42	-25.26	104.97	11.88	-12.36	104.97	28.97	-31.18	107.21	12.16	-12.64	107.21	28.37	-34.37
	Comb. 2	81.87	13.75	-6.55	82.77	126.95	238.85	80.60	15.38	-5.60	81.99	134.03	201.78	80.95	16.16	-5.33	82.53	139.22	192.93

	Comb. 3	95.29	5.81	-13.86	94.39	-73.45	-282.18	100.52	4.82	-15.40	99.12	-84.63	-255.15	104.07	4.53	-16.16	102.49	-90.79	-251.75
	Comb. 4	46.67	9.36	-1.95	47.57	115.08	247.88	44.60	10.85	-0.87	46.00	123.19	213.13	44.27	11.53	-0.50	45.85	128.70	205.46
	Comb. 5	60.09	1.42	-9.26	59.19	-85.32	-273.14	64.53	0.29	-10.67	63.13	-95.47	-243.81	67.39	-0.09	-11.34	65.80	-101.30	-239.23
	Comb. 1	59.54	15.54	-13.23	59.54	56.13	-5.01	60.78	15.91	-13.62	60.78	57.73	-8.15	62.09	16.21	-13.91	62.09	59.40	-9.74
	Comb. 2	46.50	18.31	-7.54	47.16	89.53	100.28	45.00	19.93	-6.62	46.05	104.18	94.60	45.04	20.68	-6.38	46.22	111.53	95.97
Piso 8	Comb. 3	56.32	8.01	-14.92	55.66	6.97	-108.48	59.97	7.05	-16.51	58.92	-4.90	-108.12	62.23	6.81	-17.26	61.05	-9.32	-112.19
	Comb. 4	26.23	12.25	-2.43	26.89	69.75	102.68	24.31	13.73	-1.37	25.36	83.88	98.23	23.95	14.39	-1.04	25.12	90.73	100.20
	Comb. 5	36.06	1.95	-9.82	35.40	-12.81	-106.08	39.28	0.85	-11.26	38.23	-25.20	-104.48	41.13	0.53	-11.92	39.96	-30.12	-107.96
	Comb. 1	20.19	12.73	-9.12	20.19	15.40	-31.61	20.43	11.65	-8.77	20.43	16.14	-32.66	20.74	11.31	-8.69	20.74	16.40	-33.45
	Comb. 2	13.91	13.80	-6.47	14.39	25.13	-1.10	12.62	13.10	-5.84	13.34	30.35	1.03	12.24	12.89	-5.62	13.03	32.53	1.68
Az.	Comb. 3	21.15	8.08	-9.09	20.67	1.25	-53.00	22.86	6.90	-9.12	22.14	-2.70	-56.93	23.74	6.51	-9.19	22.96	-4.47	-58.91
	Comb. 4	7.32	9.30	-3.06	7.80	19.55	10.43	5.95	8.96	-2.55	6.67	24.49	12.93	5.45	8.84	-2.35	6.24	26.55	13.90
	Comb. 5	14.56	3.58	-5.68	14.08	-4.34	-41.48	16.19	2.76	-5.83	15.47	-8.55	-45.03	16.95	2.46	-5.91	16.16	-10.45	-46.69

