



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN
MULTIFAMILIAR RUTH, UBICADA EN EL DISTRITO DE
SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2019.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Karol Luisa Ramos Mendoza

Asesor:

Mg. Ing. Gerson Elias Vega Rivera

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi hijo Sebastián, quien es
el motor y motivo de mi superación.
A mis padres y a mi esposo por su
apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco
A Dios quien ilumina siempre
mi camino.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
Problema general	13
Problemas específicos	13
1.3. OBJETIVOS	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
1.4. HIPÓTESIS	15
Hipótesis general	15
Hipótesis específicas	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	16
2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	16
2.3. PROCEDIMIENTO	17
CAPÍTULO III: RESULTADOS	97
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	106
REFERENCIAS	109
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planos de estructura existente de la edificación, pisos 1, 2 y 3. Donde se observa los todos los elementos estructurales.	23
Figura 2: Pórtico eje 3 – B, C. Viga de .25x.40 del eje 3 – B, C apoyada en columnas de 0.25m. x 0.30m. en buen estado estructural.	24
Figura 3: Columna de .25 x .30m. en buen estado estructural, ubicación y medidas según plano existente.....	24
Figura 4: Cuadro de columnas de planos existentes y detalle de confinamiento	25
Figura 5: Ubicación de acero de columna C-4 de 4Ø5/8” según planos existentes.....	25
Figura 6: Ubicación de acero de columna C-3 de 6Ø1/2, corroborado con el cuadro de columnas en planos existentes.	26
Figura 7: Ubicación de acero de estribos en columna, detectado a cada .10m. como especifica en el cuadro de columnas.	26
Figura 8: Ubicación de acero de estribos en columna, detectado a cada .15m. como especifica en el cuadro de columnas.	27
Figura 9: Esclerómetro de Schmidt con el cual se realizó el ensayo.	28
Figura 10: Diagrama para calcular F’c una vez obtenido el numero promedio de rebote por columna.....	28
Figura 11: Espectro de aceleraciones en dirección X, introducido al Etabs.....	36
Figura 12: Espectro de aceleraciones en dirección Y, introducido al Etabs.	37
Figura 13: Modelo Estructural existente de la edificación multifamiliar Ruth de los tres pisos existentes a analizar sísmicamente.....	38
Figura 14: Modo 1 (T=0.48 seg.) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.	38
Figura 15: Modo 2 (T=0.16 seg.) Segundo modo de vibración, presenta torsión.	39
Figura 16: Modo 3 (T=0.12 seg.) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y.	39
Figura 17: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y)0.09cm; Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 2.46cm.....	40
Figura 18: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 4-A: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2	41
Figura 19: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 5-D: Dimensiones .25x.90; 12Ø5/8”	42
Figura 20: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 5-E: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2”	43
Figura 21: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 6-C: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”	44
Figura 22: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-A: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”	45
Figura 23: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-C: Dimensiones .25x.40; 6Ø5/8”	46
Figura 24: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-D: Dimensiones .25x.40; 6Ø5/8”	47
Figura 25: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-E: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”	48
Figura 26: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-A: Dimensiones .25x.30; 4Ø1/2”	49
Figura 27: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-C: Dimensiones .25x.40; 4Ø5/8”+2Ø1/2”	50

Figura 28: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-D: Dimensiones .25x.40; 4Ø5/8”+2Ø1/2”.....	51
Figura 29: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-E: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2”.....	52
Figura 30: Zapata existente más cargada para verificar de dimensiones de 1.20m x 2.10m.....	53
Figura 31: Planos de demolición, lo que se encuentra sombreado en la figura es lo que se demolerá, desde el eje 1 al 4 / A al E.	58
Figura 32: Propuesta de Sistema Dual. Ubicación en color rojo los elementos de concreto columnas y placas, y en celeste los de albañilería confinada muro de cabeza... 59	59
Figura 33: Encofrado 4° y 5° piso (ampliación) suben los mismos elementos estructurales que vienen del 1°, 2° y 3° piso.....	60
Figura 34: Cortante dinámico en ambos ejes.....	64
Figura 35: Espectro de aceleraciones en dirección X, el cual se ingresa al Etabs.....	67
Figura 36: Espectro de aceleraciones en dirección Y, el cual se ingresa al Etabs.....	67
Figura 37: Modelo Estructural de la edificación con el sistema estructural Dual de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural	68
Figura 38: Modo 1 (T=0.47 seg.) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.....	69
Figura 39: Modo 2 (T=0.20 seg.) Segundo modo de vibración, se desplaza en torsión.....	69
Figura 40: Modo 3 (T=0.15 seg.) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y.....	70
Figura 41: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y)0.24cm y Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 2.01cm.....	70
Figura 42: Propuesta de Sistema de Muros Estructurales, 1°, 2° y 3° piso. Se encerraron en rectángulos color rojo las placas propuestas para el eje X y en rectángulos color celeste las placas propuestas para el eje Y.....	71
Figura 43: Propuesta de Sistema de Muros Estructurales, 4° y 5° piso. Se encerraron en rectángulos color rojo las placas propuestas para el eje X y en rectángulos color celeste las placas propuestas para el eje Y.....	72
Figura 44: Cortante dinámico en ambos ejes.....	76
Figura 45: Espectro de aceleraciones en dirección X, el cual se ingresa al Etabs.....	79
Figura 46: Espectro de aceleraciones en dirección Y, el cual se ingresa al Etabs.....	80
Figura 47: Modelo Estructural con el sistema de Muros Estructurales de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural	81
Figura 48: Modo 1 (T=0.42 seg) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.....	81
Figura 49: Modo 2 (T=0.20 seg) Segundo modo de vibración, se desplaza en torsión... 82	82
Figura 50: Modo 3 (T=0.15 seg) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y.....	82
Figura 51: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y)0.20cm y Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 1.75cm.....	83
Figura 52: Peso de la edificación, carga muerta y carga viva y la sumatoria nos da con la siguiente expresión (100%CM+25%CV) el peso de la edificación es de 724 Ton.....	83
Figura 53: Cortante Basal Dinámico, en el eje X: $V_x - x = 111.72$ ton. Y el cortante basal dinámico en el eje Y: $V_y - y = 229.44$ ton.....	84

Figura 54: Verificación de cortante de diseño en el programa: $V_{x-x} = 135.85$ ton.;	
$V_y - y = 271.65$ ton.....	85
Figura 55: Vigueta Pretensadas en 3D y en Corte	86
Figura 56: Tipos de bovedilla, su peso promedio varía, según largo y peralte.	87
Figura 57: Acero Negativo (Balancín).....	87
Figura 58: Elementos que conforman un Tabique de Drywall.....	90
Figura 59: Modelo Estructural con el sistema de losa con viguetas pretensadas de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural	91
Figura 60: Carga Muerta (D) aplicada a las losas (Ton/m ²) correspondiente a las cargas asignadas a las losas, internamente el programa distribuye estas últimas a las vigas y estas a su vez a las columnas.	92
Figura 61: Carga Viva (L) aplicada a las losas (Ton/m ²). Sobrecargas asignadas a la estructura, correspondiente a las cargas asignadas a las losas, internamente el programa distribuye estas últimas a las vigas y estas a su vez a las columnas.	92
Figura 62: Modo 1 (T=0.38 seg) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.	93
Figura 63: Modo 2 (T=0.18 seg) Segundo modo de vibración, se desplaza en torsión... 93	
Figura 64: Modo 3 (T=0.14 seg) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y	94
Figura 65: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 1.60 cm; Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.22 cm.	94
Figura 66: Peso de la edificación, carga muerta y carga viva y la sumatoria nos da con la	95
Figura 67: Cortante Basal Dinámico en el eje X: $V_{x-x} = 103.67$ ton. Y el cortante basal dinámico en el eje Y: $V_y - y = 207.01$ ton.	95
Figura 68: Verificación de cortante de diseño en el programa: $V_{x-x} = 123.79$ ton.;	
$V_y - y = 247.58$ ton.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ensayo de Esclerometría de todas las Columnas</i>	29
Tabla 2. Muestra seleccionada de forma aleatoria	30
Tabla 3. Pruebas de Normalidad	31
Tabla 4. Resultado de Prueba de T-Student: Estadísticas para una muestra.....	32
Tabla 5. Prueba para una muestra: Valor de prueba=210	32
Tabla 6. Datos calculados de Columna Eje 4-A.....	41
Tabla 7. Datos calculados de Columna Eje 5-D.....	42
Tabla 8. Datos calculados de Columna Eje 5-E	43
Tabla 9. Datos calculados de Columna Eje 6-C.....	44
Tabla 10. Datos calculados de Columna Eje 7-A.....	45
Tabla 11. Datos calculados de Columna Eje 7-C.....	46
Tabla 12. Datos calculados de Columna Eje 7-D.....	47
Tabla 13. Datos calculados de Columna Eje 7-E	48
Tabla 14. Datos calculados de Columna Eje 8-A.....	49
Tabla 15. Datos calculados de Columna Eje 8-C.....	50
Tabla 16. Datos calculados de Columna Eje 8-D.....	51
Tabla 17. Datos calculados de Columna Eje 8-E	52
Tabla 18. Cargas y Momentos para Zapata de Placa Existente Eje 4-C	53
Tabla 19. Cortante que absorbe cada Placa.....	64
Tabla 20. Área de cada Muro para hacer la Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje X	65
Tabla 21. Área de cada elemento para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje Y	65
Tabla 22. Cortante que absorbe cada Placa.....	76
Tabla 23. Área de cada Placa para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje X	77
Tabla 24. Área de cada Placa para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje Y	78
Tabla 25. Cortantes de Diseño	84
Tabla 26. Tipos de Viguetas Pretensadas	86
Tabla 27. Cortantes de Diseño	96
Tabla 28. Resistencia de cada Columna obtenida con el Ensayo de Esclerometría.....	98
Tabla 29. Porcentaje de Capacidad que está utilizando cada Columna Existente	100

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado Reforzamiento Estructural de la vivienda multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019, se realizó con el objetivo de determinar si podrá soportar la ampliación de 2 niveles más.

Para dicha determinación se realizó una evaluación estructural de la vivienda existente para determinar el estado actual y si esta óptima para resistir una ampliación.

Se realizó la verificación de acero existente, verificación de elementos estructurales existentes tanto como vigas columnas y muros que estén conforme al diseño del plano existente. Se verificó la resistencia de todas las columnas existentes con ensayo de esclerometría, la densidad de muros, y se modeló la estructura existente para analizarla sísmicamente en base a los parámetros de la Norma E-030. Con el modelo realizado se elaboró la verificación de capacidad de carga de todas las columnas existentes y por último se verificó las dimensiones de la zapata existentes más cargada.

Para el reforzamiento se elaboró dos propuestas de sistemas estructurales: Sistema Dual y Sistema de Muros Estructurales. A fin de obtener un sistema adecuado para el reforzamiento, modelando ambos sistemas estructurales para analizarlos sísmicamente y siguiendo los requerimientos de la Norma de Sismorresistencia E.030.

Además, se propuso reducir el peso de la estructura con el sistema estructural elegido para reforzar, colocándole materiales no convencionales que son más ligeros que los convencionales. Al modelar nuevamente la estructura con los materiales no convencionales se tuvo una reducción de peso significativa. Con esta reducción del peso logramos que las zapatas existentes no necesiten reforzamiento.

Palabras claves: Reforzamiento, parámetros, sismorresistente, pórticos, muros, dual, muros estructurales, convencional, existente, esclerometría, verificación, capacidad, columnas, modelamiento, desplazamiento, modos de vibración, cortante.

ABSTRACT

This research project called Structural Reinforcement of Ruth multifamily housing, located in the district of Santiago de Surco, Lima 2019, was carried out with the objective of determining whether it can support the expansion of 2 more levels.

For this determination a structural evaluation of the existing housing was carried out to determine the current state and if it is optimal to resist an extension.

The verification of existing steel was performed, verification of existing structural elements as well as beams columns and walls that are in accordance with the design of the existing plan. The resistance of all the existing columns was verified with a sclerometry test, the wall density, and the existing structure was modeled for seismic analysis based on the parameters of Standard E-030. With the model carried out, the verification of the load capacity of all the existing columns was elaborated and finally the dimensions of the most loaded existing shoe were verified.

For the reinforcement two structural systems proposals were developed: Dual System and Structural Wall System. In order to obtain a suitable system for reinforcement, modeling both structural systems to analyze them seismically and following the requirements of the E.030 Seismic Resistance Standard.

In addition, it was proposed to reduce the weight of the structure with the structural system chosen to reinforce, placing unconventional materials that are lighter than conventional ones. When modeling the structure again with unconventional materials, there was a significant reduction in weight. With this reduction in weight we achieve that the existing shoes do not need reinforcement.

Keywords: Reinforcement, parameters, earthquake resistant, porches, walls, dual, structural walls, conventional, existing, sclerometry, verification, capacity, columns, modeling, displacement, vibration modes, shear.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El ingeniero Antonio Blanco en una conferencia dijo: La evolución de nuestra norma sismorresistente en el tiempo, es una clara evidencia de las carencias y dificultades que se tenía en el pasado para diseñar edificaciones resistentes a los sismos. Por tal razón, es menester promover estudios de evaluación de estructuras ya existentes, ya que, ante la ocurrencia eventual de un sismo, podrían traer consigo, daños irreparables. Y a pesar que hasta el día de hoy no se cuenta con la tecnología para predecir un sismo, los lineamientos dados en nuestra norma, brindan a las estructuras cierta tolerancia de seguridad, lo que se traduce como tiempo valioso y suficiente para poner a buen recaudo las vidas humanas (Conferencia ACI, 2011).

En Lima, el 70% de las viviendas son informales, según un estudio del instituto Capeco. A nivel nacional, esta cifra se puede elevar hasta 80%. De acuerdo con el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (Cismid), en las zonas periféricas de las ciudades, el nivel de informalidad en la construcción puede alcanzar el 90% incluso. (RPP Noticias, 2017)

Afirma con preocupación Felipe García Bedoya, director del Instituto Capeco, solo el 6% de autoconstrucción en Lima consulta a un profesional. Esto tiene consecuencias negativas. “Hoy vemos el abuso del ladrillo pandereta como si fuera estructural, cuando en realidad solo se debe usar para tabiquerías. No está hecho para soportar una edificación”, El también ingeniero cuestiona la deficiente elección de los materiales en la autoconstrucción: mal uso de los fierros en las columnas, mala calidad del cemento y peor mezcla, malas instalaciones eléctricas y redes sanitarias, y la lista continúa. (Capeco,2018)

Javier Piqué, titular del sector, informó sobre las normas que se deben seguir para el reforzamiento antisísmico en la construcción de las viviendas. Entre las pautas, se encuentran el refuerzo de columnas, uso de bloques de concreto en los muros, intercalar los ladrillos de construcción, colocar el refuerzo en los orificios de los ladrillos o en las esquinas de los muros. (Ministerio de Vivienda, 2018)

En el libro de Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado, nos dice: El problema del diseño sismorresistente es único en muchos aspectos, un gran sismo produce fuerzas de inercia que son muy superiores a la carga más severa que ha de soportar la estructura durante su vida útil, sin embargo, sólo existe una pequeña probabilidad de que esta carga ocurra, y más aún en el caso que ocurra, la duración de esta carga es pequeña. El diseño ya no resulta ser un cálculo matemático exacto sino un arte, en el cual los números sirven en forma relativa, interesando más los conceptos de comportamiento y los tipos de falla que los cálculos “exactos”. En regiones sísmicas es de gran importancia que la forma estructural esté orientada hacia un buen comportamiento sísmico; en este objetivo tanto arquitectos como ingenieros deben actuar en forma coordinada ya que, un ingeniero estructural no podrá hacer que una forma estructural pobre se comporte satisfactoriamente durante un sismo. (Blanco, 2011)

Es así que nace el proyecto de reforzamiento Estructural de la vivienda Ruth, en vista de la incertidumbre del comportamiento de la edificación ante un sismo; si se encuentra la edificación en buen estado estructural y ante la necesidad de ampliar dos niveles más y remodelar la edificación.

La presente tesis busca dar aporte, al buscar alternativas de reforzamiento, encontrar el elemento estructural más importante en un reforzamiento y así este elemento estructural pueda replicarse en cualquier otra edificación que necesite reforzarse en la ciudad de Lima, de similares características a nuestro proyecto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

La edificación Multifamiliar Ruth podrá soportar la ampliación de 2 niveles más, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

Problemas específicos

- **Problema específico 1**

¿Cuál es el estado estructural actual de la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019?

- **Problema específico 2**

¿Cuál es el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más en la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019?

- **Problema específico 3**

¿Cómo mejorar el sistema estructural actual utilizando materiales no convencionales para soportar 2 niveles más en la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019?

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si la edificación Multifamiliar Ruth, podrá soportar la ampliación de 2 niveles más, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1**

Determinar el estado actual de las estructuras de la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

- **Objetivo específico 2**

Determinar el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más, en la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

- **Objetivo específico 3**

Determinar que materiales no convencionales optimizarán el comportamiento estructural actual para soportar 2 niveles más, en la edificación Multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

1.4. HIPÓTESIS

Hipótesis general

Las estructuras actuales de la edificación Multifamiliar Ruth, soportarán la ampliación de 2 niveles más, siendo reforzadas con nuevos elementos estructurales.

Hipótesis específicas

- **Hipótesis específica 1**

El estado estructural actual de las estructuras de la edificación Multifamiliar Ruth, se determinará mediante el ensayo de esclerometría, verificación de capacidad de cargas de las columnas y modelamiento de la estructura existente siguiendo los requerimientos de la Norma E-030 y E-070.

- **Hipótesis específica 2**

El sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más en la edificación Multifamiliar Ruth, se determinará mediante el modelamiento en diferentes sistemas estructurales, siguiendo los requerimientos de la Norma E-030 y E-070.

- **Hipótesis específica 3**

El material no convencional que optimizará el comportamiento estructural actual para reducir las cargas de los 2 niveles más en la edificación Multifamiliar Ruth, son determinados mediante el modelamiento cambiando las cargas de los materiales convencionales por las de los no convencionales.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el diseño de investigación es descriptiva. De acuerdo a los datos el presente trabajo analiza el comportamiento de las estructuras para buscar las alternativas de sistemas estructurales para reforzamiento y ampliación.

2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la evaluación y diagnóstico del estado actual de la estructura existente de la edificación se utilizó:

- Detector de acero para localizar acero en los elementos estructurales existentes
- Software Etabs para el modelamiento y análisis sísmico.
- Norma E-070 para verificación de densidad de muros existentes.
- Norma E-030 para definir los parámetros del análisis sismorresistente.
- Norma E-020 para determinar las cargas.
- Norma E-060 para evaluación de elementos existentes.
- Planos existentes.
- Esclerómetro para determinar $f'c$ de columnas existentes.

Para determinar el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura y que soporte la ampliación de 2 niveles más la edificación multifamiliar Ruth, se utilizó:

- Planos en Autocad de estructuras existente.
- Planos de arquitectura.
- Resultados de la evaluación y diagnóstico del estado actual de la estructura.
- Capacidad portante del suelo (EMS)
- Software Etabs para el modelamiento.
- Hojas de cálculo Excel.

- Norma E-030 para el modelamiento y análisis del reforzamiento.
- Norma E-070 para verificación de densidad de muros.
- Norma E-020 para determinar las cargas.
- Norma E-050 parámetros de suelos.

Para optimizar el comportamiento estructural con materiales no convencionales se utilizó:

- Norma E-020 para comparar los pesos de los materiales convencionales versus los materiales no convencionales.
- Modelamiento en software Etabs para el análisis estructural de optimización de comportamiento estructural con propuestas de materiales no convencionales.
- Norma E-030 para verificar que los desplazamientos máximos permitidos.

2.3. PROCEDIMIENTO

Para el caso del **objetivo específico 1** se determina el estado estructural actual de la edificación multifamiliar Ruth ubicada en Santiago de Surco, 2019, realizando las siguientes actividades:

- Visita del predio y levantamiento de información de elementos estructurales
- Ensayo de esclerometría mediante esclerómetro de todas las columnas.
- Comparación de $f'c$ obtenido de todas las columnas versus $f'c$ de diseño.
- Verificación de capacidad de columnas existentes.
- Verificación de densidad mínima de muros portantes en cada dirección, requerida en la norma de albañilería E-070.

- Verificación de dimensiones de zapatas existentes según la carga aumentada por la ampliación de 2 niveles más.
- Modelamiento de la estructura en software Etabs con parámetros de la norma Sismorresistente E-030.

Un diagnóstico estructural trata de un estudio técnico cuyo objetivo es verificar la estabilidad y resistencia mecánica de la edificación y cumpla con los requisitos exigidos por la normativa vigente.

- **Resistencia**

Según Zavaleta (2019) La resistencia de las columnas está directamente asociada a la resistencia del concreto y el acero, componentes que definirán el periodo de vida útil en una edificación. La resistencia del concreto es determinante para el desarrollo constructivo de una edificación, el análisis de su resistencia generalmente es medida a compresión ya que a tracción su aporte es bajo.

- **Columnas**

Son aquellos elementos verticales que soportan fuerzas de compresión y flexión, encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación.

Según el capítulo 8.8 de la norma de concreto armado E-060, las columnas se deben diseñar para resistir las fuerzas axiales que provienen de las cargas amplificadas de todos los pisos, y el momento máximo debido a las cargas amplificadas, considerando la carga viva actuando en solo uno de los tramos adyacentes del piso o techo bajo consideración.

- **Muros portantes**

Según la norma de Albañilería E-070, en el artículo 6.4: Muros portantes: Los muros portantes deberán tener: Una sección transversal preferentemente simétrica, continuidad

vertical hasta la cimentación, una longitud mayor ó igual a 1.20m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales, longitudes preferentemente uniformes en cada dirección, juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos.

- **Etabs**

Es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Proporciona un conjunto de herramientas para ingenieros de estructuras que modelan y dimensionan edificios – tanto edificios industriales de un piso, como también torres de varios pisos.

- **Zonificación**

Según las Norma E-030, Artículo 2.1; La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Actualmente tenemos 4 zonas, a cada una de estas se le asigna un factor. Este representa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de ser excedida de 10% en 50 años de exposición.