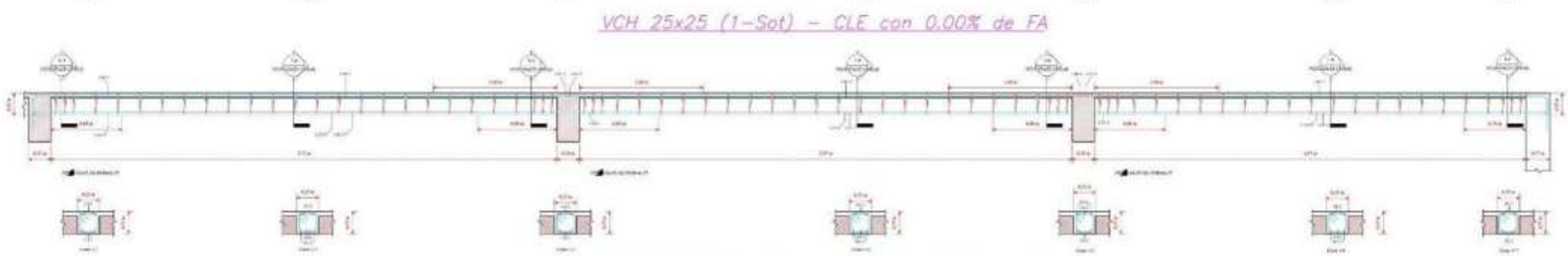
Cargas Ultimas de Flexocompresión - PL7

Nivel	Cargas	CLE con 0.00% de FA						CLE con 0.75% de FA						CLE con 1.25% de FA					
		P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)	P_{ux} (tonf)	M_{x1} (tonf.m)	M_{x2} (tonf.m)	P_{uy} (tonf)	M_{y1} (tonf.m)	M_{y2} (tonf.m)
	Comb. 1	-4.21	3.98	6.75	-4.21	-5.18	1.66	-4.22	2.00	6.78	-4.22	-5.57	1.67	-4.21	1.45	6.80	-4.21	-5.76	1.67
	Comb. 2	-3.58	3.99	5.70	-3.58	-4.14	1.43	-3.61	2.29	5.73	-3.60	-4.35	1.45	-3.61	1.82	5.73	-3.60	-4.44	1.47
Az.	Comb. 3	-3.52	2.99	5.70	-3.52	-4.82	1.37	-3.51	1.29	5.72	-3.52	-5.27	1.37	-3.49	0.82	5.73	-3.50	-5.49	1.36
	Comb. 4	-1.88	2.80	3.00	-1.88	-2.39	0.78	-1.91	1.80	3.02	-1.90	-2.46	0.80	-1.90	1.52	3.00	-1.89	-2.48	0.81
	Comb. 5	-1.82	1.80	3.00	-1.82	-3.07	0.72	-1.81	0.80	3.01	-1.82	-3.38	0.72	-1.78	0.53	3.00	-1.79	-3.52	0.70

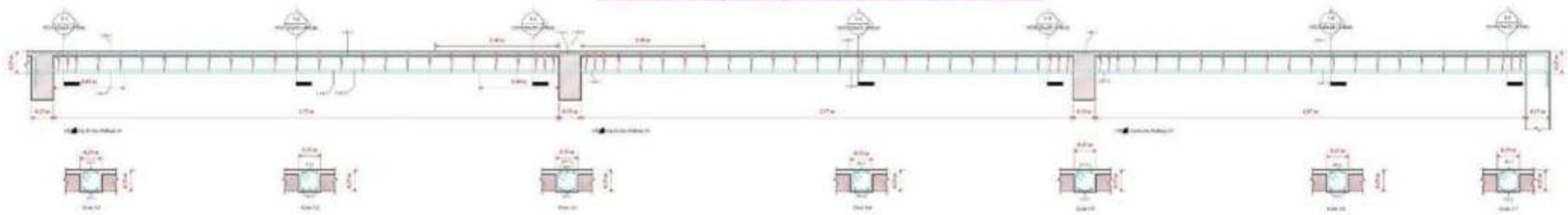
ANEXO 48: Detalle de Vigas Ejemplos Diseñadas con Concreto Convencional, CLE con 0.00%, 0.75% y 1.25% de FA



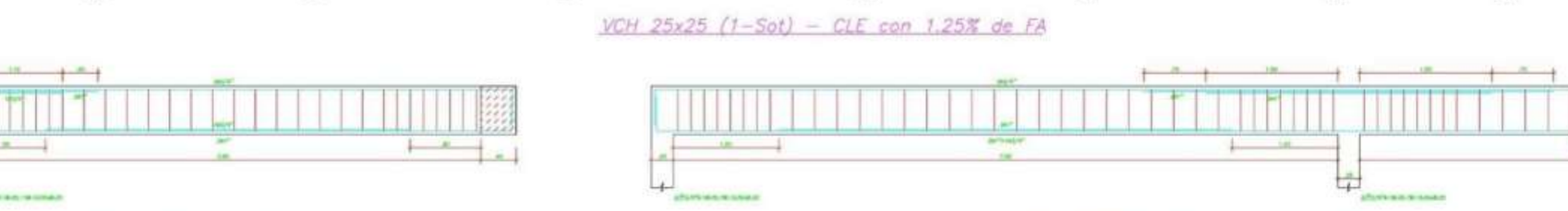
VCH 25x25 (1-Sot) – Concreto Convencional