- **Factor de Uso**

Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N°5 de la norma E-030 artículo 12, el factor de uso o importancia (U)

- **Parámetros de sitio**

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Según la Norma E-030, artículo 2.4; Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T_p y T_L , dados en las tablas N°3 y N°4 (Revisar tablas en artículo 2.4 Parámetros de sitio)

• Factor de Amplificación Sísmica

Según la Norma E-030, artículo 2.5; De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad \rightarrow \quad C = 2.50$$

$$T_p < T < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.50 (T_p / T)$$

$$T > T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.50 (T_p \times T_L) / T^2$$

T es el período fundamental de vibración, se define por la siguiente fórmula:

$$T = h_n / C_T$$

Dónde:

h_n = altura del edificio

C_T = factor definido por el tipo de estructura

• Categoría de las edificaciones

Cada estructura es clasificada acorde a las categorías indicadas en la Tabla N°5 de la norma E.030.

• Factor de Uso

El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N°5 indicado en la Norma E-030, se usará según la clasificación que se haga.

• Pórticos

Según las Norma E-030, Artículo 3.2.1; Por los menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tenga muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo a su rigidez.

• Irregularidad en planta: esquinas entrantes

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

• Estructuras regulares

Son las que, en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las tablas N°8 y N°9 del artículo 16 de la norma E-030. En estos casos, el factor $L_p = 1.00$.

• Sistemas estructurales y Coeficiente de Reducción

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la tabla N°7 del artículo 15 de la norma E-030

En el artículo 19 de la norma E-030; El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina del producto del coeficiente R_o determinando a partir de la tabla N° 7 ya mencionada del artículo 15 de la misma norma y de los factores L_a y L_p .

$$R = R_o \times L_a \times L_p$$

Para la evaluación de la resistencia de estructuras existentes, según el artículo 20.1.1 de la Norma E-060 indica si existen dudas respecto de la seguridad de una estructura o de alguno de sus elementos o si se necesita información acerca de la capacidad de carga de una estructura en servicio para fijar sus límites de carga, se podrá efectuar una evaluación de la resistencia estructural ya sea por análisis, empleando pruebas de carga o por combinación de ambos procedimientos.

Teniendo planos existentes de la edificación se realizó una visita al predio para una inspección visual de elementos estructurales, verificación de la resistencia a la compresión de las columnas y ubicación y tamaño de las barras de refuerzo.

La estructura ha sido construida hace 11 años (año 2008). Se elaboró un expediente por arquitectos e ingenieros el cual fue aprobado por el municipio de Santiago de Surco.

La construcción estuvo a cargo del residente de obra, un ingeniero civil, el cual respetó el expediente y sus especificaciones técnicas y así obtuvo la conformidad de obra.

Se corroboró que todos los elementos estructurales diseñados en los planos estén presentes en la edificación existente.

Teniendo columnas de dimensiones .25x.25, .25x.30, .25x.40 y .25x.95 tanto en el primero, segundo y tercer piso, en buen estado estructural.

Vigas peraltas de dimensiones .25x.40 apoyadas en columnas, en el primero, segundo y tercer piso en buen estado estructural.

Losas aligeradas de espesor de 0.20m del eje 4 al 8 / A al E en dirección horizontal apoyadas en muros de albañilería en buen estado sin fisuras. Losas aligeradas de espesor de 0.20m del eje 2 al 4 / A al E en dirección vertical en buen estado sin fisuras apoyadas en vigas peraltadas en buen estado estructural.

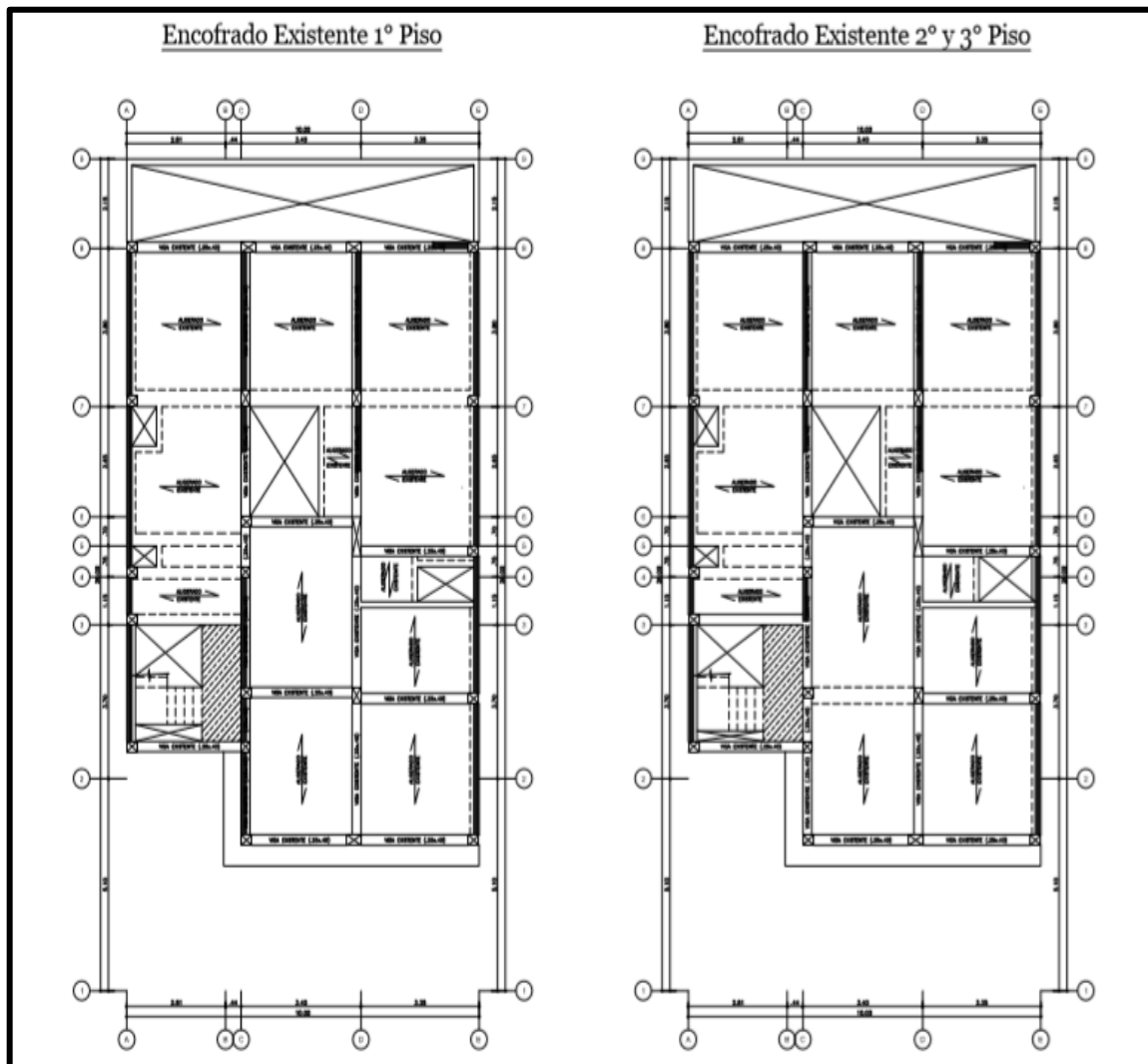


Figura 1. Planos de estructura existente de la edificación, pisos 1, 2 y 3. Donde se observa los todos los elementos estructurales.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Pórtico eje 3 – B, C. Viga de .25x.40 del eje 3 – B, C apoyada en columnas de 0.25m. x 0.30m. en buen estado estructural.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Columna de .25 x .30m. en buen estado estructural, ubicación y medidas según plano existente.

Fuente: Elaboración propia

Verificación del acero de refuerzo, según el artículo 20.2.2 de la Norma E-060 La ubicación y tamaño de las barras de refuerzo, refuerzo electro soldado de alambre o tendones deben determinarse a través de mediciones. Para la ubicación del refuerzo se pueden utilizar los planos disponibles siempre que se realicen verificaciones puntuales para confirmar la información de los planos.

CUADRO DE COLUMNAS				
C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5
6 \varnothing 5/8"	4 \varnothing 5/8" + 2 \varnothing 1/2"	6 \varnothing 1/2"	4 \varnothing 5/8"	4 \varnothing 5/8"
\square \varnothing 3/8" 1@ 0.05, 4@ 0.10 \square \varnothing 0.15, RESTO @ 0.20	\square \varnothing 3/8" 1@ 0.05, 4@ 0.10 \square \varnothing 0.15, RESTO @ 0.20	\square \varnothing 3/8" 1@ 0.05, 4@ 0.10 \square \varnothing 0.15, RESTO @ 0.20	\square \varnothing 3/8" 1@ 0.05, 4@ 0.10 \square \varnothing 0.15, RESTO @ 0.20	\square \varnothing 3/8" 1@ 0.05, 4@ 0.10 \square \varnothing 0.15, RESTO @ 0.20
0.15				

Figura 4: Cuadro de columnas de planos existentes y detalle de confinamiento

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Ubicación de acero de columna C-4 de 4 \varnothing 5/8" según planos existentes

Fuente: Elaboración propia

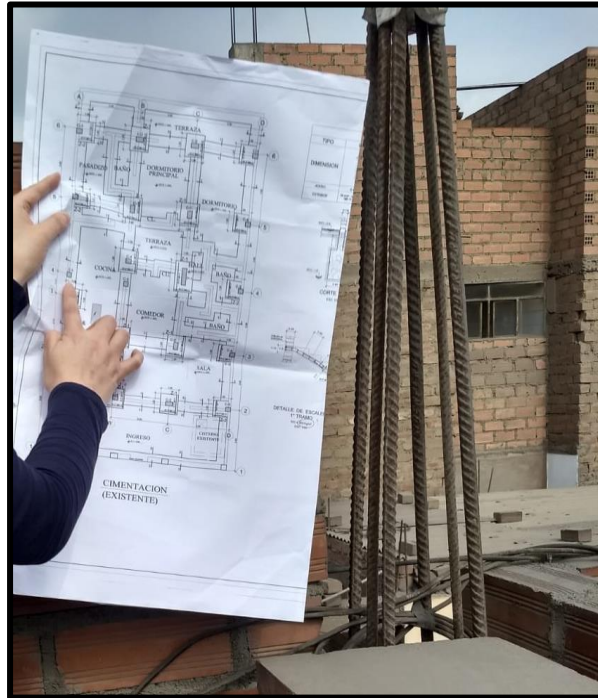


Figura 6: Ubicación de acero de columna C-3 de 6Ø1/2, corroborado con el cuadro de columnas en planos existentes.

Fuente: Elaboración propia

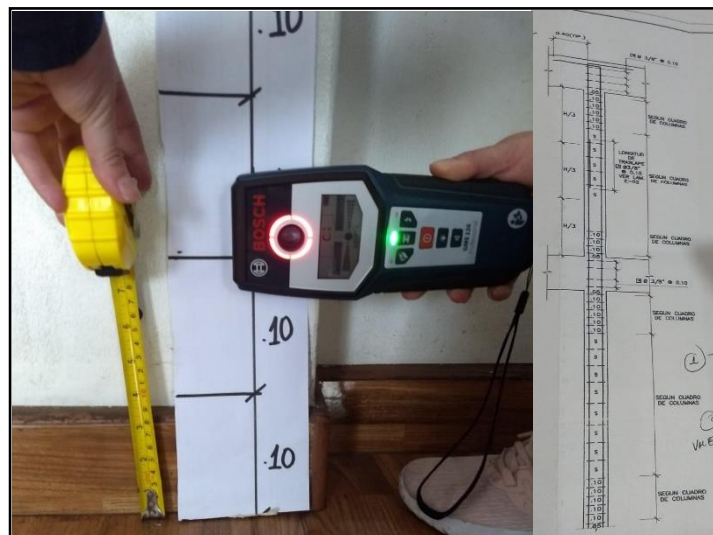


Figura 7: Ubicación de acero de estribos en columna, detectado a cada .10m. como especifica en el cuadro de columnas.

Fuente: Elaboración propia

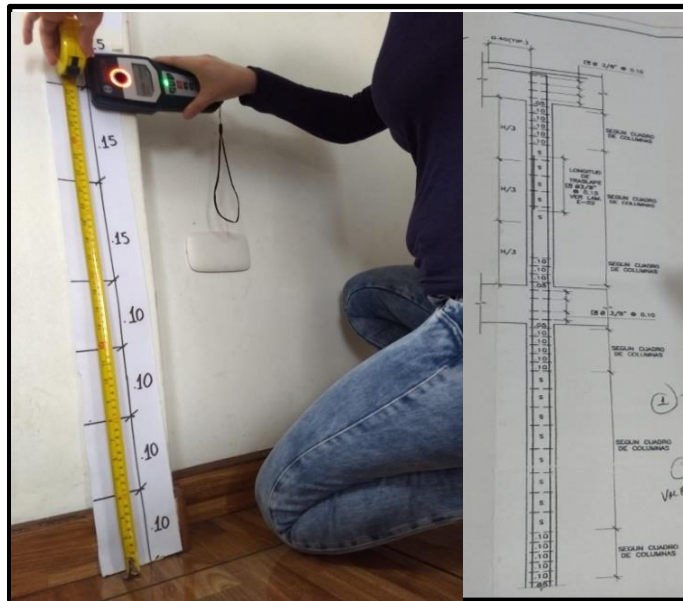


Figura 8: Ubicación de acero de estribos en columna, detectado a cada .15m. como especifica en el cuadro de columnas.

Fuente: Elaboración propia

Los muros portantes fueron verificados con la información tomada de la visita al predio y los planos existentes según la Norma de Albañilería E-070 en el artículo 7.1.2 estructuración en planta: Densidad mínima de muros reforzados. La densidad mínima de muros portantes en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Realizamos la verificación de densidad mínima de muros en dirección “Y”. No se realizó en el eje “X” porque no se tiene ningún muro en esa dirección.

Verificación en dirección “Y”

$$\frac{37.5 \times 0.15}{142.44} \geq \frac{0.45 \times 1 \times 1.10 \times 3}{56}$$

$$0.04 > 0.02$$

Para la verificación de resistencia del concreto se realizó el ensayo de esclerometría en todas las columnas. Este ensayo no destructivo permite evaluar la calidad del concreto en elementos de concreto armado. Este ensayo utiliza el esclerómetro de Schmidt, que mide la dureza superficial del concreto a partir del rebote de una masa incidente después de impactar contra la superficie de estudio. Este rebote es entonces convertido en un valor de resistencia a compresión.



Figura 9: Esclerómetro de Schmidt con el cual se realizó el ensayo.
Fuente: Elaboración propia

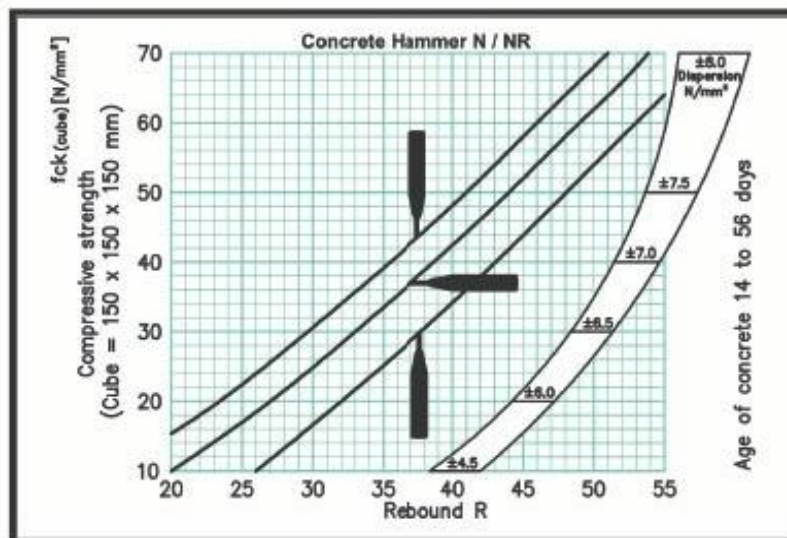


Figura 10: Diagrama para calcular F'_c una vez obtenido el número promedio de rebote por columna.
Fuente: Slideshare

Tabla 1.
Ensayo de Esclerometría de todas las Columnas

Col.	Promedio	F'c (N/mm ²)	F'c(Kg/cm ²)	Factor de corrección	F'c(Kg/cm ²) real
1	33.33	30.47	310.71	0.70	217.50
2	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
3	34.33	32.14	327.76	0.70	229.43
4	36.00	34.93	356.16	0.70	249.31
5	34.17	31.86	324.92	0.70	227.44
6	33.83	31.31	319.23	0.70	223.46
7	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
8	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
9	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
10	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
11	31.83	27.96	285.15	0.70	199.60
12	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
13	36.17	35.21	359.00	0.70	251.30
14	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
15	31.67	27.68	282.31	0.70	197.61
16	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
17	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
18	36.00	34.93	356.16	0.70	249.31
19	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
20	34.33	32.14	327.76	0.70	229.43
21	33.33	30.47	310.71	0.70	217.50
22	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
23	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
24	32.17	28.52	290.83	0.70	203.58
25	31.83	27.96	285.15	0.70	199.60
26	33.50	30.75	313.55	0.70	219.49
27	34.17	31.86	324.92	0.70	227.44
28	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
29	32.83	29.63	302.19	0.70	211.53
30	32.33	28.80	293.67	0.70	205.57
31	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
32	36.17	35.21	359.00	0.70	251.30
33	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
34	33.83	31.31	319.23	0.70	223.46
35	31.17	26.85	273.78	0.70	191.65
36	33.50	30.75	313.55	0.70	219.49

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se observa las resistencias obtenidas con el esclerómetro, a la cual se le aplica un factor de corrección y obtenemos la resistencia real.

Elaboramos un análisis estadístico inferencial con los resultados de las resistencias a la compresión de todos los pisos obtenidos en el ensayo de esclerometría para determinar si existe una diferencia significativa positiva entre la media de estos valores y el valor de la resistencia de diseño.

- **Muestra**

Del total de 36 columnas tomaremos una muestra no probabilística de 12 columnas seleccionadas de forma aleatoria simple para probar la prueba de hipótesis estadística.

Tabla 2.

Muestra seleccionada de forma aleatoria

Columna	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	217,50	233,41	199,60
2	249,31	215,51	227,44
3	221,48	229,43	211,53
4	235,39	203,58	219,49

Fuente: Elaboración propia

Se elabora una Hipótesis Estadística:

- ✓ Hipótesis Nula H_0 : No existe una diferencia significativa positiva entre las medias de las Resistencias a la compresión de las columnas de la edificación multifamiliar Ruth y el valor de diseño.

$$\mu_{fc} (\text{Edificación}) \leq \mu_{fc} (\text{Diseño})$$

- ✓ Hipótesis Alterna H_a : Existe una diferencia significativa positiva entre las medias de las Resistencias a la compresión de las columnas de la edificación multifamiliar Ruth y el valor de diseño.

$$\mu_{fc} (\text{Edificación}) > \mu_{fc} (\text{Diseño})$$

Consideraciones de la prueba: Para esta prueba debido a que la muestra es pequeña ($12 < 30$), el estudio es de tipo observacional y donde la variable resistencia a la compresión es numérica, entonces aplicaremos la prueba estadística T-Student para la media de una muestra.

Decisión: Como criterio para aceptar o rechazar las Hipótesis estadística, usaremos un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$ y se comparará con el p-valor (valor de significancia de la prueba estadística)

Si: $p\text{-valor} \geq \alpha = 0.05$ entonces se decide aceptar H_0 , caso contrario se rechaza H_0 y se acepta H_a .

Para aplicar la prueba T-Student para la media de una muestra se tiene que corroborar primero el supuesto de normalidad, esto es los datos provienen de una distribución normal.

Prueba de Normalidad: Probaremos que los datos tienen una distribución normal, para esto usaremos el programa estadístico IBM SPSS V.25, utilizando la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño de las muestras es 12 (menor a 30) y los datos son numéricos.

H_0 : Los valores de las resistencias tienen una distribución Normal.

H_a : Los valores de las resistencias no tienen una distribución Normal.

Tabla 3.

Pruebas de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fuerza Compresión	,143	12	,200*	,970	12	,912

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra los resultados de la prueba de normalidad, donde el p-valor de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a 0.05:

- Como p-valor Sig. = 0.912 > 0.05 entonces aceptamos H_0

Por lo tanto, concluimos que los datos de las resistencias a la compresión provienen de una distribución normal.

Una vez probado la prueba de normalidad, continuamos a realizar la prueba T Student para la media en el programa estadístico SPSS V.25

Tabla 4.

Resultado de Prueba de T-Student: Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Fuerza Compresión	12	223,4637	13,27119	3,83106

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 Podemos observar que la media de la muestra es de 233.46 kg/cm² y es superior al diseño de 210 y con los resultados del siguiente cuadro concluiremos si es significativo o no.

Tabla 5.

Prueba para una muestra: Valor de prueba=210

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Fuerza Compresión	3,514	11	,005	13,46372	5,0316	21,8958

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 los resultados de la prueba indica que el p-valor Sig. (bilateral) = 0.005 < 0.05 por lo que rechazamos H_0 .

Modelamos en el software Etabs la estructura existente con los parámetros de la Norma Sismorresistente E-030, según el artículo 3 de la misma: **Ámbito de aplicación:** Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras dañadas por la acción de los sismos.

Los materiales que conforman la estructura y las especificaciones de los mismos se muestran a continuación:

✓ Características de los materiales

Albañilería Confinada:

- Resistencia a Compresión Axial de las Unidades $f^b = 145\text{Kg/cm}^2$
- Resistencia a Compresión Axial en Pilas $f^m = 65\text{Kg/cm}^2$
- Resistencia al Corte en Muretes $v^m = 8.1\text{Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad $E_m = 500 f^m$ $E_m = 32,500\text{kg/cm}^2$
- Módulo de Corte: $G_m = 0.4E_m$ $G_m = 13,000\text{kg/cm}^2$

Concreto Armado:

- Resistencia del concreto $f^c = 210\text{Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del concreto $E = 217370 \text{ Kg/cm}^2 (15000 \sqrt{f^c})$
- Coeficiente de Poisson: 0.20
- Módulo de Corte: 905711 Ton/m^2

Acero de Refuerzo:

- Resistencia a la fluencia del acero $f^y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Las cargas de diseño se muestran a continuación:

✓ Cargas por peso propio (D):

Son cargas provenientes del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, y otros elementos que forman parte de la edificación y que son consideradas permanentes.

- Peso propio elementos de concreto armado = 2400 Kg/m³
- Peso propio de losa aligerada (h=20cms) = 300 Kg/m²
- Peso propio piso terminado = 100 Kg/m²
- Peso de tabiquería existente = 150 Kg/m²
- ✓ Cargas vivas (L):

Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.