VCH 25x25 (1-Sot) – CLE con 0.00% de FA



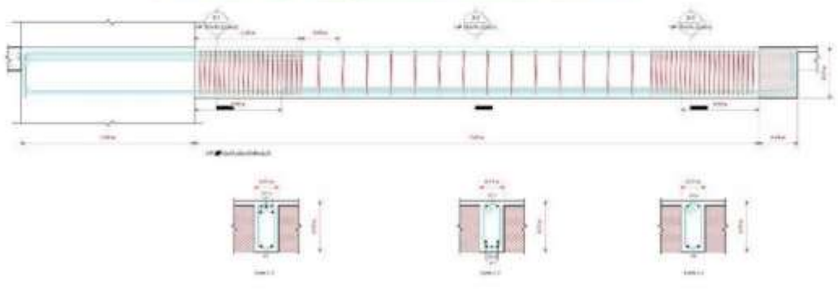
VCH 25x25 (1-Sot) – CLE con 0.75% de FA



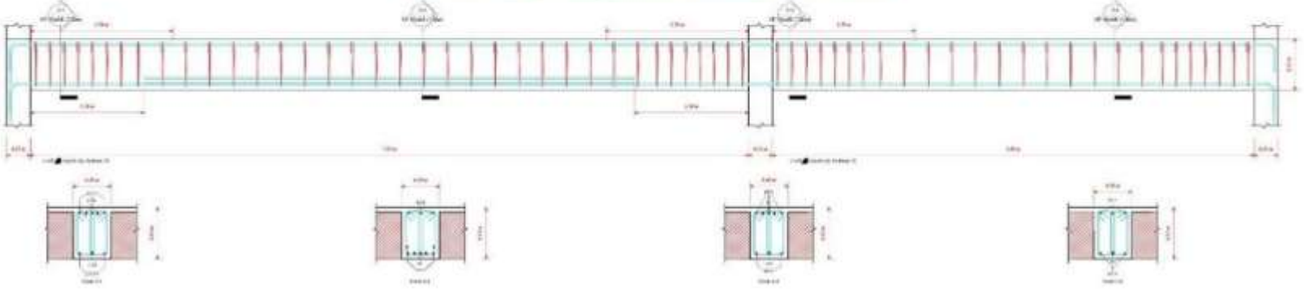
VCH 25x25 (1-Sot) – CLE con 1.25% de FA

VCH 25x55 (2-Sot) – Concreto Convencional

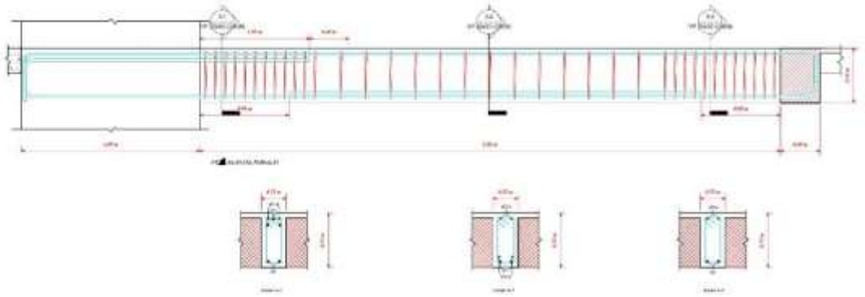
VCH 40x55 (1-Sot) – Concreto Convencional