- Sobrecarga de primer piso = 150 Kg/m²
- ✓ Cargas producidas por sismo (EQ):

Son las cargas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

- Según Norma Peruana de Estructuras Sa =
$$\frac{Z*U*C*S*g}{R}$$

Debido a la localización geográfica de la estructura, uso destinado, tipo del suelo en que se encuentra, y forma de estructuración, se determinan los parámetros sísmicos necesarios. Estos parámetros considerados para el diseño sismorresistente, según la norma E030, son:

- ✓ Zonificación

La zona en la que está ubicado el proyecto (Surco - Lima) corresponde a la zona 4, correspondiéndole un factor de **Z = 0.45**.

- ✓ Factor de uso

Edificaciones comunes tales como viviendas factor **U = 1.0**.

✓ Parámetros de sitio

Según EMS tenemos un tipo de suelo rígido (S1), por lo que para efectos de la evaluación se considerara el factor de suelo $S1 = 1.00$, un periodo de suelo $T_p = 0.40$ seg y $T_L = 2.50$.

✓ Factor de Amplificación Sísmica

Para la presente tesis se realizó el siguiente procedimiento para obtener el factor C.

$$h_n = 8.10\text{m}$$

CT = 35 (Pórticos de concreto armado sin muros de corte)

$$T = 8.10/35 \rightarrow T = 0.23\text{s} < T_p = 0.40\text{s}$$

Entonces el factor C estará definido por:

$$\rightarrow C = 2.50 \quad \rightarrow \quad (\text{Análisis estático}).$$

✓ Irregularidad en planta

Se realizó la verificación:

Esquina entrante en el eje X = 2.75; medida horizontal del terreno = 10m.

$$\frac{2.75}{10} \times 100\% = 27.5\% > 20\%$$

Esquina entrante en el eje Y = 2.75; medida vertical del terreno = 15m.

$$\frac{2.75}{15} \times 100\% = 18.3\% < 20\%$$

A no haber irregularidad en ambas direcciones se considera una estructura regular y se toma el factor **$L_p = 1.00$** .

• Sistemas estructurales y coeficiente de reducción

$R_{x0} = 8.00$ (Sistema de pórticos), $R_{y0} = 3.00$ (Sistema de albañilería confinada)

$$R_x = R_{x0} \times L_a \times L_p = 8.00 \times 1.00 \times 1.00 \Rightarrow R_x = 8.00,$$

$$R_y = R_{y0} \times L_a \times L_p = 3.00 \times 1.00 \times 1.00 \Rightarrow R_y = 3.00.$$

Para el análisis dinámico se utilizará un espectro de pseudo-aceleraciones. Donde:

$$Z = 0.45 \text{ (Zona 4 – Lima)}$$

$$U = 1.00 \text{ (Categoría C: Edificación común)}$$

$$S = 1.00 \text{ (} T_p = 0.4 \text{)}$$

$$g = 9.81 \text{ (Aceleración de la gravedad m/s}^2\text{)}$$

$$C = 2.50 \times (T_p / T)$$

$$R_x = 8.00 \text{ (Sistema de Pórticos)}$$

$$R_y = 3.00 \text{ (Sistema de Albañilería Confinada)}$$

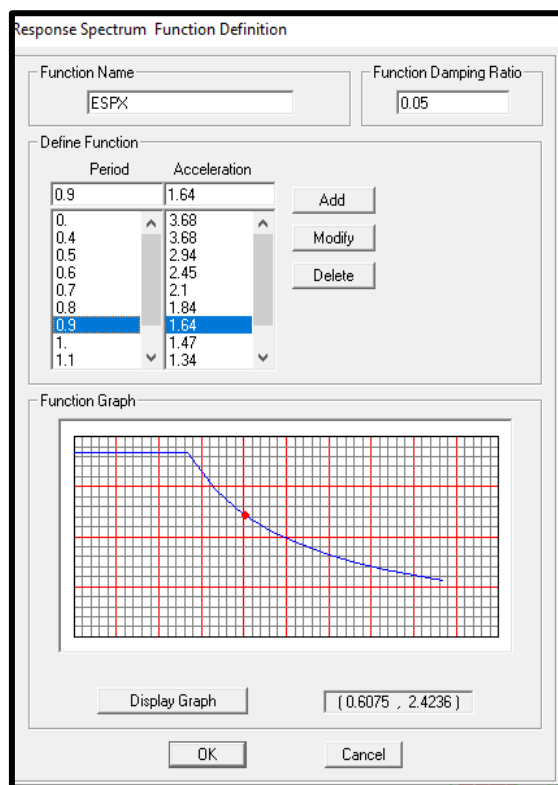


Figura 11: Espectro de aceleraciones en dirección X, introducido al Etabs.

Fuente: Elaboración propia

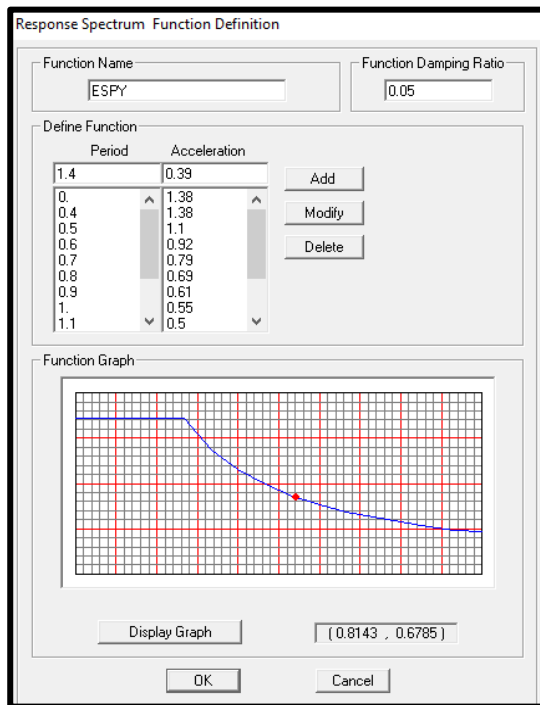


Figura 12: Espectro de aceleraciones en dirección Y, introducido al Etabs.
Fuente: Elaboración propia

Introducción de datos al Etabs:

✓ Combinaciones de cargas empleadas

Las combinaciones de cargas usadas para la verificación de los elementos de concreto de la estructura son las siguientes:

Para elementos de concreto armado:

COMB1: 1.40D + 1.70L

COMB2, 3: 1.25D + 1.25L ±SX

COMB4, 5: 1.25D + 1.25L ±SY

COMB6, 7: 0.90D ±SX

COMB8, 9: 0.90D ±SY

Dónde:

D: Carga permanente, L: Carga viva, EQ: Sismo.

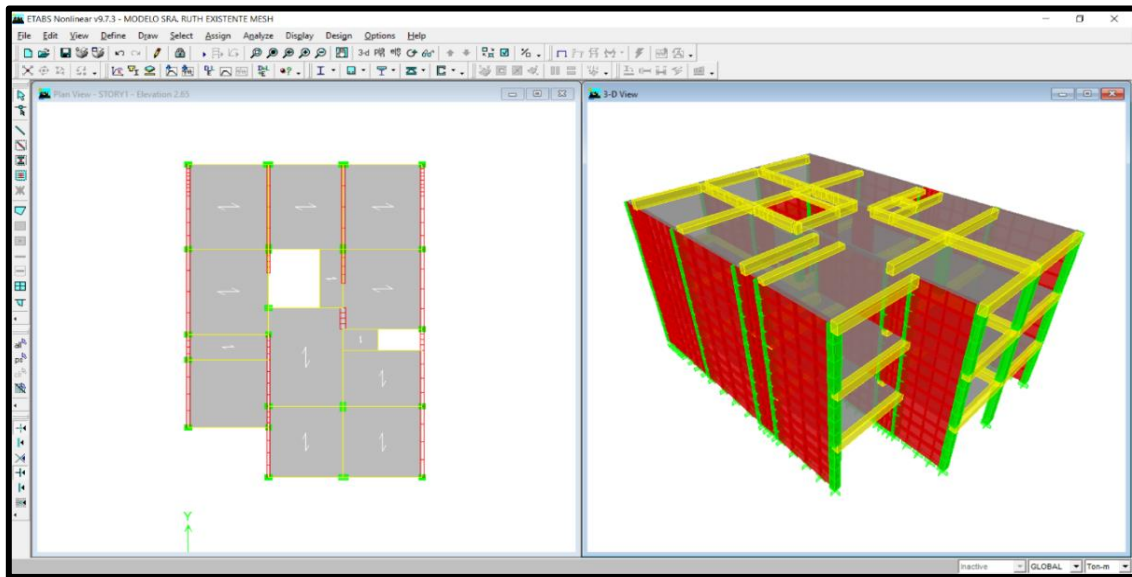


Figura 13: Modelo Estructural existente de la edificación multifamiliar Ruth de los tres pisos existentes a analizar sísmicamente.
Fuente: Elaboración propia

Analizando los modos de vibración de la estructura. Se consideraron el aporte de todos los modos de vibración (3xpiso).

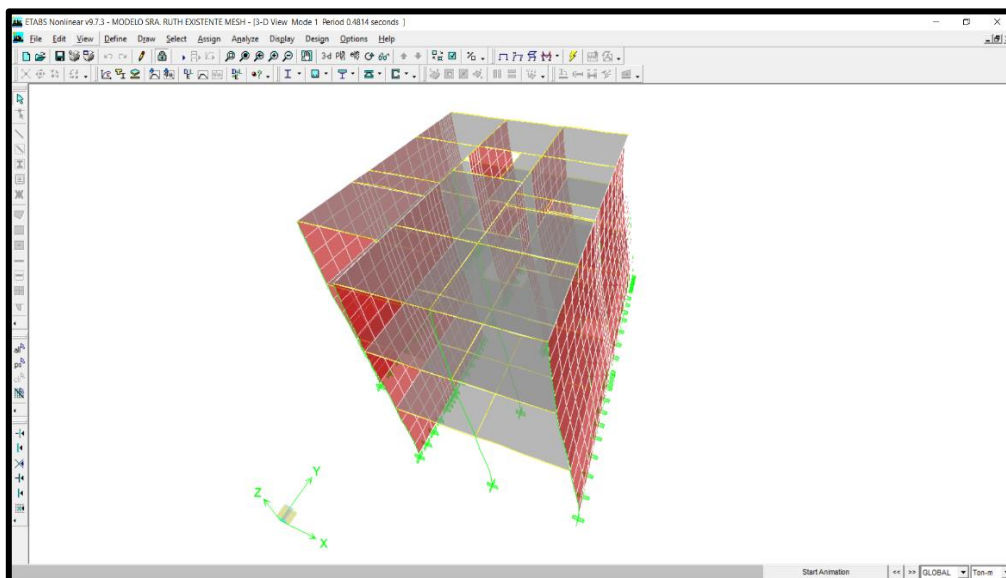


Figura 14: Modo 1 (T=0.48 seg.) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.
Fuente: Elaboración propia

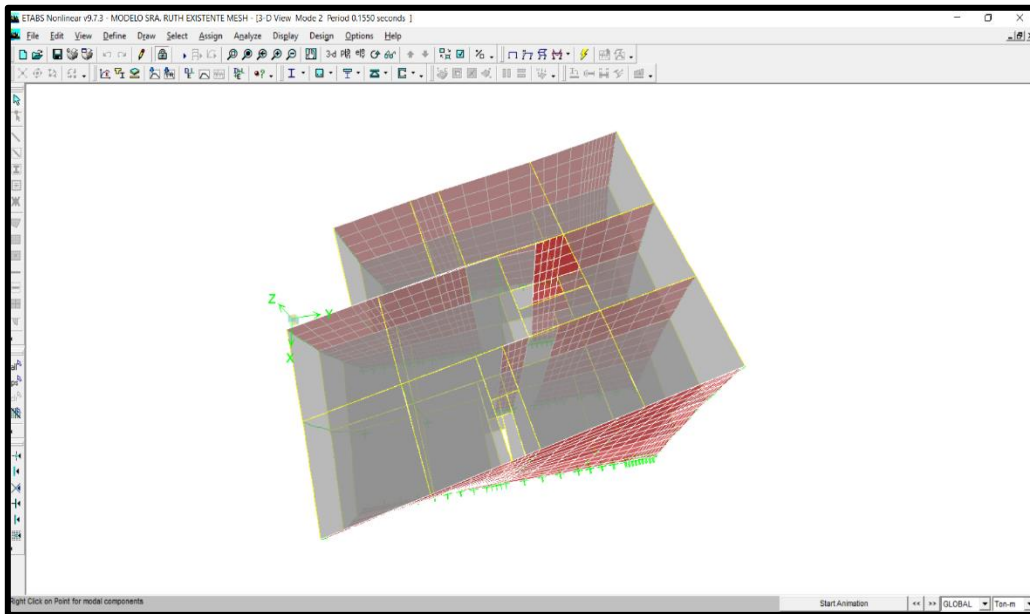


Figura 15: Modo 2 (T=0.16 seg.) Segundo modo de vibración, presenta torsión.
Fuente: Elaboración propia

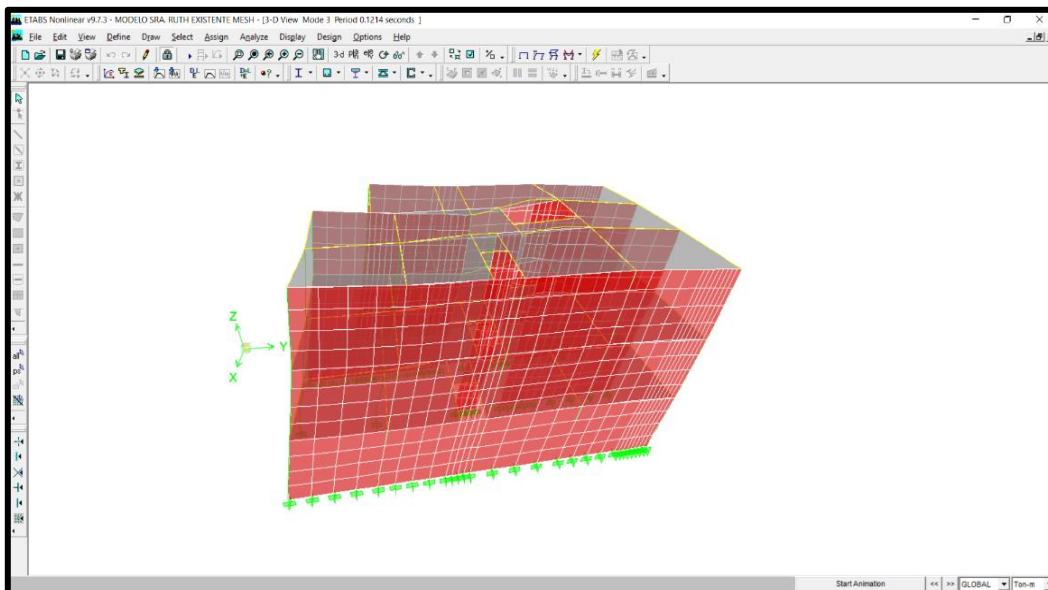


Figura 16: Modo 3 (T=0.12 seg.) Tercer modo de vibración, se desplaza en
dirección Y.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se verifica los desplazamientos máximos obtenidos en relación a los valores máximos permisibles de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

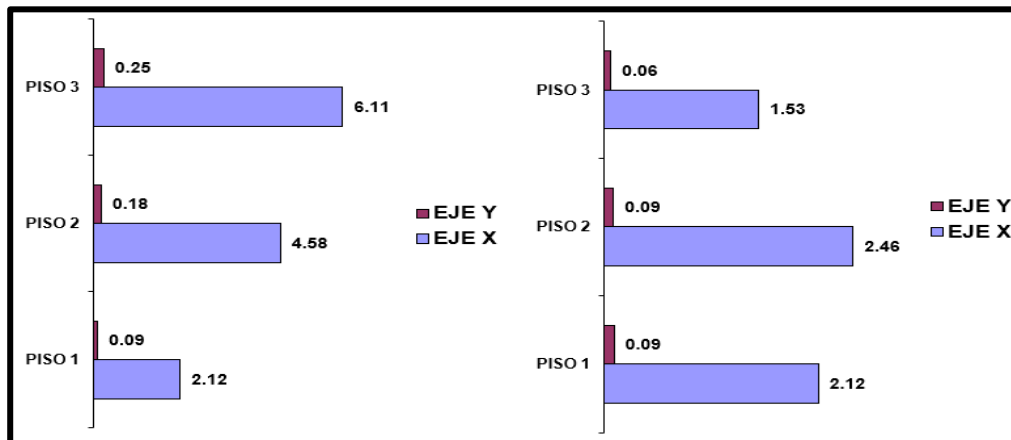


Figura 17: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y) 0.09cm; Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 2.46cm.

Fuente: Elaboración propia

Con el modelamiento de la estructura existente elaborado con el software Etabs se realizó la verificación de la fuerza axial amplificada ($P_u = 1.4C_M + 1.7C_V$) y se comparó los resultados con los de resistencia axial nominal de la sección transversal (P_n) de todas las columnas existentes.

Según la norma E-060 en el artículo 10.3.6.2, para elementos no preesforzados con estribos:

$$\phi P_n \geq P_u$$

Donde:

$$\phi = 0.70$$

$$\phi P_n = 0.80 \cdot \phi (0.85 \cdot f'_c (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st})$$

Donde:

F'_c = resistencia del concreto en MPa

A_g = área de concreto en mm^2

A_{st} = área de acero en mm^2 .

F_y = resistencia a la compresión del acero en MPa.

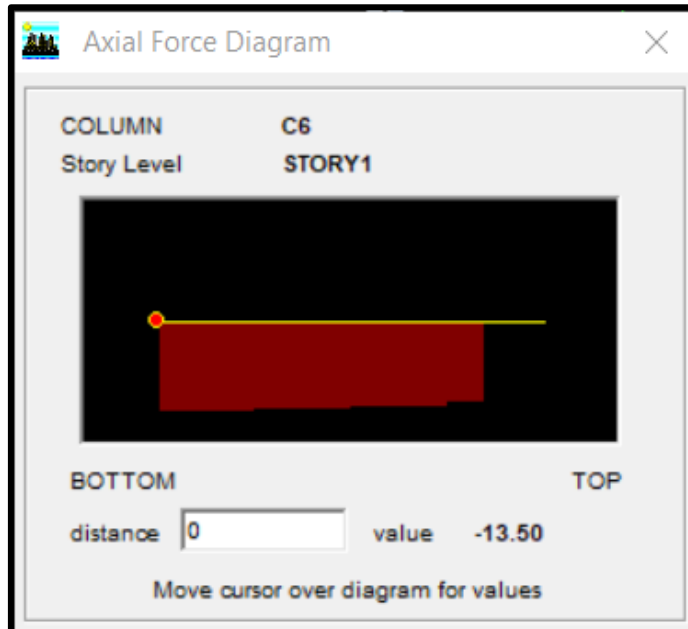


Figura 18: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 4-A: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.

Datos calculados de Columna Eje 4-A

Columna Eje 4-A		
F'_c	20.59	Mpa
A_g	75000.00	mm ²
F_y	411.88	Mpa
A_{st}	762.00	mm ²
f	0.70	-
ϕP_n	95.98	Ton
P_u	13.50	Ton
$P_n \geq P_u$	OK	-
$P_u / (fP_n)$	14.07%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

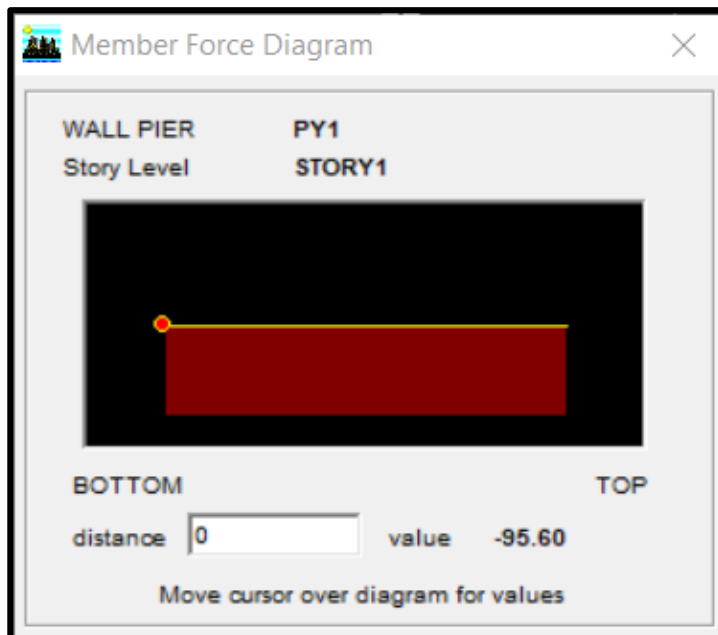


Figura 19: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 5-D: Dimensiones .25x.90; 12Ø5/8”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Datos calculados de Columna Eje 5-D

Columna Eje 5-D		
F'c	20.59	Mpa
Ag	237500.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	2376.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	303.07	Ton
Pu	95.60	Ton
φPn ≥ Pu	OK	-
Pu / (φPn)	31.54%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

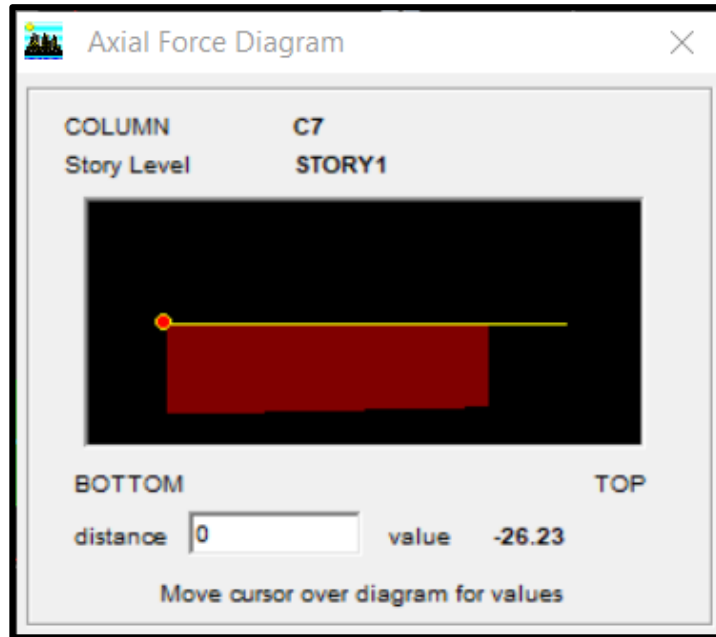


Figura 20: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 5-E: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.