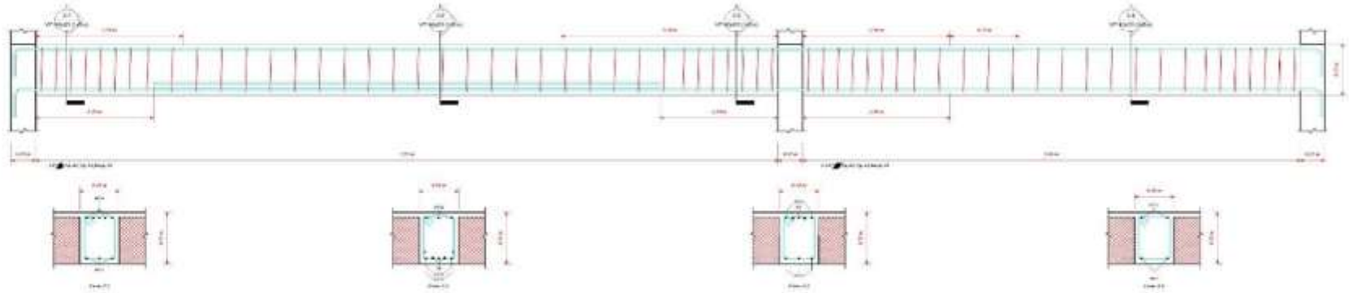
VCH 25x55 (2-Sot) – CLE con 0.00% de FA



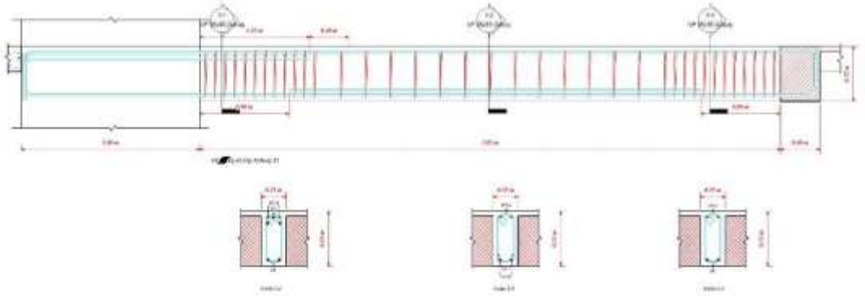
VCH 40x55 (1-Sot) – CLE con 0.00% de FA



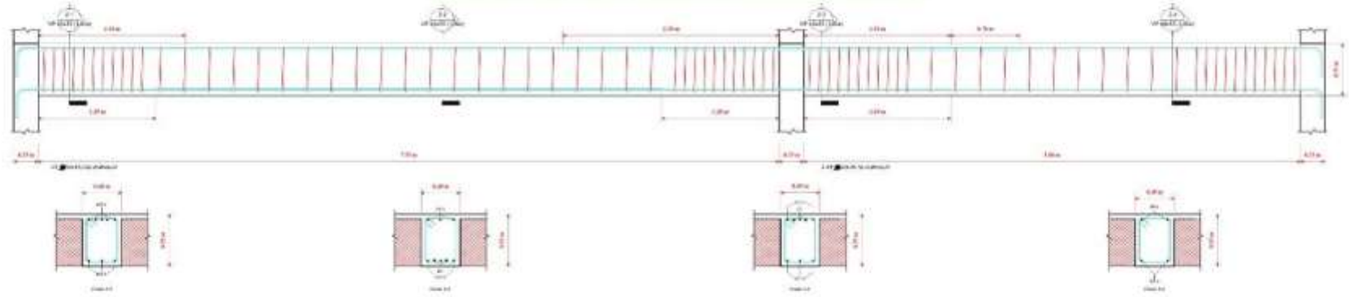
VCH 25x55 (2-Sot) – CLE con 0.75% de FA



VCH 40x55 (1-Sot) – CLE con 0.75% de FA



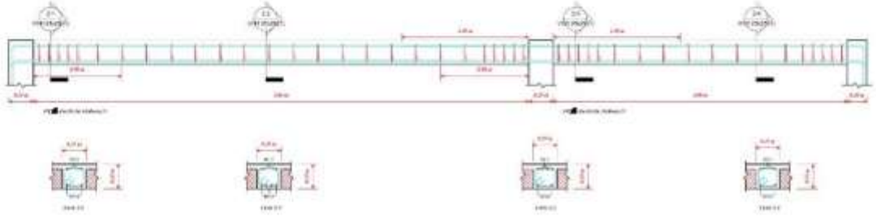
VCH 25x55 (2-Sot) – CLE con 1.25% de FA



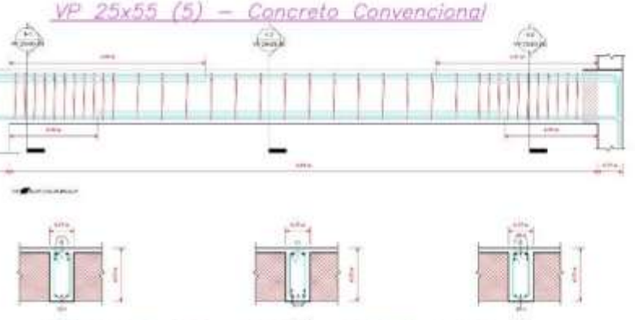
VCH 40x55 (1-Sot) – CLE con 1.25% de FA