Datos calculados de Columna Eje 5-E

Columna Eje 5-E		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	762.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	95.98	Ton
Pu	26.23	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	27.33%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

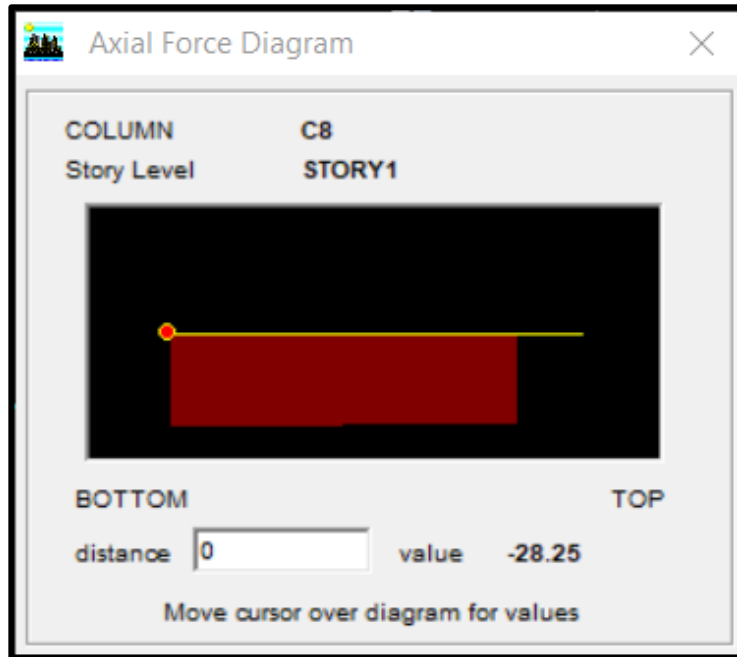


Figura 21: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 6-C: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Datos calculados de Columna Eje 6-C

Columna Eje 6-C		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	792.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	96.69	Ton
Pu	28.25	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	29.22%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

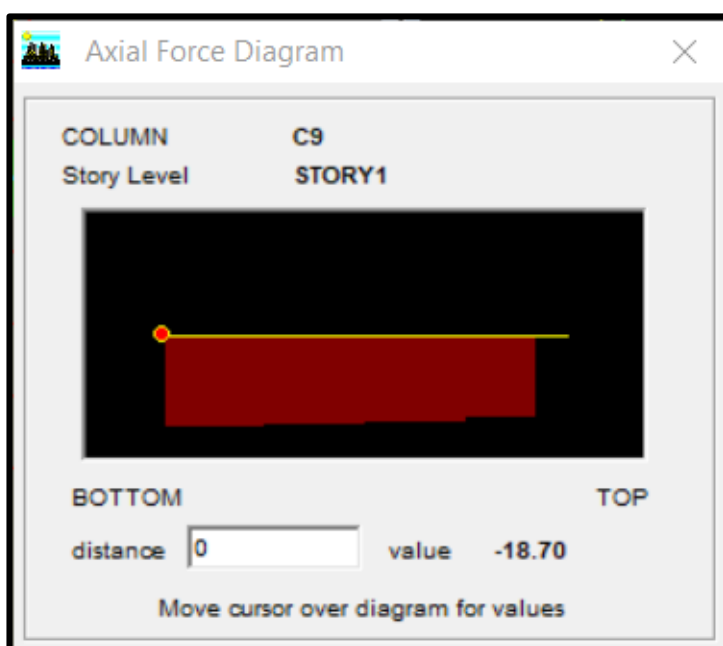


Figura 22: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-A: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Datos calculados de Columna Eje 7-A

Columna Eje 7-A		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	792.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	96.69	Ton
Pu	18.70	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	19.34%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

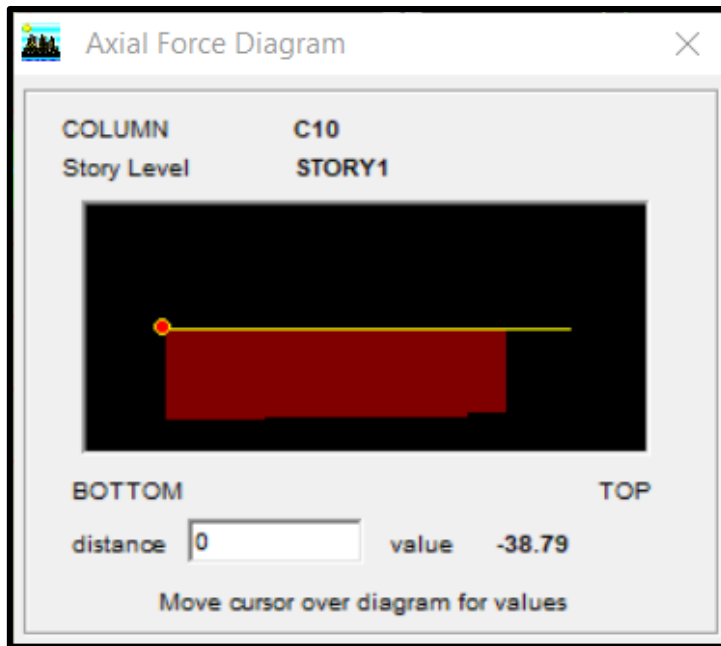


Figura 23: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-C: Dimensiones .25x.40; 6Ø5/8”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.

Datos calculados de Columna Eje 7-C

Columna Eje 7-C		
F'c	20.59	Mpa
Ag	100000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	1188.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	132.01	Ton
Pu	38.79	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	29.38%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

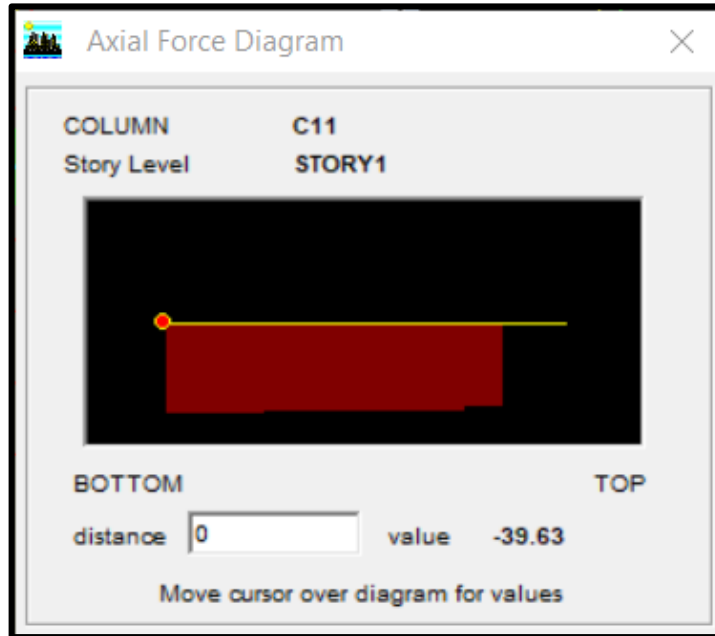


Figura 24: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-D: Dimensiones .25x.40; 6Ø5/8”
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.

Datos calculados de Columna Eje 7-D

Columna Eje 7-D		
F'c	20.59	Mpa
Ag	100000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	1188.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	132.01	Ton
Pu	39.63	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	30.02%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

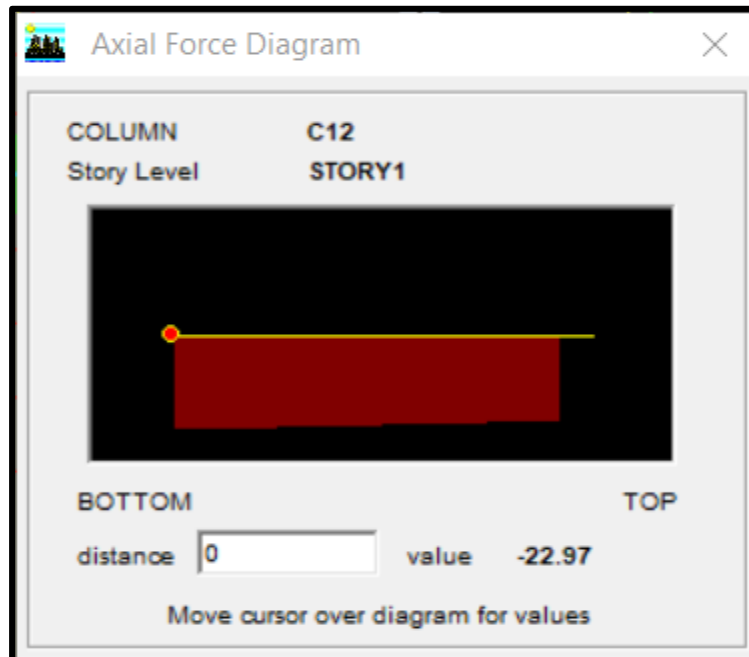


Figura 25: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 7-E: Dimensiones .25x.30; 4Ø5/8”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.

Datos calculados de Columna Eje 7-E

Columna Eje 7-E		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm2
Fy	411.88	Mpa
Ast	792.00	mm2
Ø	0.70	-
Ø Pn	96.69	Ton
Pu	22.97	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	23.76%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

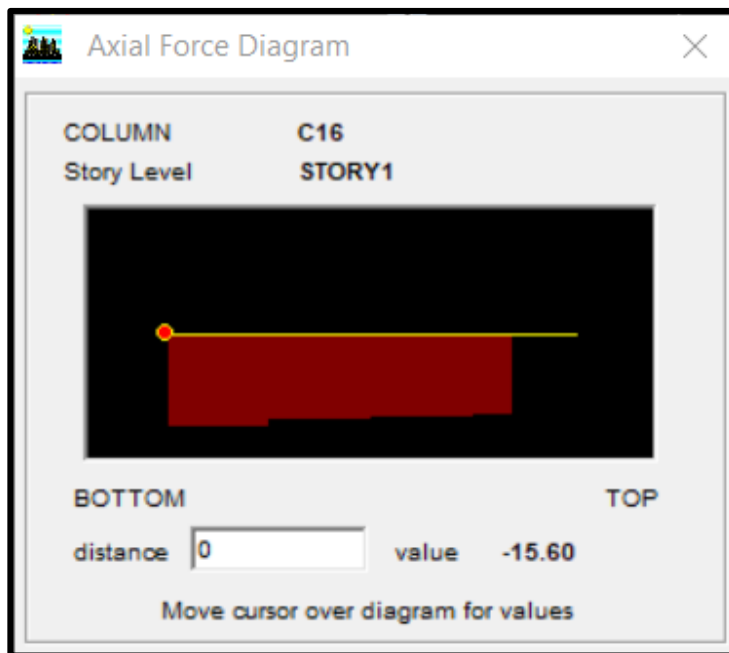


Figura 26: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-A: Dimensiones .25x.30; 4Ø1/2”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14.

Datos calculados de Columna Eje 8-A

Columna Eje 8-A		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	762.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	95.98	Ton
Pu	15.60	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	16.25%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

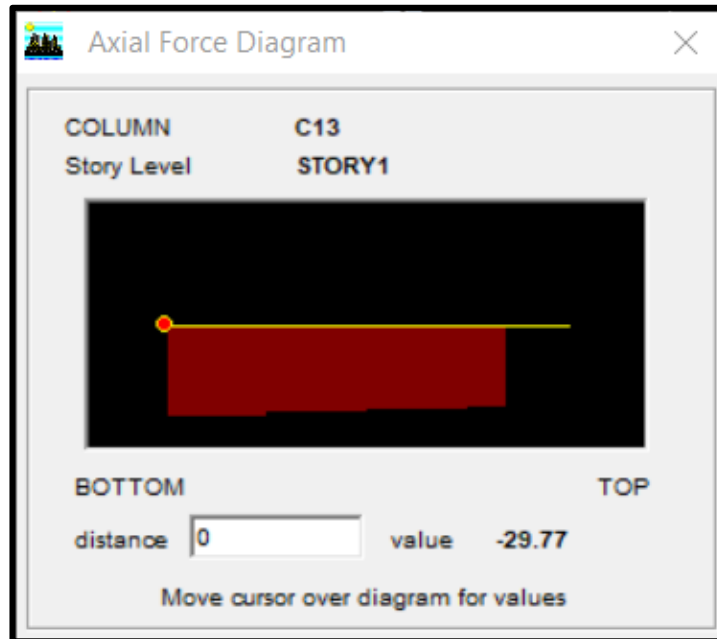


Figura 27: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-C: Dimensiones .25x.40; 4Ø5/8”+2Ø1/2”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15.

Datos calculados de Columna Eje 8-C

Columna Eje 8-C		
F'c	20.59	Mpa
Ag	100000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	1046.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	128.68	Ton
Pu	29.77	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	23.14%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

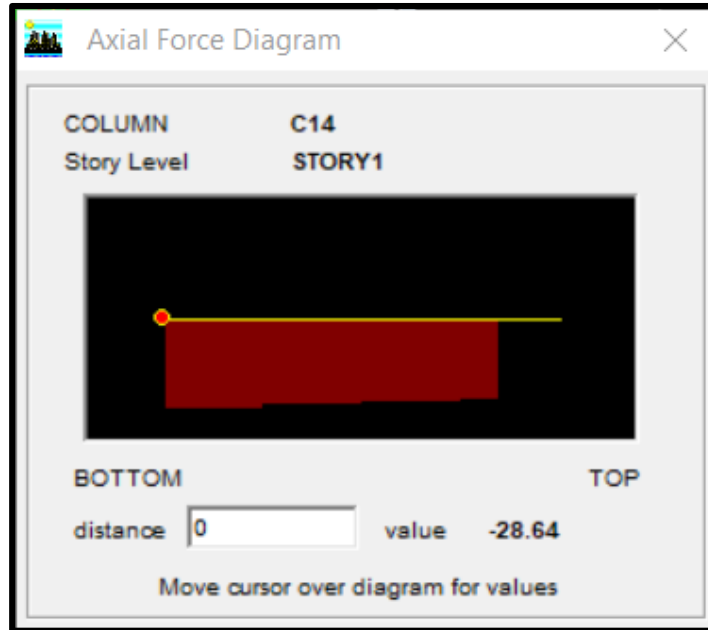


Figura 28: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-D: Dimensiones .25x.40; 4Ø5/8”+2Ø1/2”
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.

Datos calculados de Columna Eje 8-D

Columna Eje 8-D		
F'c	20.59	Mpa
Ag	100000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	1046.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	128.68	Ton
Pu	28.64	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	22.26%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

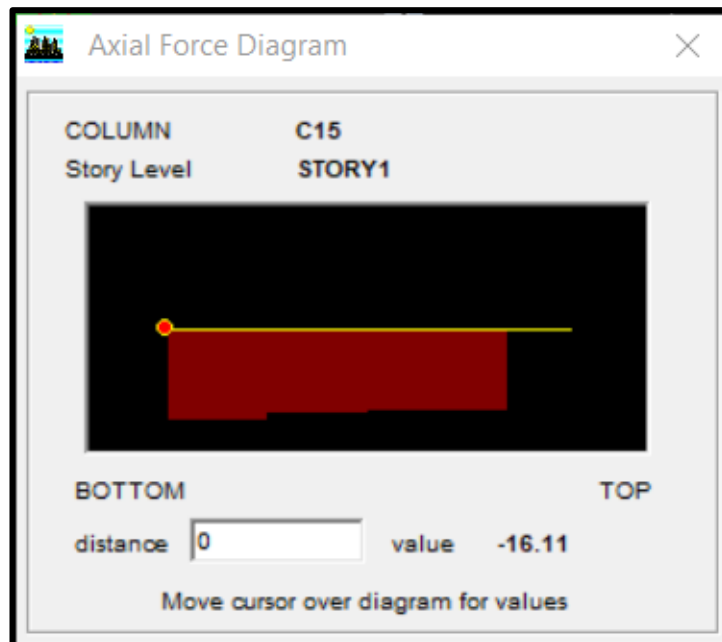


Figura 29: Carga ultima en 1° piso, de la columna Eje 8-E: Dimensiones .25x.30; 6Ø1/2”

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.

Datos calculados de Columna Eje 8-E

Columna Eje 8-E		
F'c	20.59	Mpa
Ag	75000.00	mm ²
Fy	411.88	Mpa
Ast	762.00	mm ²
Ø	0.70	-
Ø Pn	95.98	Ton
Pu	16.11	Ton
Ø Pn ≥ Pu	OK	-
Pu / (Ø Pn)	16.78%	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se observa el porcentaje de capacidad de carga que está utilizando la columna.

Verificación de Dimensiones de Zapata existente: Se escogió la zapata más cargada, con ayuda del Etabs se evaluó dicha zapata existente.

Tabla 18.

Cargas y Momentos para Zapata de Placa Existente Eje 4-C

P	V2	V3	T	M2	M3
-51.31	0.37	-0.08	-0.008	-0.095	0.147
-13.98	0.13	-0.03	0.006	-0.036	0.072
15.62	5.94	1.04	0.167	2	11.83

Fuente: Elaboración propia

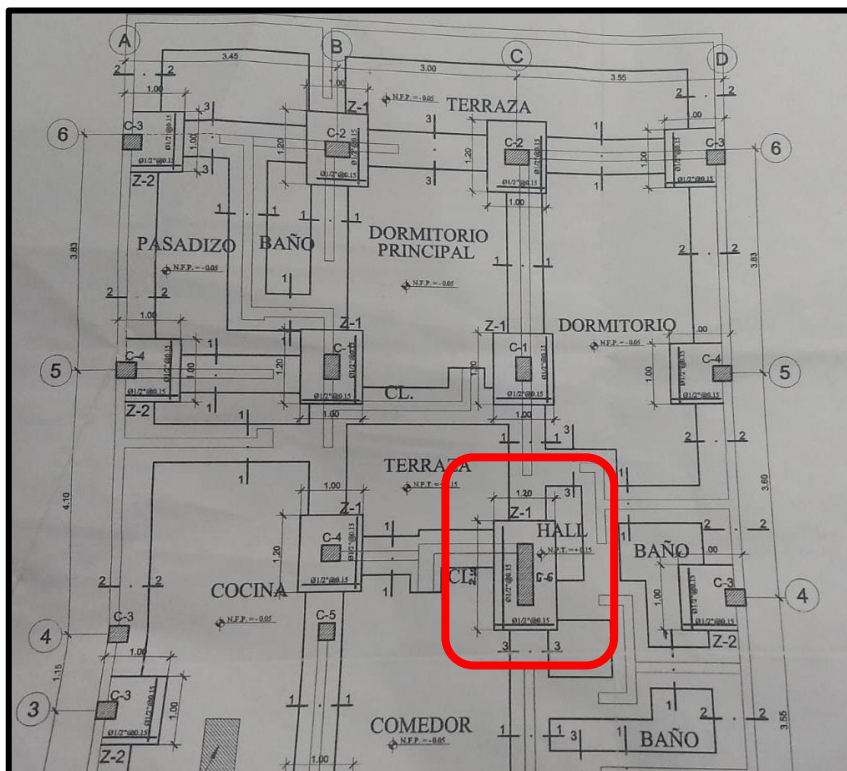


Figura 30: Zapata existente más cargada para verificar de dimensiones de 1.20m x 2.10m.

Fuente: Elaboración propia

- Datos generales para la verificación de zapata aislada eje 4-C:

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

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2.40 \text{ T/m}^3$$

$$W(s/c) = 0.20 \text{ T/m}^2$$

$$Df = 1.20 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1.80 \text{ T/m}^3$$

$$s t = 3.00 \text{ kg/cm}^2$$

- Datos de la Columna existente eje 4-C:

$$B = 0.25 \text{ m}$$

$$T = 0.95 \text{ m}$$

$$Pd = 51.31 \text{ T.}$$

$$Pl = 13.98 \text{ T.}$$

$$Ps = 1.00 \text{ T.}$$

$$\text{Mto. D} = 1.00 \text{ T-m}$$

$$\text{Mto. L} = 1.00 \text{ T-m}$$

$$\text{Mto. S} = 1.00 \text{ T-m}$$

- Cálculo específico promedio

$$\gamma_m = \frac{(\gamma_c + \gamma_s)}{2}$$

$$\gamma_m = \frac{2.40 + 1.80}{2} = 2.1 \text{ Tn/m}^3$$

- Dimensionamiento en planta de la zapata

$$A_z = P / \sigma_N = B \times T$$

$$\sigma_N = \frac{P}{A_z} - (\gamma_m \cdot D_f + W(s/c))$$

$$\sigma_N = 27.28 \text{ Tn/m}^2$$

$$A_z = P / \sigma_N$$

$$A_z = 66.29 / 27.28$$

$$A_z = 2.43 \text{ m}^2$$

$$A_z = 1.56 \times 1.56 \text{ m}^2$$

$$A_z = 1.55 \times 1.55 \text{ m}^2$$

$$B = I + (b - t) / 2 = 1.20\text{m.}$$

$$T = I (b - t) / 2 = 1.90\text{m.}$$

- Dimensión rectangular de la Zapata

$$B \times T$$

$$1.20 \times 2.10 \text{ (OK CONFORME)}$$

- Verificación por punzonamiento

$$P_u = 95.6 \text{ T.}$$

$$W_{nu} = 42.19 \text{ T / m}^2$$

$$d = 0.41 \text{ m}$$

$$V_u / \phi = 76.98 \text{ T.}$$

Para el caso del **objetivo específico 2** se determina el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más en la edificación multifamiliar Ruth ubicada en Santiago de Surco, 2019, realizando las siguientes actividades:

- Modelamiento de la estructura en software Etabs con parámetros de la norma Sismorresistente E-030.
- Análisis y diseño de propuesta con el sistema Dual.
- Análisis y diseño de propuesta con el sistema de Muros Estructurales.

Para realizar la ampliación de dos niveles más se debe tener previamente un análisis de la estructura existente para obtener la capacidad y comportamiento ante un evento sísmico de la estructura.

• Muros Estructurales

Según las Norma E-030, Artículo 3.2.1; Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por los menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

• Dual

Según las Norma E-030, Artículo 3.2.1; Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20% y 70% del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30% de la fuerza cortante en la base.

• Densidad mínima de muros

De no cumplirse la expresión del artículo 7.1.2 de la Norma E-070, se podrá cambiarse de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacerse

uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación E_c / E_m , donde E_c y E_m son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería respectivamente.

- **Análisis Estático**

Según la norma E-030 en el artículo 25.1; Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1.