VCH 25x25 (1) – Concreto Convencional

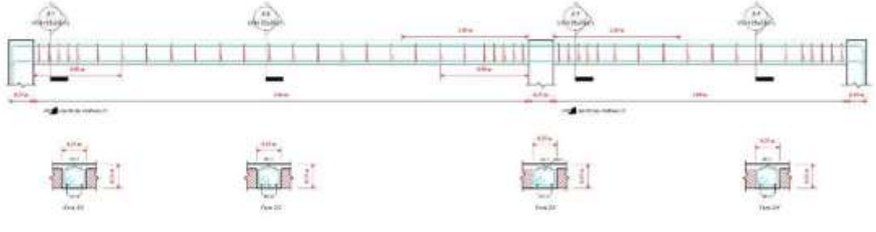
VP 25x55 (5) – Concreto Convencional



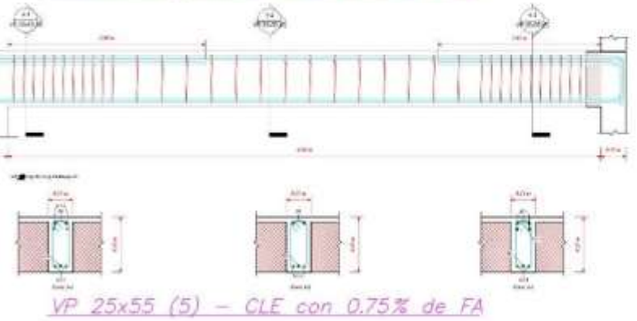
VCH 25x25 (1) – CLE con 0.00% de FA



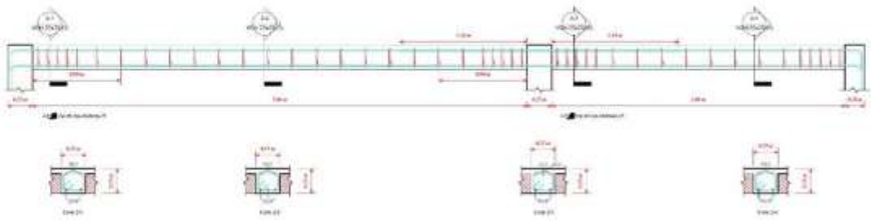
VP 25x55 (5) – CLE con 0.00% de FA



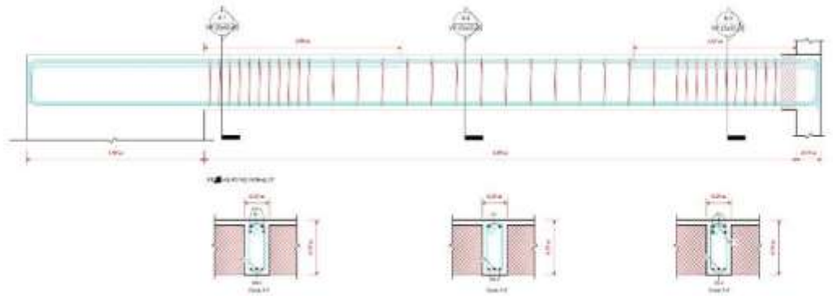
VCH 25x25 (1) – CLE con 0.75% de FA



VP 25x55 (5) – CLE con 0.75% de FA



VCH 25x25 (1) – CLE con 1.25% de FA



VP 25x55 (5) – CLE con 1.25% de FA