- **Fuerza cortante en la Base**

Según la norma E-030 en el artículo 25.2; La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Se realizó una remodelación en la arquitectura, esta remodelación tuvo como resultado la demolición de la mitad de la estructura existente del eje 1 al 4, A al E, desde el primer piso al tercer piso.

Aprovechando esta demolición se colocó nuevos elementos estructurales con la finalidad de dar la rigidez en el eje X, el cual no cuenta con rigidez por falta de muros en dicha dirección.

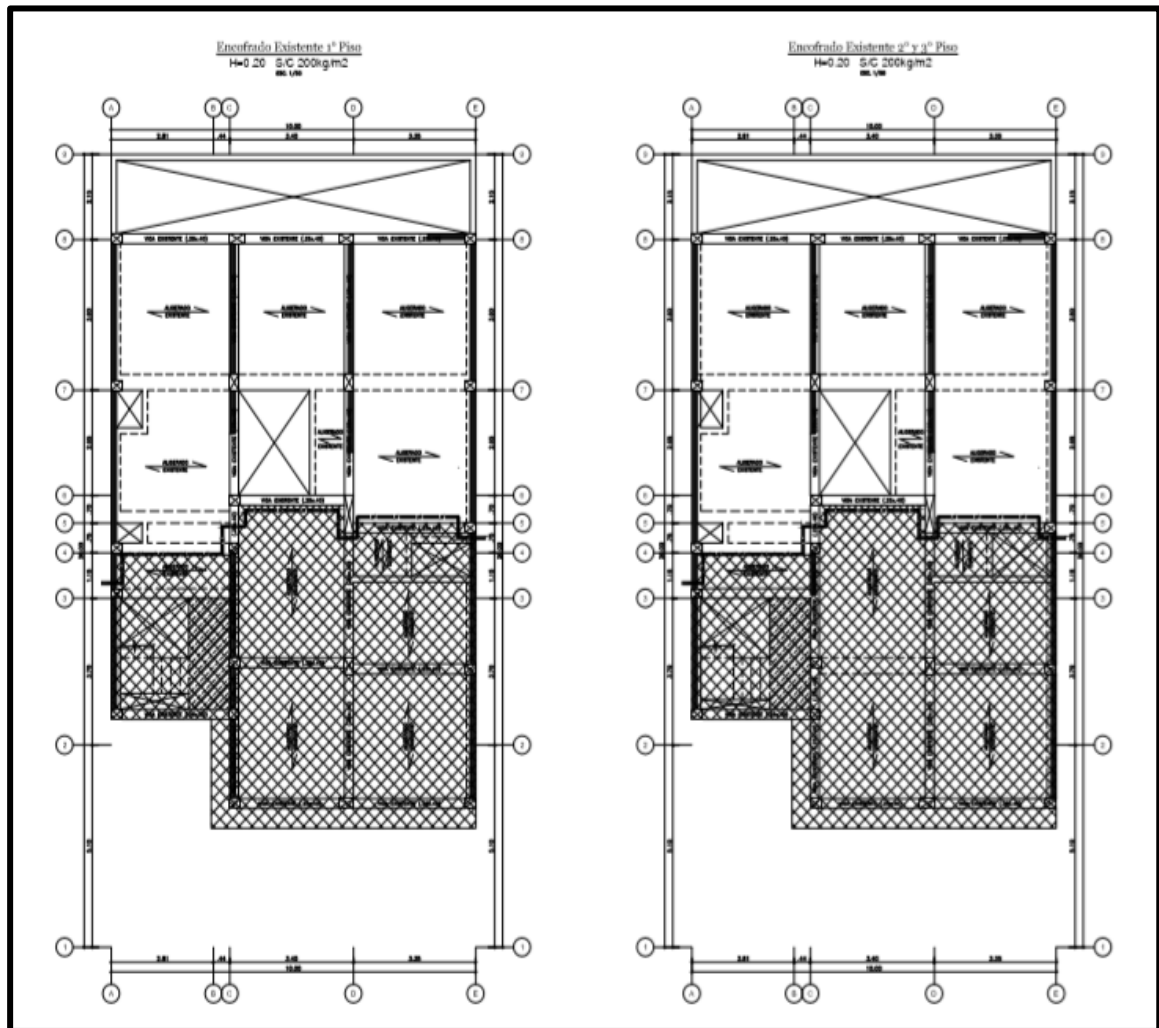


Figura 31: Planos de demolición, lo que se encuentra sombreado en la figura es lo que se demolerá, desde el eje 1 al 4 / A al E.

Fuente: Elaboración propia

Se hace la propuesta de reforzamiento con **Sistema Dual**

Iniciamos proponiendo nuevos elementos estructurales aprovechando la nueva arquitectura.

Se colocó nuevos elementos estructurales:

Dos placas: Placa 1 de largo 1.70m. y espesor 0.20m., placa 2 de largo 2.30m. y espesor 0.20m ambas placas ubicadas en la caja de ascensor, direccionadas en el eje X.

Muro de albañilería: Ubicado en cajón de escalera, de espesor 0.25m muro de cabeza.

Cinco columnas: De medidas largo 0.50m. y ancho 0.25m., direccionadas en el eje X e Y.

Vigas: En ambas direcciones eje X e Y de medidas de ancho 0.25m. y peralte 0.50m., teniendo vigas de largo hasta de 6.0m.

Losas aligeradas: En dirección X de luz libre 3.10m y otra de 1.30m. En dirección Y losa de luz libre de 5.10m, con las medidas de la luz libre determinamos el peralte de la losa de $H=0.20m$.

Losa maciza: En llegadas de escaleras y ascensor de peralte $H=0.20m$.

Muros de albañilería: Quedaron los muros existentes del 1° al 3° piso de espesor 0.15m. direccionados en el eje Y. No cuenta con muros de albañilería en el eje X.

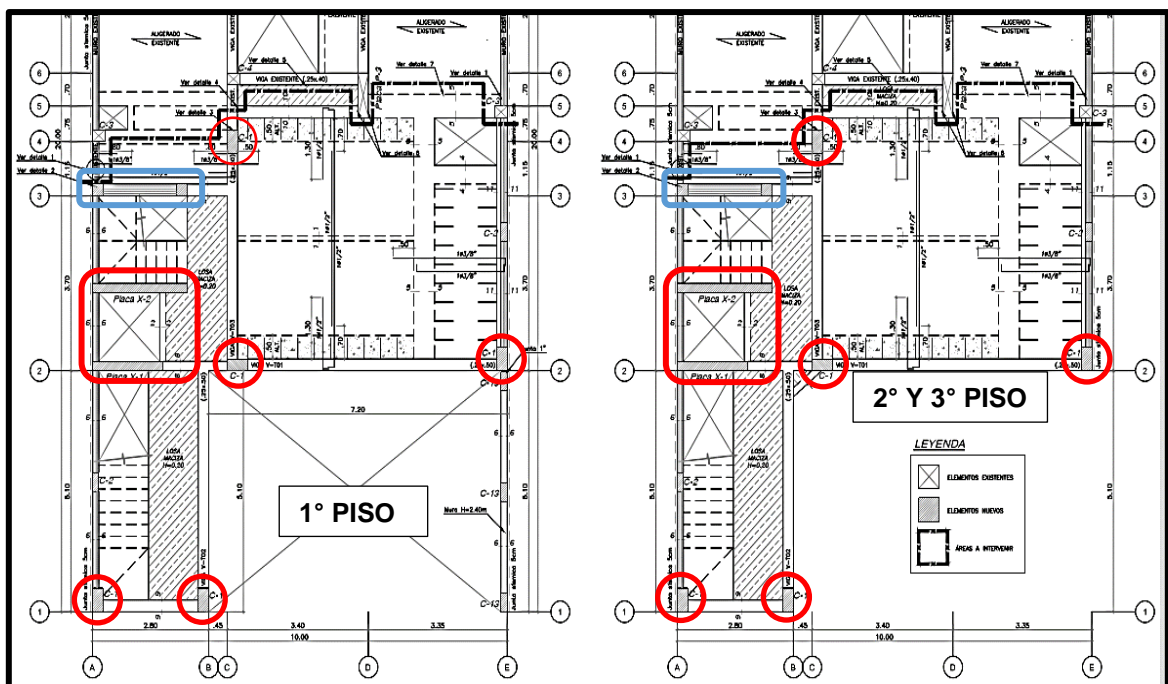


Figura 32: Propuesta de Sistema Dual. Ubicación en color rojo los elementos de concreto columnas y placas, y en celeste los de albañilería confinada muro de cabeza.

Fuente: Elaboración propia

Para el piso 4 y 5 todos los elementos estructurales son nuevos y continúan placas, columnas, vigas, muro de cabeza y losas propuestas en el piso 1, 2 y 3, sobre los muros de albañilería existentes subirán nuevos muros de albañilería del mismo espesor.

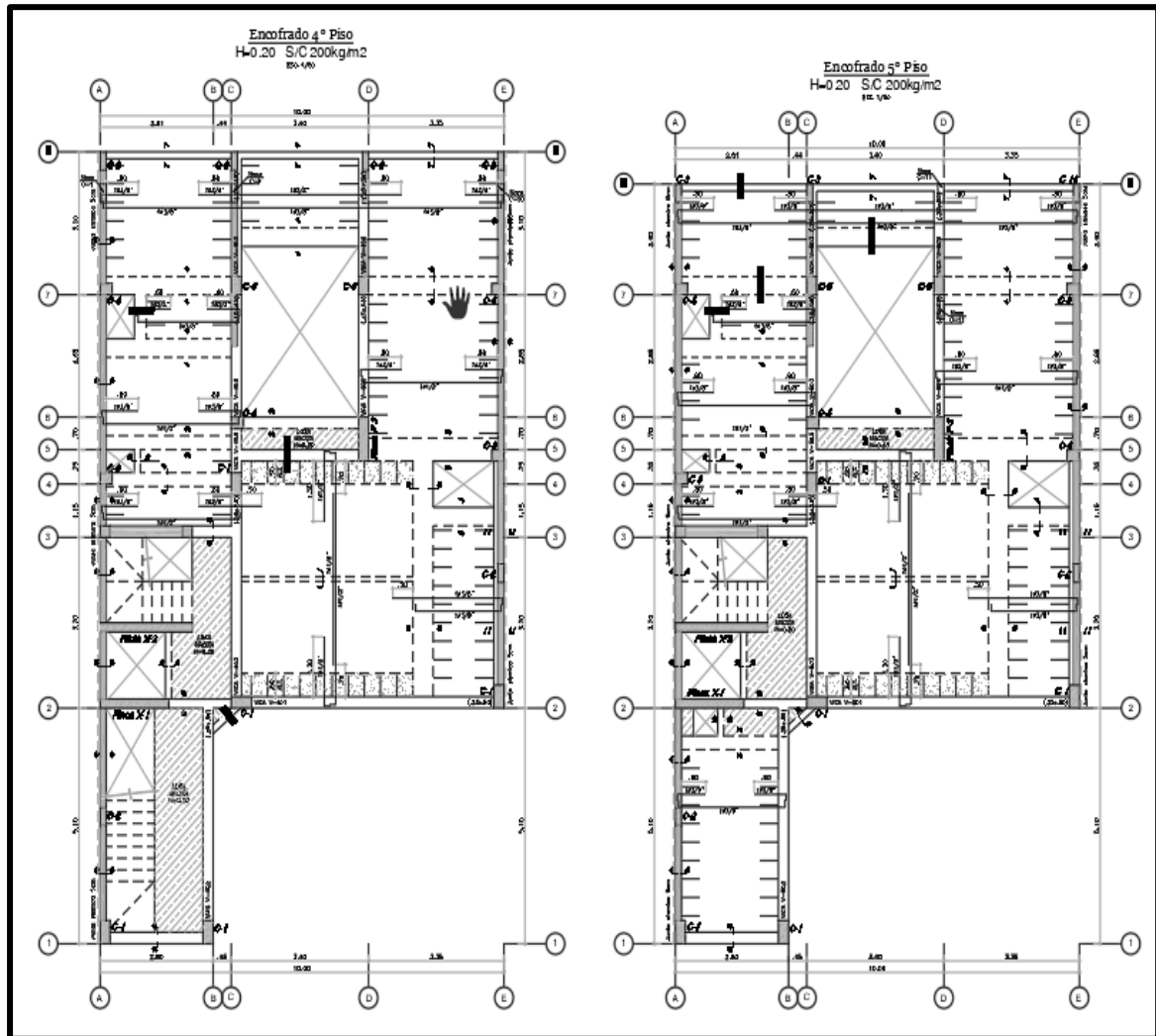


Figura 33: Encofrado 4° y 5° piso (ampliación) suben los mismos elementos estructurales que vienen del 1°, 2° y 3° piso.

Fuente: Elaboración propia

- Peso propio piso terminado = 100 Kg/m²
- Peso de tabiquería existente = 150 Kg/m²
- ✓ Cargas vivas (L):

Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.

- Sobrecarga de primer piso = 150 Kg/m²
- ✓ Cargas producidas por sismo (EQ):

Son las cargas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

- Según Norma Peruana de Estructuras Sa = $\frac{Z*U*C*S*g}{R}$

Debido a la localización geográfica de la estructura, uso destinado, tipo del suelo en que se encuentra, y forma de estructuración, se determinan los parámetros sísmicos necesarios.

Con la propuesta del sistema dual para la edificación.

- ✓ Zonificación

La zona en la que está ubicado el proyecto (Surco - Lima) corresponde a la zona 4, correspondiéndole un factor de **Z = 0.45**.

- ✓ Factor de uso

Edificaciones comunes tales como viviendas factor **U = 1.0**.

- ✓ Parámetros de sitio

Según EMS tenemos un tipo de suelo rígido (S1), por lo que para efectos de la evaluación se considerara el factor de suelo S1 = 1.00, un periodo de suelo Tp = 0.40 seg y TL = 2.50.

✓ Factor de Amplificación Sísmica

Para la presente tesis se realizó el siguiente procedimiento para obtener el factor C.

$$h_n = 13.50\text{m.}$$

CT = 45 (Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras)

$$T = 13.50/45 \rightarrow T = 0.30\text{s} < T_p = 0.40\text{s}$$

Entonces el factor C estará definido por:

$$\rightarrow C = 2.50 \quad \rightarrow \quad (\text{Análisis estático}).$$

✓ Irregularidad en planta

Se realizó la verificación:

Esquina entrante en el eje X = 2.75; medida horizontal del terreno = 10m.

$$\frac{7.20}{10} \times 100\% = 72.0\% > 20\%$$

Esquina entrante en el eje Y = 2.75; medida vertical del terreno = 15m.

$$\frac{5.10}{20} \times 100\% = 25.5\% > 20\%$$

Irregularidad en ambas direcciones se considera una estructura irregular con esquinas entrantes y se toma el factor **Lp = 0.90**.

• Sistemas estructurales

Con ayuda del software Etabs y el predimensionamiento, se determina y confirma que sea sistema Dual. Ya que las placas se encuentran en dirección X, se verificará el cortante dinámico en dicha dirección.

Story Shears

Edit View

Story Shears

	Story	Load	Loc	P	VX	VY
	STORY1	SISMO MAX	Top	0.00	86.90	228.29
	STORY1	SISMO MAX	Bottom	0.00	86.90	228.29

OK

Figura 34: Cortante dinámico en ambos ejes.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Cortante que absorbe cada Placa

Story	Pier	Load	V2
Story 1	PX1	Sismo Max	18.96
Story 1	PX2	Sismo Max	40.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se observa el cortante que absorbe la placa PX1 = 18.96 y la placa PX2 = 40.20, la sumatoria de ambas nos da como resultado 59.16

Se verifica que:

$$\Sigma V_x / V_x = 59.16 / 86.90 \times 100\% = 68\% < 70\% \rightarrow \text{Sistema dual.}$$

✓ Verificación de densidad Mínima de Muros

Según el artículo 7.1.2 de la norma E-070, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde:

Z=factor de zona, U=uso, S=suelo, N=nro. De pisos.

L=longitud del muro, t=espesor efectivo.

Espesor modificado = $E_c / E_m \times e$ real

Donde:

E_c = módulo de elasticidad del concreto

E_m = módulo de elasticidad del muro de albañilería.

$E_c / E_m = 217370 \text{ Kg/cm}^2 / 32500 \text{ Kg/cm}^2 = 6.69$

Tabla 20.

Área de cada Muro para hacer la Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje X

MURO	material	longitud (L)	e real	espesor modificado	L x t
X1	concreto	1.70	0.20	1.34	2.27
X2	concreto	2.30	0.20	1.34	3.08
X3	albañilería	2.30	0.23	0.23	0.53
				$\Sigma L.t=$	5.88

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{5.88}{132} \geq \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 5}{56}$$

$$0.0445 \geq 0.0402$$

- coeficiente de reducción eje X:

Entonces el coeficiente de reducción en el eje X será: $R_{xo}=7.00$.

Tabla 21.

Área de cada elemento para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje Y

MURO	material	longitud (L)	espesor real	espesor modificado	L x t
Y1	albañilería	5.10	0.13	0.13	0.66
Y2	concreto	1.85	0.20	1.34	2.47
Y3	albañilería	9.50	0.13	0.13	1.24
Y4	albañilería	11.35	0.13	0.13	1.48
				$\Sigma L.t=$	5.85

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{5.85}{132} \geq \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 5}{56}$$

$$0.0443 \geq 0.0402$$

- coeficiente de reducción eje Y:

Al ser el sistema estructural predominante de albañilería confinada, el coeficiente de reducción en el eje Y será: $R_{yo}=3.00$.

- coeficiente de Sistema Estructural final:

$R_{xo} = 7.00$ (Sistema dual)

$R_{yo} = 3.00$ (Sistema de albañilería confinada)

$R_x = R_{xo} \times L_a \times L_p = 7.00 \times 1.00 \times 0.90 \Rightarrow R_x = 6.30$

$R_y = R_{yo} \times L_a \times L_p = 3.00 \times 1.00 \times 0.90 \Rightarrow R_y = 2.70$

Para el análisis dinámico se utilizará un espectro de pseudo-aceleraciones. Donde:

$Z = 0.45$ (Zona 4 – Lima)

$U = 1.00$ (Categoría C: Edificación común)

$S = 1.00$ ($T_p = 0.4$)

$g = 9.81$ (Aceleración de la gravedad m/s^2)

$C = 2.50 \times (T_p / T)$

$R_x = 6.30$ (Sistema Dual)

$R_y = 2.70$ (Sistema de Albañilería Confinada)

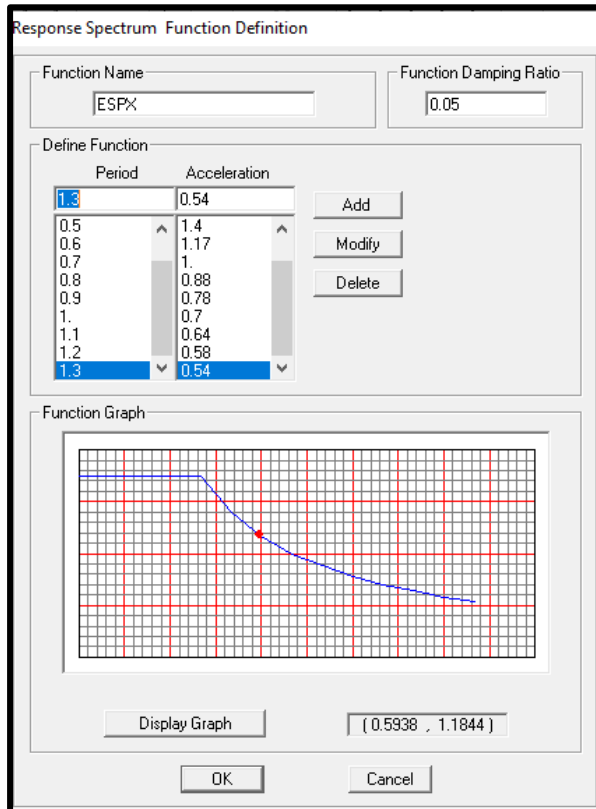


Figura 35: Espectro de aceleraciones en dirección X, el cual se ingresa al Etabs.
Fuente: Elaboración propia

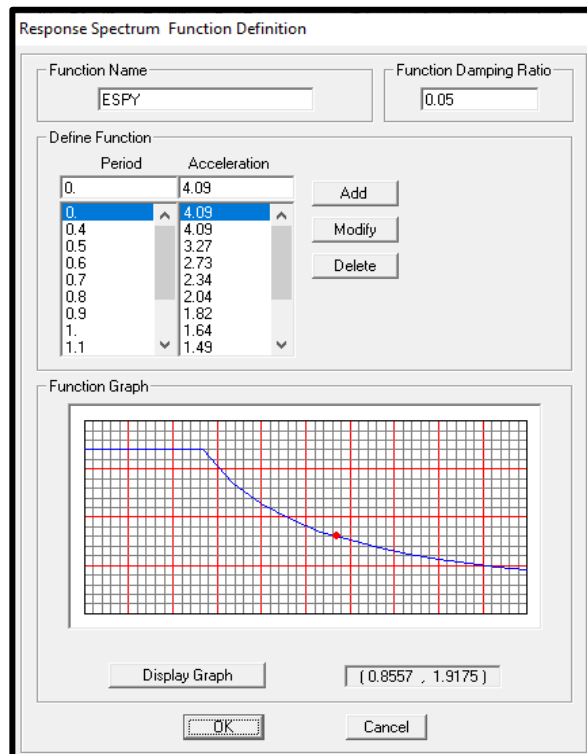


Figura 36: Espectro de aceleraciones en dirección Y, el cual se ingresa al Etabs.
Fuente: Elaboración propia

Introducción de datos al Etabs:

✓ Combinaciones de cargas empleadas

Las combinaciones de cargas usadas para la verificación de los elementos de concreto de la estructura son las siguientes:

Para elementos de concreto armado:

COMB1: 1.40D + 1.70L

COMB2, 3: 1.25D + 1.25L ±SX

COMB4, 5: 1.25D + 1.25L ±SY

COMB6, 7: 0.90D ±SX

COMB8, 9: 0.90D ±SY

Dónde:

D: Carga permanente, L: Carga viva, EQ: Sismo.

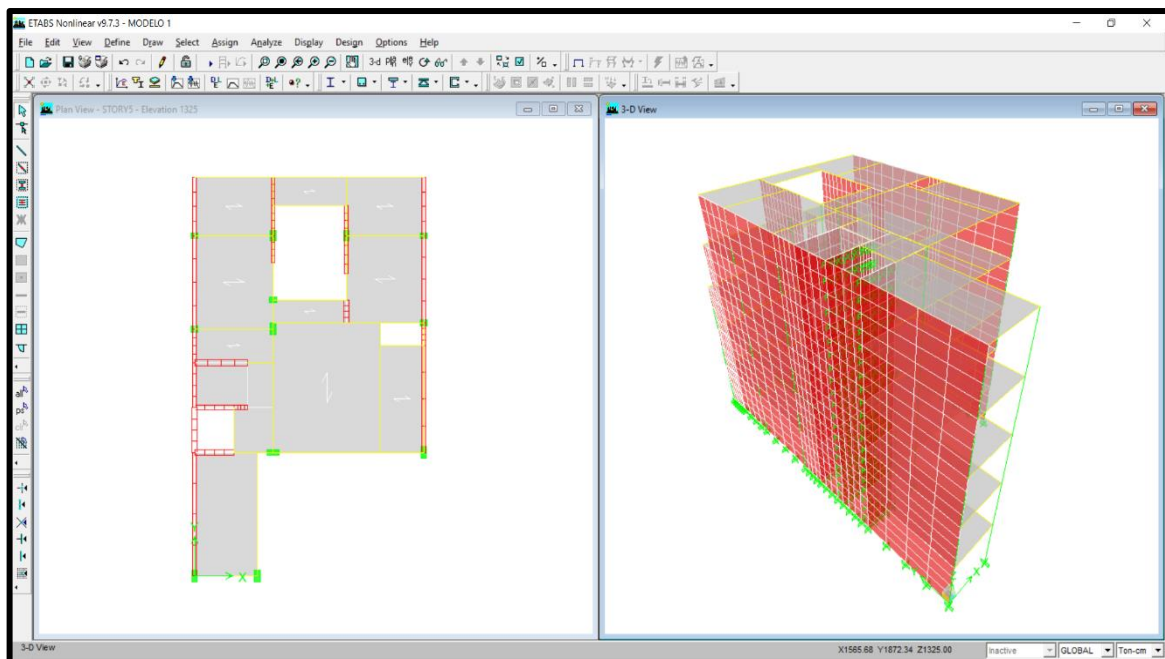


Figura 37: Modelo Estructural de la edificación con el sistema estructural Dual de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural

Fuente: Elaboración propia

Analizando los modos de vibración de la estructura. Se consideraron el aporte de todos los modos de vibración (3xpiso).

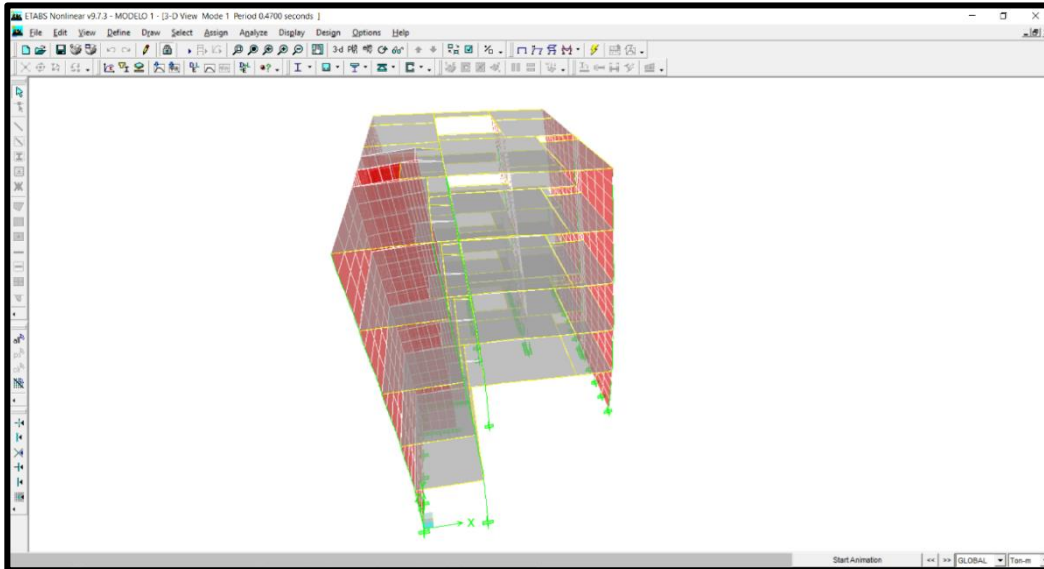


Figura 38: Modo 1 (T=0.47 seg.) Primer modo de vibración, se desliza en dirección X.

Fuente: Elaboración propia

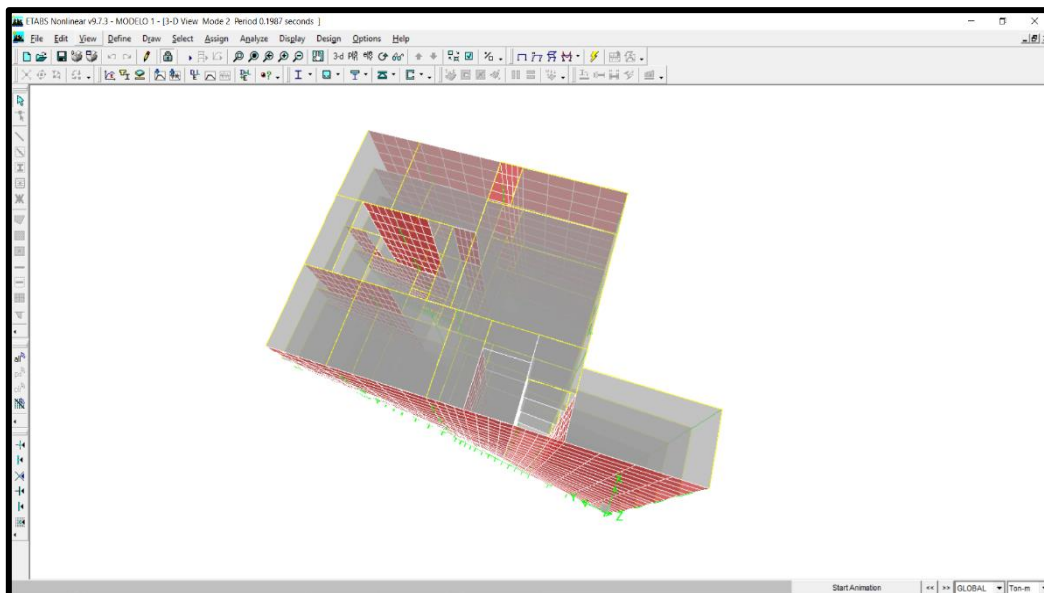


Figura 39: Modo 2 (T=0.20 seg.) Segundo modo de vibración, se desliza en torsión.

Fuente: Elaboración propia

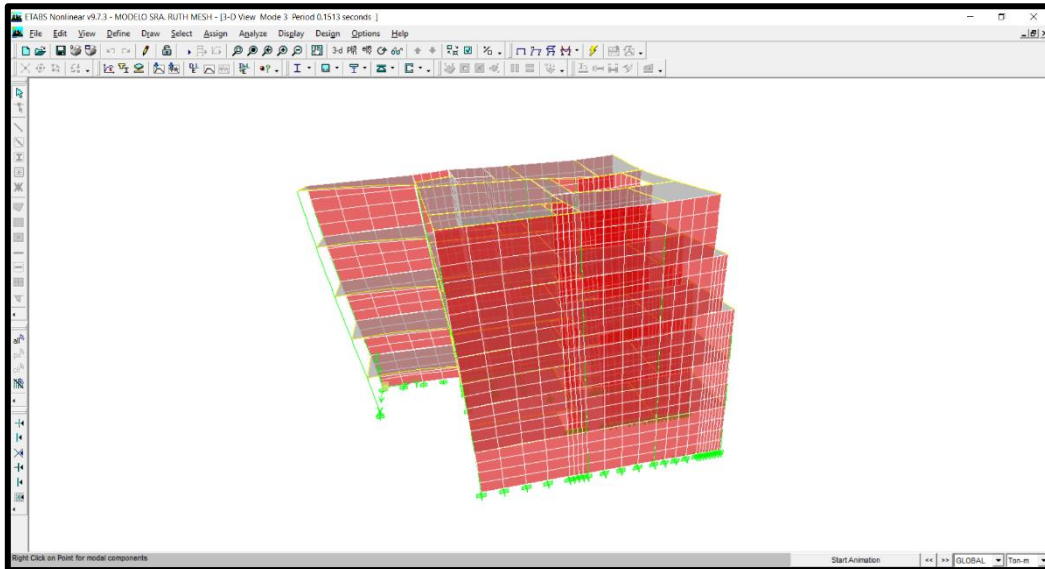


Figura 40: Modo 3 (T=0.15 seg.) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y.

Fuente: Elaboración propia

Se verifica los desplazamientos máximos obtenidos en relación a los valores máximos permisibles de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

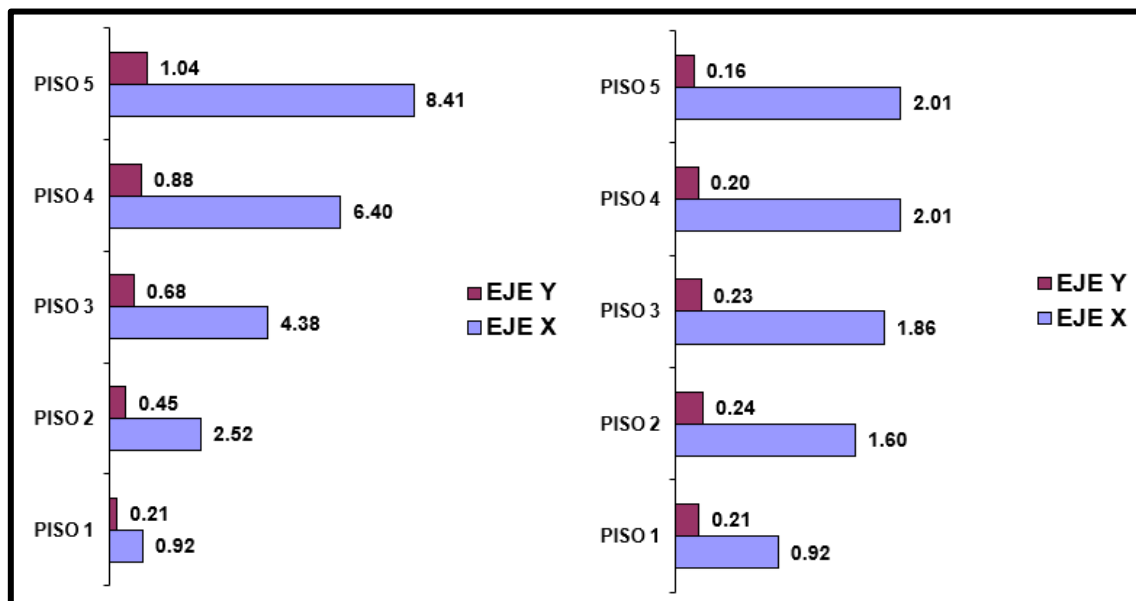


Figura 41: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y) 0.24cm y Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 2.01cm.

Fuente: Elaboración propia

Se hace la propuesta de reforzamiento con **Sistema de Muros Estructurales**

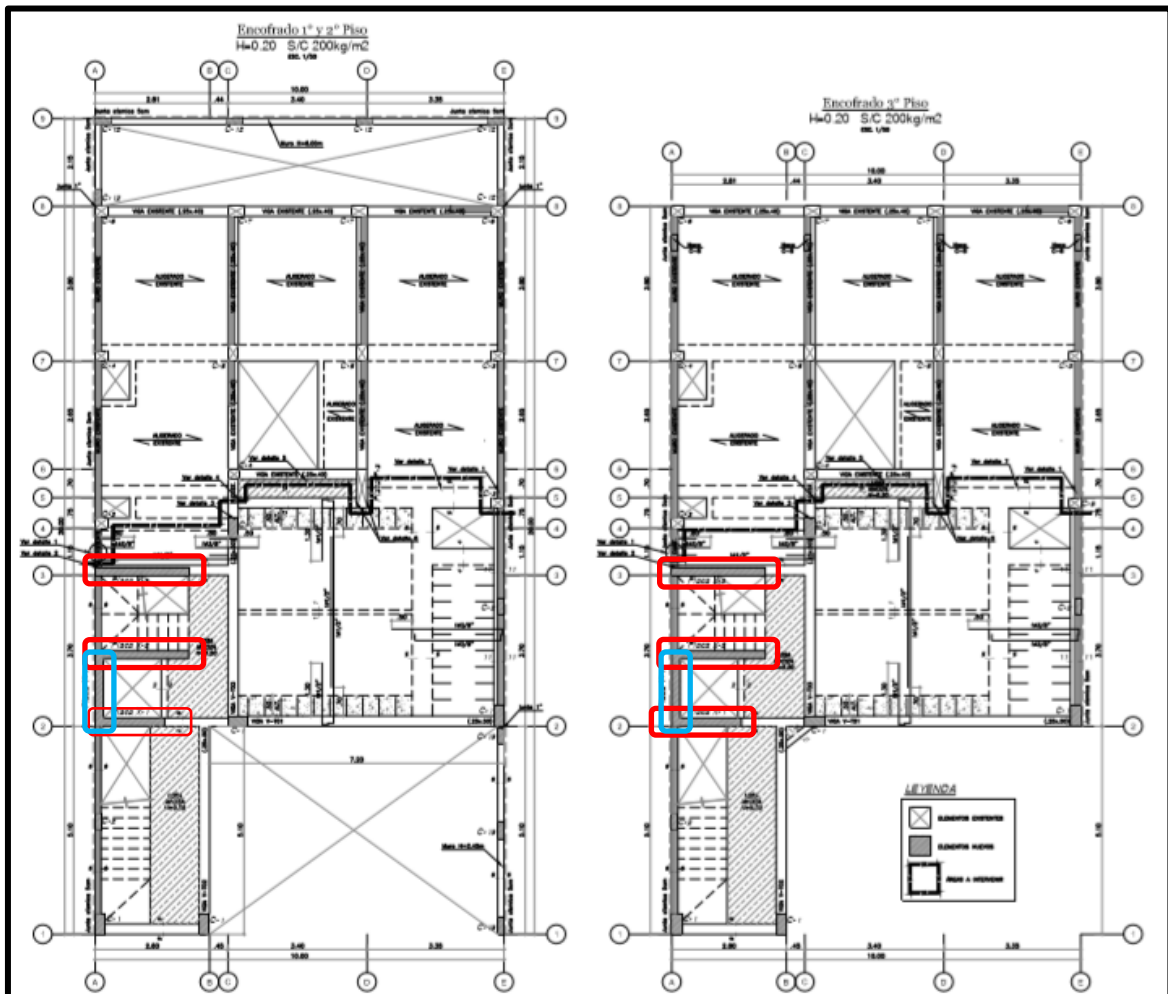


Figura 42: Propuesta de Sistema de Muros Estructurales, 1°, 2° y 3° piso. Se encerraron en rectángulos color rojo las placas propuestas para el eje X y en rectángulos color celeste las placas propuestas para el eje Y.

Fuente: Elaboración propia

Se colocó nuevos elementos estructurales:

Cuatro placas: Placa 1 de largo 1.70m. y espesor 0.20m., placa 2 de largo 2.30m. y espesor 0.20m., placa 3 de largo 2.30m. y espesor 0.20m., ubicadas en la caja de ascensor y escalera, direccionadas en el eje X. Placa 4 de largo 1.45m. y espesor 0.20m ubicada en la caja de ascensor, direccionada en el eje Y.

Cinco columnas: De medidas largo 0.50m. y ancho 0.25m., direccionadas en el eje X e Y.

Vigas: En ambas direcciones eje X e Y de medidas de ancho 0.25m. y peralte 0.50m.,
teniendo vigas de largo hasta de 6.0m.

Losas aligeradas: En dirección X de luz libre 3.10m y otra de 1.30m. En dirección Y losa
de luz libre de 5.10m, con las medidas de la luz libre determinamos el peralte de la losa
de $H=0.20m$.

Losa maciza: En llegadas de escaleras y ascensor de peralte $H=0.20m$.

Muros de albañilería: Quedaron los muros existentes del 1° al 3° piso de espesor 0.15m.
direccionados en el eje Y. No cuenta con muros de albañilería en el eje X.

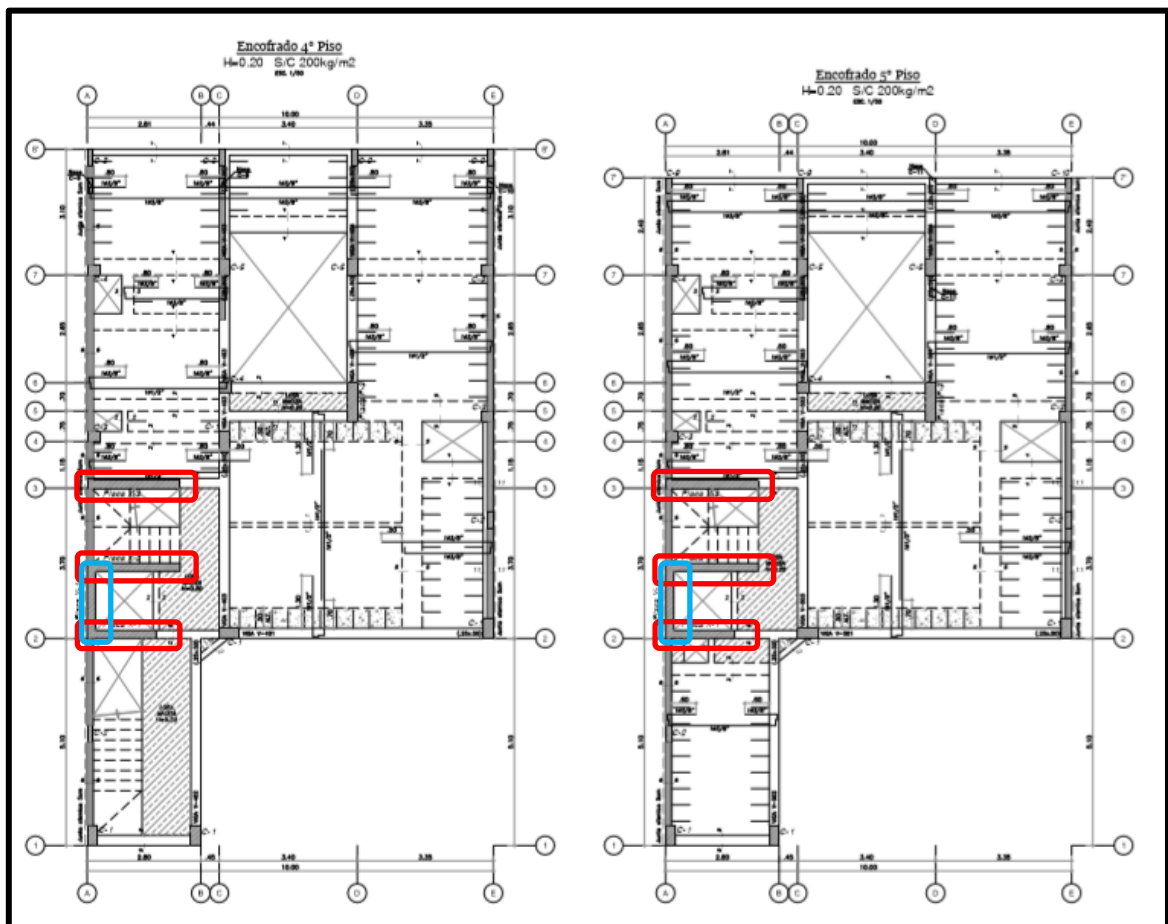


Figura 43: Propuesta de Sistema de Muros Estructurales, 4° y 5° piso. Se encerraron en rectángulos color rojo las placas propuestas para el eje X y en rectángulos color celeste las placas propuestas para el eje Y.

Fuente: Elaboración propia

Para el piso 4 y 5 todos los elementos estructurales son nuevos y continúan placas, columnas, vigas y losas propuestas en el piso 1, 2 y 3, sobre los muros de albañilería existentes subirán nuevos muros de albañilería del mismo espesor.

Se realizó el modelamiento con ayuda del software Etabs

Los materiales que conforman la estructura y las especificaciones de los mismos se muestran a continuación:

✓ Características de los materiales

Albañilería Confinada:

- Resistencia a Compresión Axial de las Unidades $f^b = 145\text{Kg/cm}^2$
- Resistencia a Compresión Axial en Pilas $f^m = 65\text{Kg/cm}^2$
- Resistencia al Corte en Muretes $v^m = 8.1\text{Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad $E_m = 500 f^m$ $E_m = 32,500\text{kg/cm}^2$
- Módulo de Corte: $G_m = 0.4E_m$ $G_m = 13,000\text{kg/cm}^2$

Concreto Armado:

- Resistencia del concreto $f^c = 210\text{Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del concreto $E = 217370 \text{ Kg/cm}^2 (15000 \sqrt{f^c})$
- Coeficiente de Poisson: 0.20
- Módulo de Corte: 905711 Ton/m^2

Acero de Refuerzo:

- Resistencia a la fluencia del acero $f^y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Las cargas de diseño se muestran a continuación:

✓ Cargas por peso propio (D):

Son cargas provenientes del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, y otros elementos que forman parte de la edificación y que son consideradas permanentes.

- Peso propio elementos de concreto armado = 2400 Kg/m³
- Peso propio de losa aligerada (h=20cms) = 300 Kg/m²
- Peso propio piso terminado = 100 Kg/m²
- Peso de tabiquería existente = 150 Kg/m²

✓ Cargas vivas (L):

Cargas que provienen de

los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.

- Sobrecarga de primer piso = 150 Kg/m²

✓ Cargas producidas por sismo (EQ):

Son las cargas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

- Según Norma Peruana de Estructuras Sa = $\frac{Z*U*C*S*g}{R}$

Debido a la localización geográfica de la estructura, uso destinado, tipo del suelo en que se encuentra, y forma de estructuración, se determinan los parámetros sísmicos necesarios.

Con la propuesta del sistema de Muros Estructurales para la edificación.

✓ Zonificación

La zona en la que está ubicado el proyecto (Surco - Lima) corresponde a la zona 4, correspondiéndole un factor de **Z = 0.45**.

✓ Factor de uso

Edificaciones comunes tales como viviendas factor **U = 1.0**.

✓ Parámetros de sitio

Según EMS tenemos un tipo de suelo rígido (S1), por lo que para efectos de la evaluación se considerara el factor de suelo **S1 = 1.00**, un periodo de suelo **Tp = 0.40** seg y **TL = 2.50**.

✓ Factor de Amplificación Sísmica

Para la presente tesis se realizó el siguiente procedimiento para obtener el factor C.

hn = 13.50m.

CT = 45 (Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras)

T = 13.50/45 → T = 0.30s < Tp = 0.40s

Entonces el factor C estará definido por:

→ C = 2.50 → (Análisis estático).

✓ Irregularidad en planta

Se realizó la verificación:

Esquina entrante en el eje X = 2.75; medida horizontal del terreno = 10m.

$$\frac{7.20}{10} \times 100\% = 72.0\% > 20\%$$

Esquina entrante en el eje Y = 2.75; medida vertical del terreno = 15m.

$$\frac{5.10}{20} \times 100\% = 25.5\% > 20\%$$

Irregularidad en ambas direcciones se considera una estructura irregular con esquinas entrantes y se toma el factor **Lp = 0.90**.

- Sistemas estructurales

Con ayuda del software Etabs y el predimensionamiento, se determina y confirma que sea sistema de Muros Estructurales. Ya que mayor cantidad las placas se encuentran en dirección X, se verificará el cortante dinámico en dicha dirección.

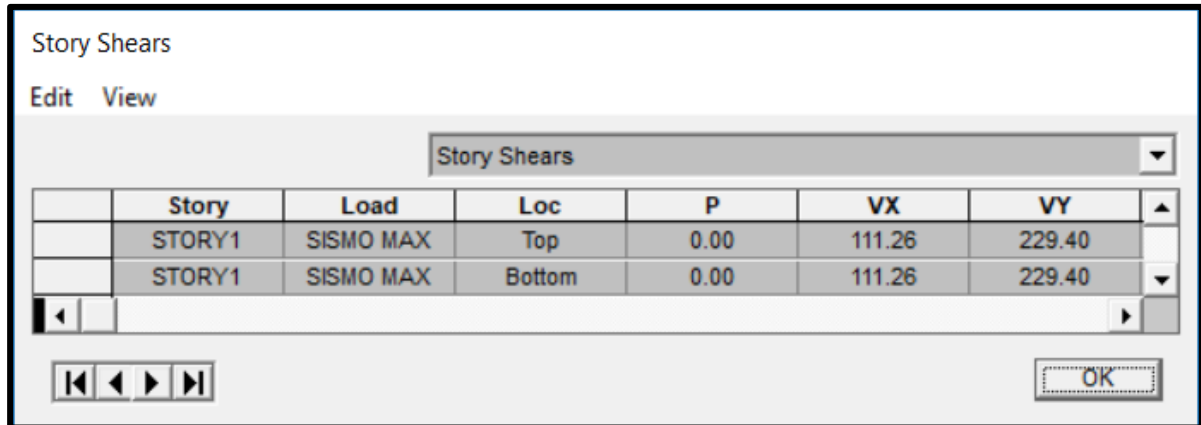


Figura 44: Cortante dinámico en ambos ejes.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22.

Cortante que absorbe cada Placa

Story	Pier	Load	V2
Story 1	PX1	Sismo Max	18.31
Story 1	PX2	Sismo Max	39.06
Story 1	PX3	Sismo Max	38.22

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se observa el cortante que absorbe la placa PX1 = 18.31, la placa PX2 = 39.06 y la placa PX3 = 38.22, la sumatoria de las tres nos da como resultado 95.59

Se verifica que:

$$\Sigma V_x / V_x = 95.59 / 111.26 \times 100\% = 86\% > 70\% \rightarrow \text{Sistema de Muros Estructurales.}$$

✓ Verificación de densidad Mínima de Muros

Según el artículo 7.1.2 de la norma E-070, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde:

Z=factor de zona, U=uso, S=suelo, N=nro. De pisos.

L=longitud del muro, t=espesor efectivo.

Espesor modificado = $E_c / E_m \times e$ real

Donde:

E_c = módulo de elasticidad del concreto

E_m = módulo de elasticidad del muro de albañilería.

$E_c / E_m = 217370 \text{ Kg/cm}^2 / 32500 \text{ Kg/cm}^2 = 6.69$

Tabla 23.

Área de cada Placa para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje X

MURO	material	longitud (L)	e real	espesor modificado	L x t
X1	concreto	1.70	0.20	1.34	2.27
X2	concreto	2.30	0.20	1.34	3.08
X3	concreto	1.70	0.20	1.34	2.27
				$\sum L \cdot t =$	7.62

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{7.62}{132} \geq \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 5}{56}$$

$$0.0577 \geq 0.0402$$

- coeficiente de reducción eje X:

Entonces el coeficiente de reducción en el eje X será: $R_{xo}=6.00$.

Tabla 24.

Área de cada Placa para Verificación de Densidad Mínima de Muros en el eje Y

MURO	material	longitud (L)	e real	espesor modificado	L x t
Y1	albañilería	5.10	0.13	0.13	0.66
Y2	concreto	1.85	0.20	1.34	2.47
Y3	albañilería	9.50	0.13	0.13	1.24
Y4	albañilería	11.35	0.13	0.13	1.48
				$\Sigma L.t=$	5.85

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{5.85}{132} \geq \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 5}{56}$$

$$0.0443 \geq 0.0402$$

- coeficiente de reducción eje Y:

Al ser el sistema estructural predominante de albañilería confinada, el coeficiente de reducción en el eje Y será: $R_{yo}=3.00$.

- coeficiente de Sistema Estructural final:

$R_{xo} = 6.00$ (Sistema de muros estructurales)

$R_{yo} = 3.00$ (Sistema de albañilería confinada)

$R_x = R_{xo} \times L_a \times L_p = 6.00 \times 1.00 \times 0.90 \Rightarrow R_x = 5.40$

$R_y = R_{yo} \times L_a \times L_p = 3.00 \times 1.00 \times 0.90 \Rightarrow R_y = 2.70$

Para el análisis dinámico se utilizará un espectro de pseudo-aceleraciones.

Donde:

$$Z = 0.45 \text{ (Zona 4 – Lima)}$$

$U = 1.00$ (Categoría C: Edificación común)

$S = 1.00$ ($T_p = 0.4$)

$g = 9.81$ (Aceleración de la gravedad m/s^2)

$C = 2.50 \times (T_p / T)$

$R_x = 5.40$ (Sistema Dual)

$R_y = 2.70$ (Sistema de Albañilería Confinada)

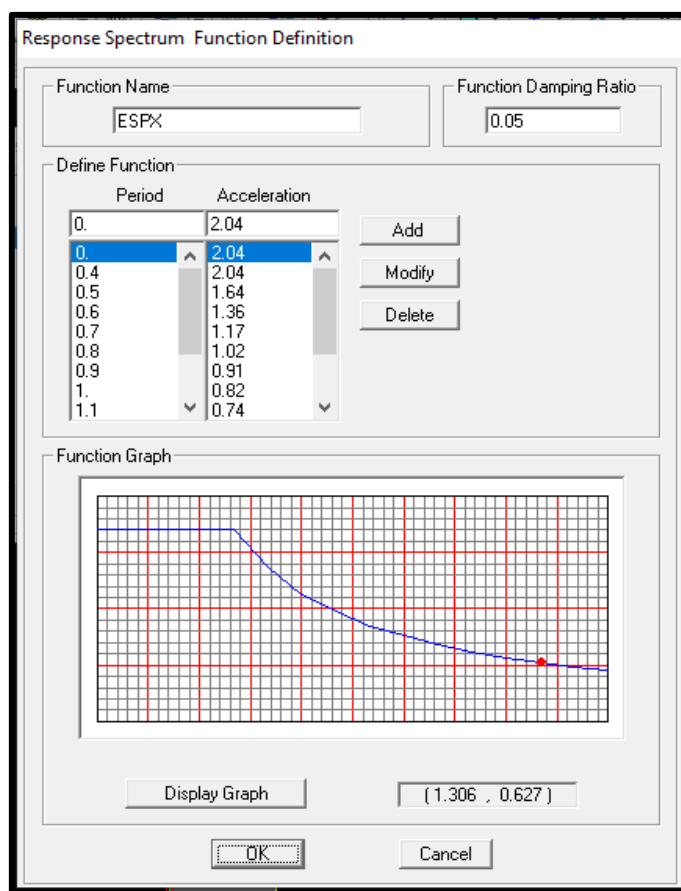


Figura 45: Espectro de aceleraciones en dirección X, el cual se ingresa al Etabs.

Fuente: Elaboración propia

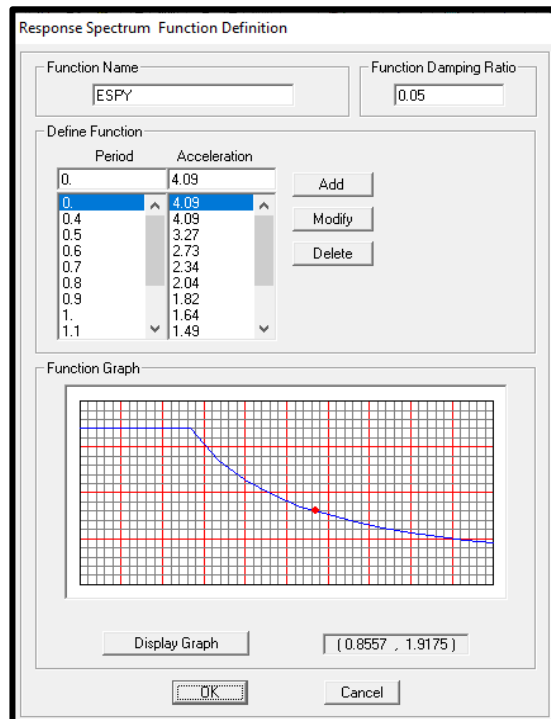


Figura 46: Espectro de aceleraciones en dirección Y, el cual se ingresa al Etabs.

Fuente: Elaboración propia

Introducción de datos al Etabs:

✓ Combinaciones de cargas empleadas

Las combinaciones de cargas usadas para la verificación de los elementos de concreto de la estructura son las siguientes: Para elementos de concreto armado:

COMB1: 1.40D + 1.70L

COMB2, 3: 1.25D + 1.25L ±SX

COMB4, 5: 1.25D + 1.25L ±SY

COMB6, 7: 0.90D ±SX

COMB8, 9: 0.90D ±SY

Dónde:

D: Carga permanente, L: Carga viva, EQ: Sismo.

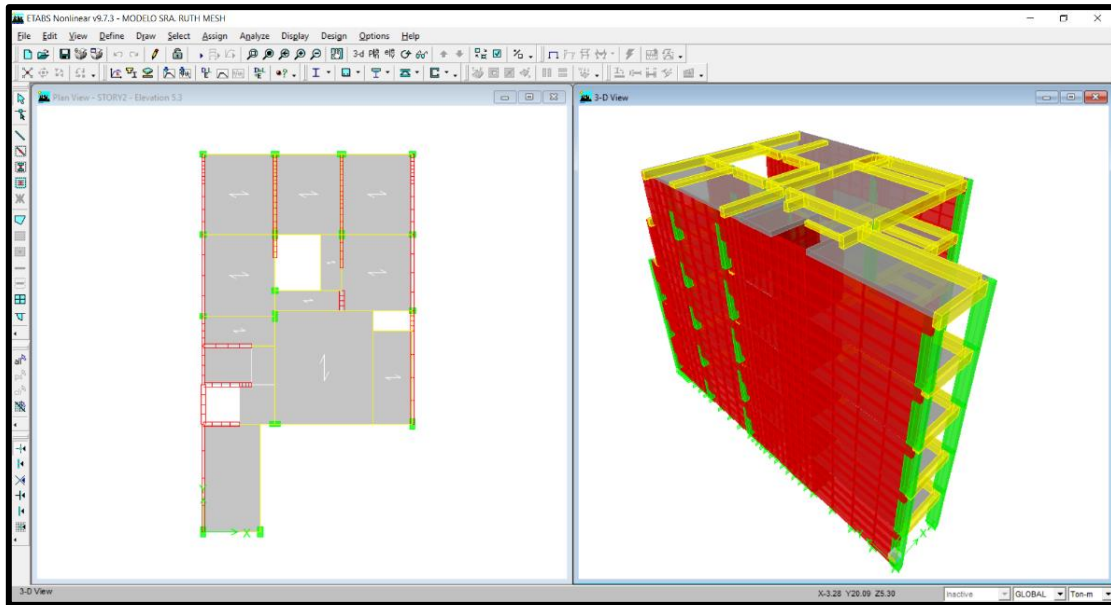


Figura 47: Modelo Estructural con el sistema de Muros Estructurales de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural

Fuente: Elaboración propia

Analizando los modos de vibración de la estructura. Se consideraron el aporte de todos los modos de vibración (3xpiso).

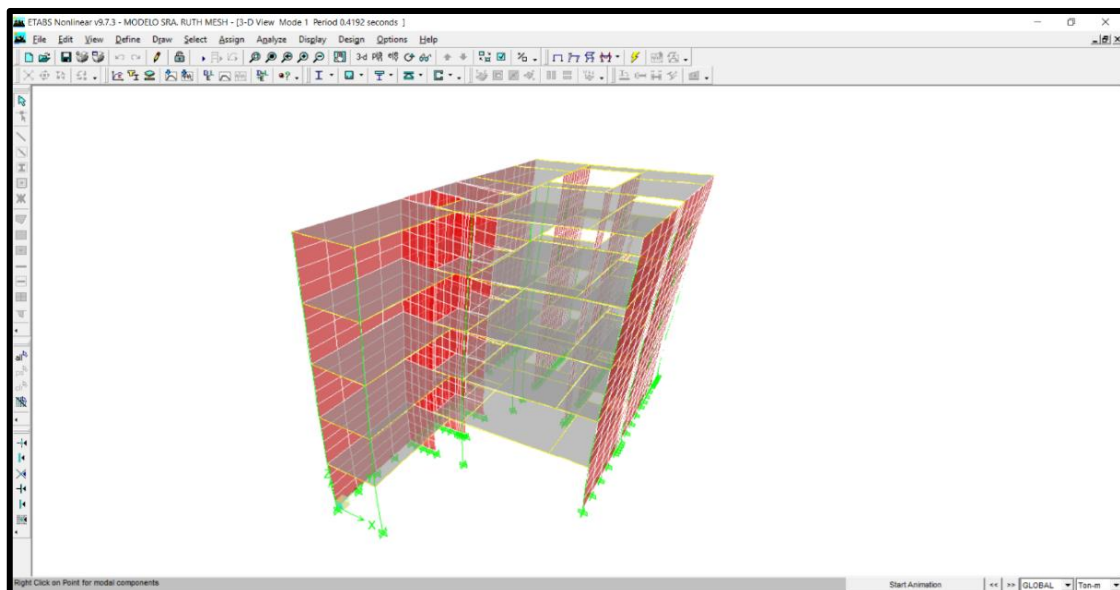


Figura 48: Modo 1 (T=0.42 seg) Primer modo de vibración, se desplaza en dirección X.

Fuente: Elaboración propia

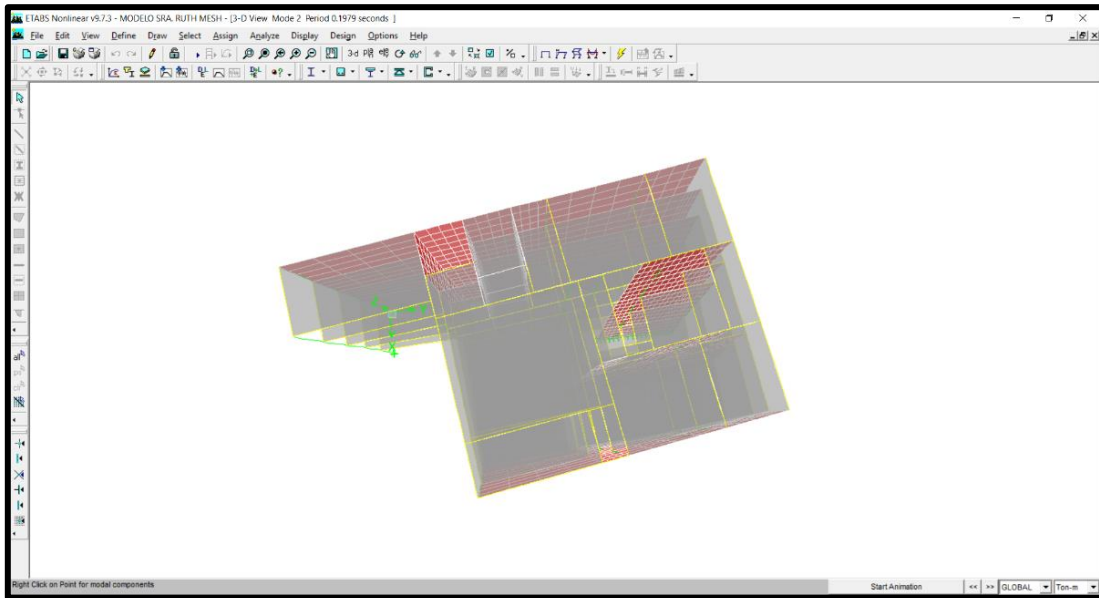


Figura 49: Modo 2 (T=0.20 seg) Segundo modo de vibración, se desplaza en torsión.
Fuente: Elaboración propia

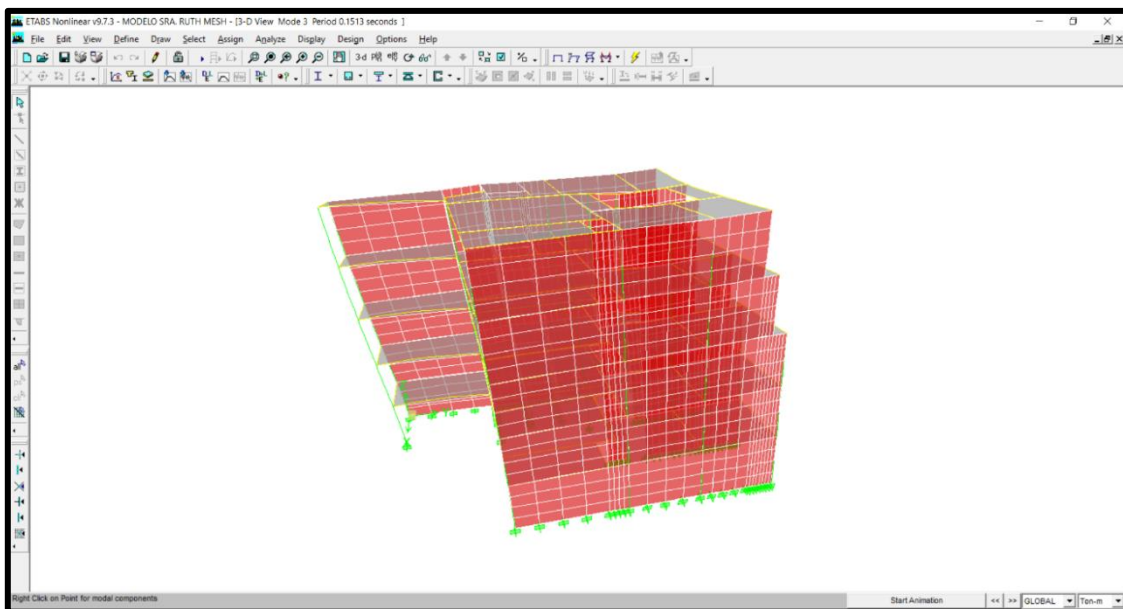


Figura 50: Modo 3 (T=0.15 seg) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y
Fuente: Elaboración propia

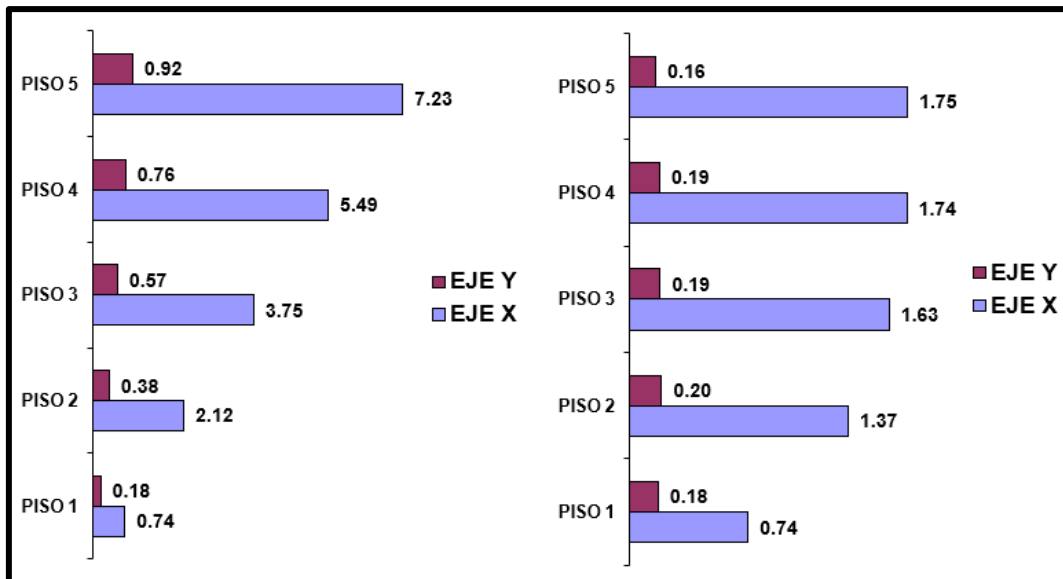
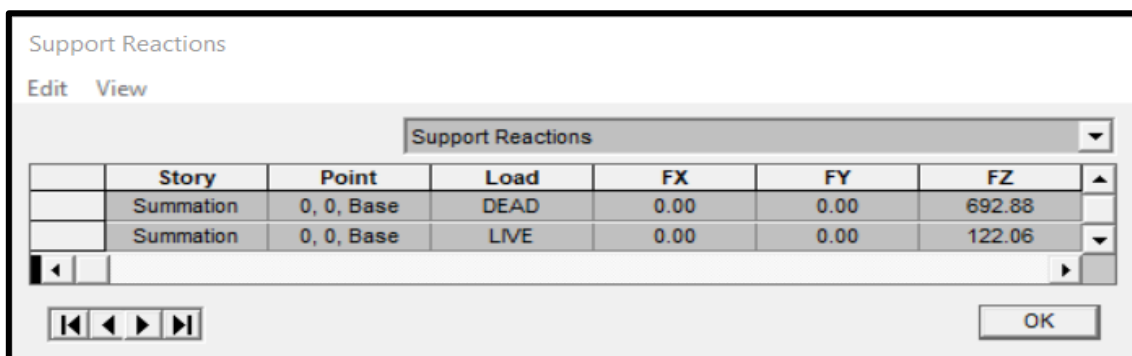


Figura 51: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Absolutos Máx. Relativo (Eje Y) 0.20cm y Dsplz. Entrepiso Máx. Relativo (Eje X) 1.75cm.

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la verificación de cortante en la base con el peso de edificación.



Story	Point	Load	FX	FY	FZ
Summation	0, 0, Base	DEAD	0.00	0.00	692.88
Summation	0, 0, Base	LIVE	0.00	0.00	122.06

Figura 52: Peso de la edificación, carga muerta y carga viva y la sumatoria nos da con la siguiente expresión (100%CM+25%CV) el peso de la edificación es de 724 Ton.

Fuente: Elaboración propia

Con el peso de la edificación se realiza el Análisis Estático.

$$Z = 0.45; U = 1.00; C = 2.50; S = 1.00; R_x = 5.40; R_y = 2.70; P = 724 \text{ Ton}$$

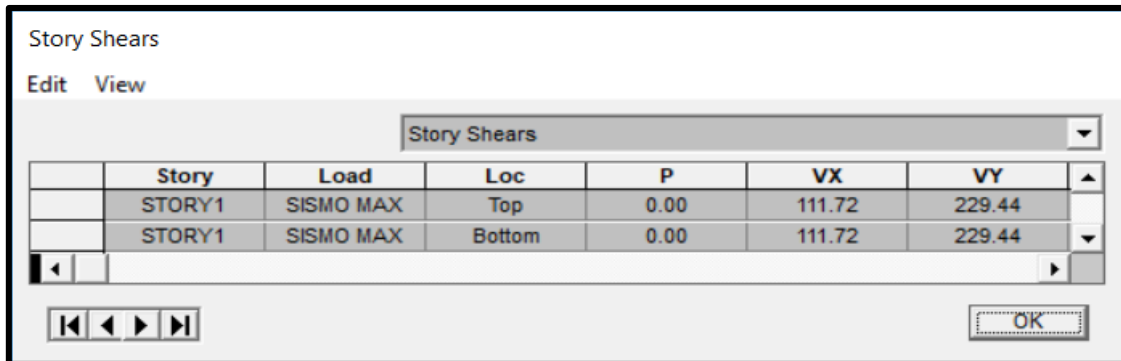
$$V_x = \frac{0.45 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00}{5.40} \times 724$$

$$V_x = 150.84 \text{ Ton.}$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00}{2.70} \times 724$$

$$V_y = 301.67 \text{ Ton.}$$

Posteriormente se realiza el Análisis Dinámico



Story	Load	Loc	P	VX	VY
STORY1	SISMO MAX	Top	0.00	111.72	229.44
STORY1	SISMO MAX	Bottom	0.00	111.72	229.44

Figura 53: Cortante Basal Dinámico, en el eje X: $V_x -x = 111.72$ ton. Y el cortante basal dinámico en el eje Y: $V_y - y = 229.44$ ton.

Fuente: Elaboración propia

La cortante de diseño en la base del edificio no podrán ser menores que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor del 90% para estructuras irregulares.

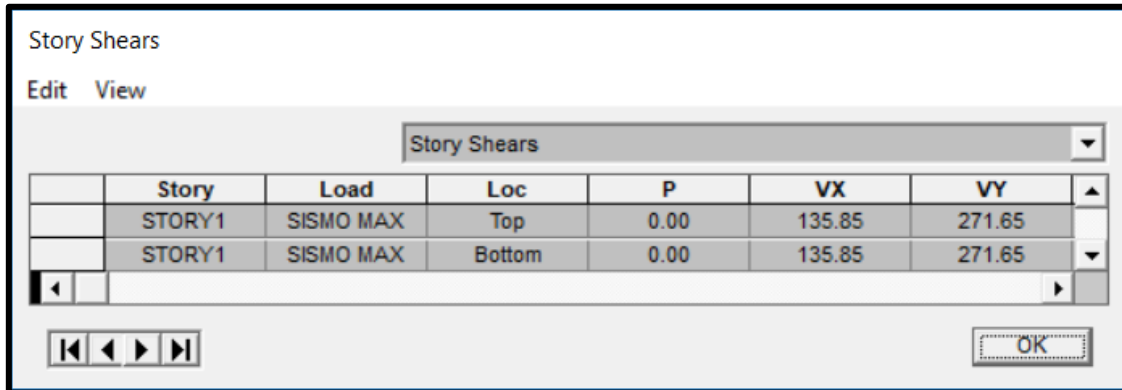
Tabla 25.

Cortantes de Diseño

Cortantes de diseño	V_x	V_y
V estático	150.84	301.67
V dinámico	111.72	229.44
V din./V est.	0.74	0.76
Fact. Mín.	0.90	0.90
Fact. Amp. = (Fact. Mín./(V din./V est.))	1.215	1.183
V diseño = (V dinámico * Fact. Amp.)	135.76	271.50

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el programa se realiza el escalonamiento de las fuerzas sísmicas para cada dirección, de acuerdo a los valores detallados.



Story Shears

Edit View

Story Shears

	Story	Load	Loc	P	VX	VY
	STORY1	SISMO MAX	Top	0.00	135.85	271.65
	STORY1	SISMO MAX	Bottom	0.00	135.85	271.65

OK

Figura 54: Verificación de cortante de diseño en el programa: $V_{x-x} = 135.85$ ton.;
 $V_{y-y} = 271.65$ ton.
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del **objetivo específico 3** se determina el material no convencional que optimizará el comportamiento estructural actual para soportar 2 niveles más en la edificación multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019, realizando las siguientes actividades:

- Análisis y diseño de estructura con el sistema de Muros Estructurales con propuesta de materiales no convencionales.
- Diseño de expediente de reforzamiento de estructuras con sistema de Muros Estructurales con materiales no convencionales.

Con el resultado del modelamiento con el sistema de Muros Estructurales que cumplió los requisitos de la Norma E-030 se realiza nuevamente un modelamiento para analizar el desempeño sísmico con los materiales no convencionales.

Los materiales propuestos a cambiar son:

- Bovedilla de arcilla, Viguetas pretensadas y Tabiquería de Drywall.

• **Sistema de losa aligerada con viguetas pretensadas**

Es un sistema de construcción de losas, rápido, seguro, eficiente y económico. Está conformado por los siguientes elementos:

A. Elementos de soporte PRETENSADOS (viguetas)

Tabla 26.

Tipos de Viguetas Pretensadas

Viguetas	Luz máxima (m)
VSR102	3.5
VSR103	4.5
VSR104	5.5
VSR105	6.5
VSR106	7.5
VSR107	8.5

Fuente: Manual Viguetas Prelistos

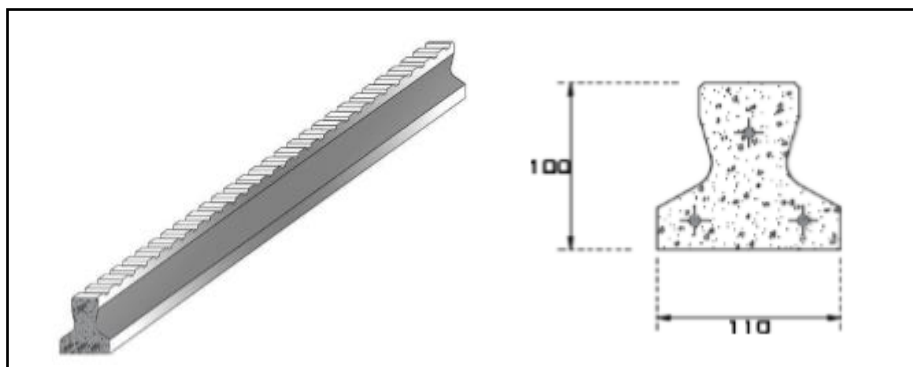


Figura 55: Viguetas Pretensadas en 3D y en Corte

Fuente: Manual Viguetas Prelistos

B. Elementos aligerantes (bovedillas de arcilla) Los elementos aligerantes son básicamente la bovedilla de poliestireno, cemento o arcilla.

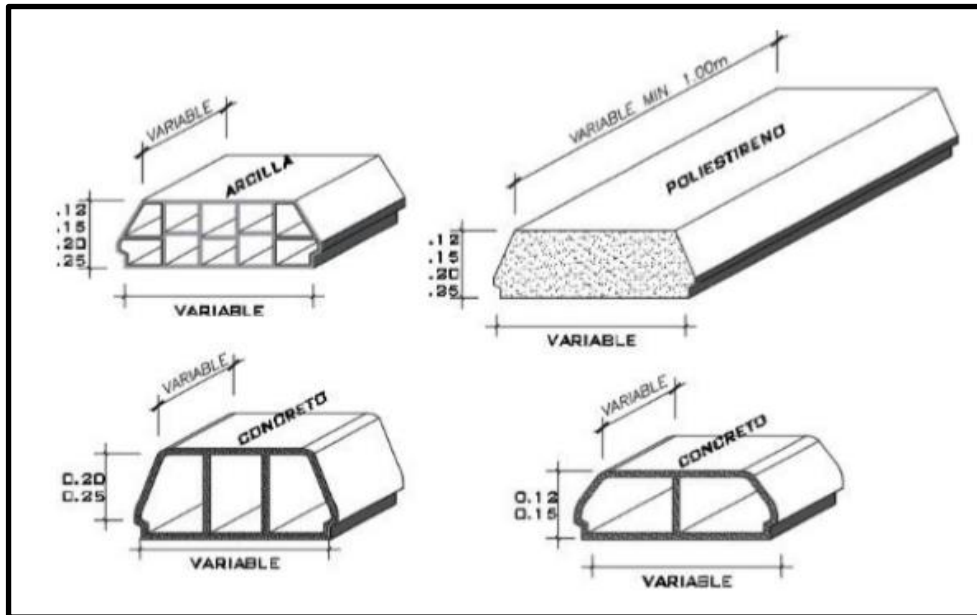


Figura 56: Tipos de bovedilla, su peso promedio varía, según largo y peralte.

Fuente: Manual Viguetas Prelistos

C. Acero negativo (balancín)

La posición de este acero en la losa, es entre el de temperatura y las viguetas y bovedillas, el diámetro y el distanciamiento obedecen al diseño estructural graficado en los planos.

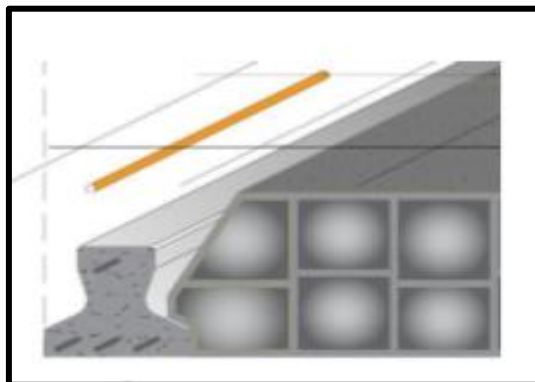


Figura 57: Acero Negativo (Balancín)

Fuente: Manual Viguetas Prelistos

D. Elemento de refuerzo y control de agrietamiento (malla de temperatura)

Para reforzar la capa de compresión a la flexión y tener un control de agrietamiento del concreto, se coloca electrosoldada según el requerimiento del sistema de piso.

E. Losa de compresión de concreto (mínimo 5cm.)

Es la parte superior de todo el sistema. Está formada por concreto vaciado insitu y reforzado con la malla electrosoldada. Su función principal es integrar a todos los elementos componentes del sistema en uno solo para que la losa y vigueta trabajen en colaboración, teniendo con esto una sección compuesta.

✓ Ventajas Económicas:

- Reduce cantidad de concreto por m², aproximadamente entre 10 y 25%
- Reduce la cantidad de acero aproximadamente 60%
- Reduce la utilización de puntales y soleras, eliminando el encofrado inferior (entablado)
- Reduce el tiempo de desencofrado.
- Elimina los desperdicios de concreto y fierro.
- Reduce la duración de la obra permitiendo a las cuadrillas realizar tareas paralelas y aumentando sus rendimientos.
- El tiempo de montaje y puesta en servicio de los elementos prefabricados es menor que el de las soluciones tradicionales, obteniendo menores plazos de construcción.

✓ Ventajas Técnicas:

- Se eliminan las cangrejeras en el fondo de la losa.
- Se reduce el riesgo de fisuración, al tener a toda la sección sometida a compresión las tensiones se reducen y/o eliminan.
- Se disminuyen deflexiones que causan fisuras en la propia losa y en los tabiques de ladrillo.
- Se garantiza la calidad de las viguetas y del sistema aligerado respetando el ancho de estas y el espesor del recubrimiento eliminando cualquier problema de corrosión.
- Se garantiza la resistencia del concreto en comparación de las viguetas vaciadas insitu.

- **Sistema Drywall**

Es un sistema constructivo no convencional, que no emplea agua en su desarrollo, de allí su nombre en inglés Drywall, que significa muro seco. Este sistema de construcción en seco ha revolucionado nuestros sistemas constructivos convencionales.

- ✓ **Ventajas**

- Es rápido: Corto tiempo de instalación.
- Liviano: El peso del sistema Drywall es de 50 kg/m²
- Económico: Menor tiempo de ejecución de la obra, menos gastos.
- Confort térmico: Mantiene cada ambiente con su propia temperatura.
- Es aislante acústico: Calificado como un material altamente aislante.
- Es incombustible: Están compuestos por un 20% de agua cristalizada.
- Durabilidad: No se expande ni se contrae con los cambios de temperatura.
- Es inmune a hongos y polillas.
- El acero galvanizado de la estructura no se oxida.
- De fácil instalación: Las instalaciones (eléctricas, telefónicas, de computo, sanitarias, etc.) van empotradas y se van armando simultáneamente dentro de las placas.
- Conveniencia: Dado que el Sistema Drywall es en seco no hay aporte de humedad durante su construcción. Por su velocidad de su armado, ejecución y limpieza, es ideal para proyectos de remodelación y ampliación.

- ✓ **Tabiques**

El tabique en el sistema Drywall consiste básicamente en una estructura de perfiles metálicos (rieles y parantes) fijada tanto al piso como al techo con andares de fijación y forradas por ambas caras (normalmente) con planchas de yeso o fibrocemento.

Los perfiles metálicos que conforman dicha estructura se unen entre sí mediante tornillos. Del mismo modo se fijan las planchas a la estructura. Las cintas entre plancha y plancha se tratan con cinta de papel y una mezcla compuesto especial, teniendo como resultado una superficie lisa y uniforme lista para el acabado.

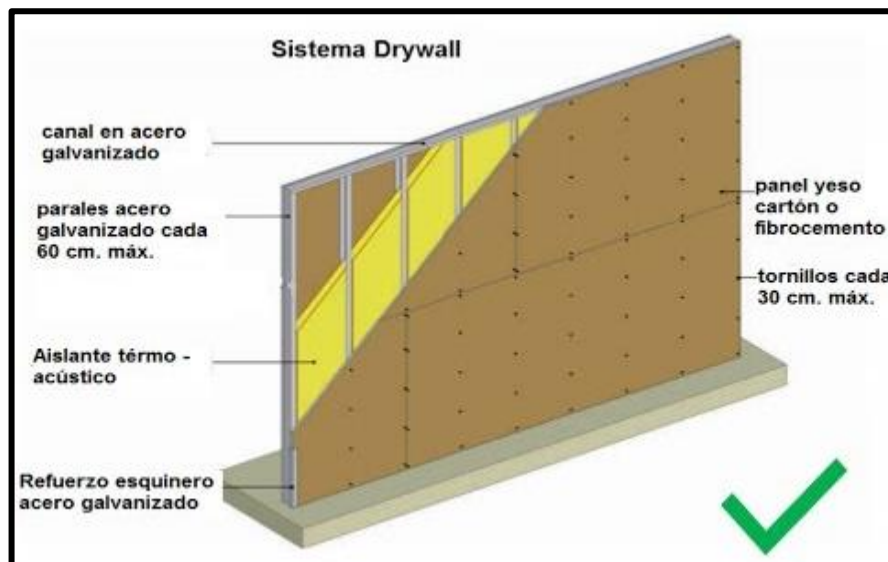


Figura 58: Elementos que conforman un Tabique de Drywall

Fuente: ConstruReyes Ingeniería.

Se realizó el modelamiento cambiando:

El sistema de losa aligerada de altura $H=0.20\text{m}$ con viguetas convencionales de concreto vaciadas in situ y ladrillos de arcilla de techo por un sistema de losa de altura $H=0.20\text{m}$. con viguetas pretensadas y ladrillos bovedillas de arcilla. La tabiquería de ladrillo pandereta de arcilla de espesor 0.15m por tabiquería de Drywall con planchas de yeso.

El tipo de vigueta se selecciona de acuerdo a la luz libre. Ver cuadro en anexo n°8.

Para bajar el peso de la estructura con elementos estructurales y no estructurales que no son convencionales se debe considerar el peso real de los materiales. La norma E-020 nos

dice que el peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes.

- ✓ Peso de m² de losa aligerada H=0.20m con ladrillo de arcilla y viguetas vaciadas insitu = 300 kg/m²
- ✓ Peso de losa H=0.20m con sistema de viguetas pretensadas con bovedilla de arcilla = 280 kg/m²
- ✓ Peso de m² de tabique e=0.15m. de ladrillo pandereta de arcilla = 150 kg/m²
- ✓ Peso de m² de tabique e=0.10m. de Drywall de planchas de yeso = 50 kg/m²

Se analiza nuevamente la estructura cambiando los materiales convencionales con los materiales propuestos (no convencionales) y se evaluará sísmicamente su comportamiento con el modelo del sistema de Muros Estructurales.

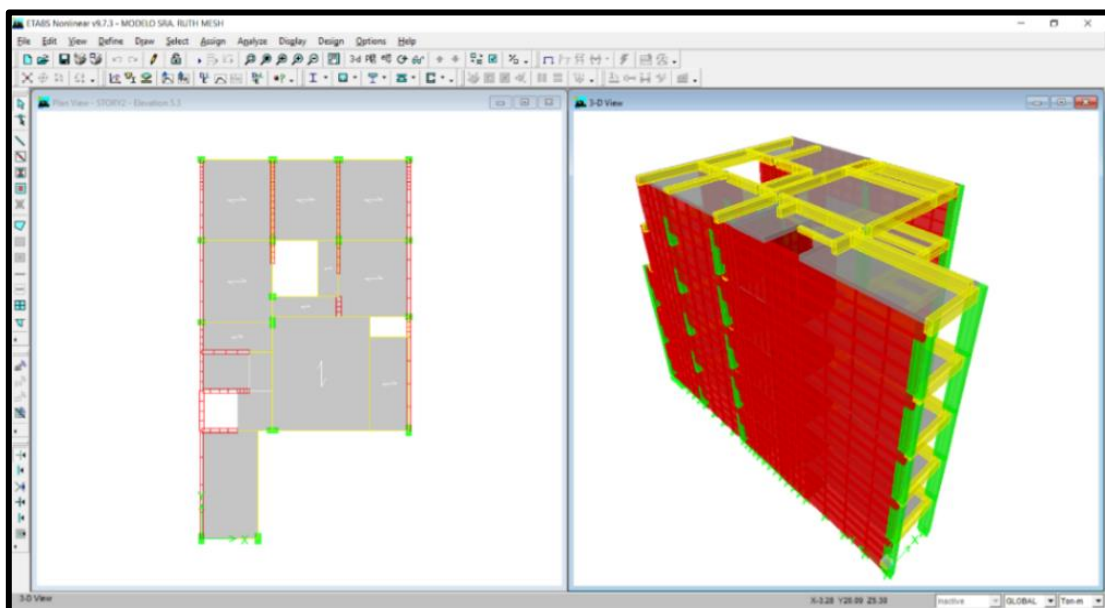


Figura 59: Modelo Estructural con el sistema de losa con viguetas pretensadas de los 5 pisos de la edificación en evaluación estructural

Fuente: Elaboración propia

Introducción de Grafica de cargas al Etabs:

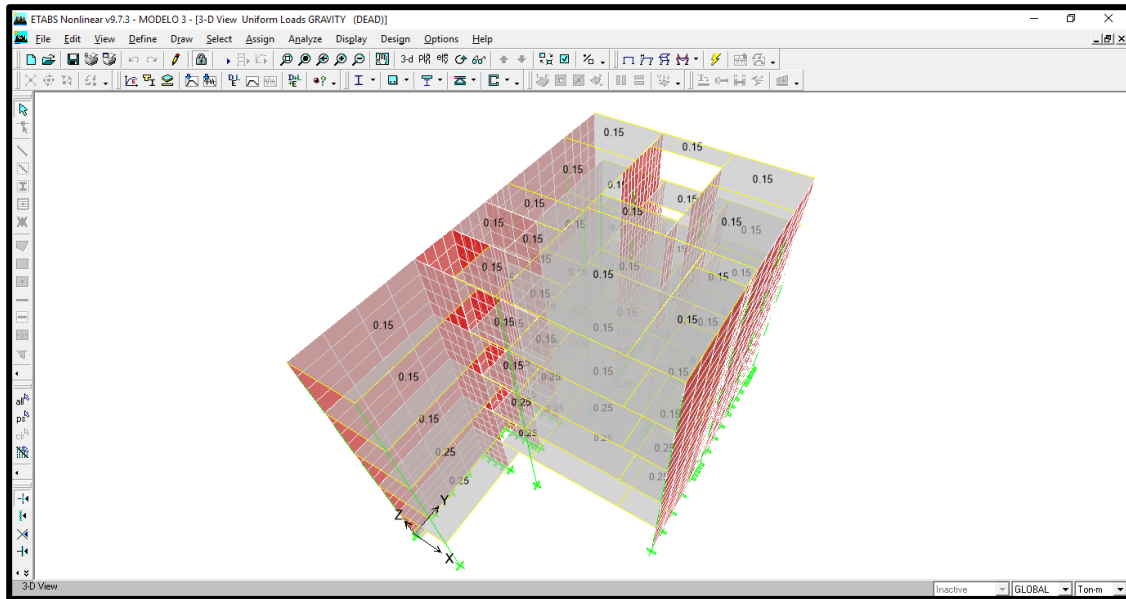


Figura 60: Carga Muerta (D) aplicada a las losas (Ton/m²) correspondiente a las cargas asignadas a las losas, internamente el programa distribuye estas últimas a las vigas y estas a su vez a las columnas.

Fuente: Elaboración propia

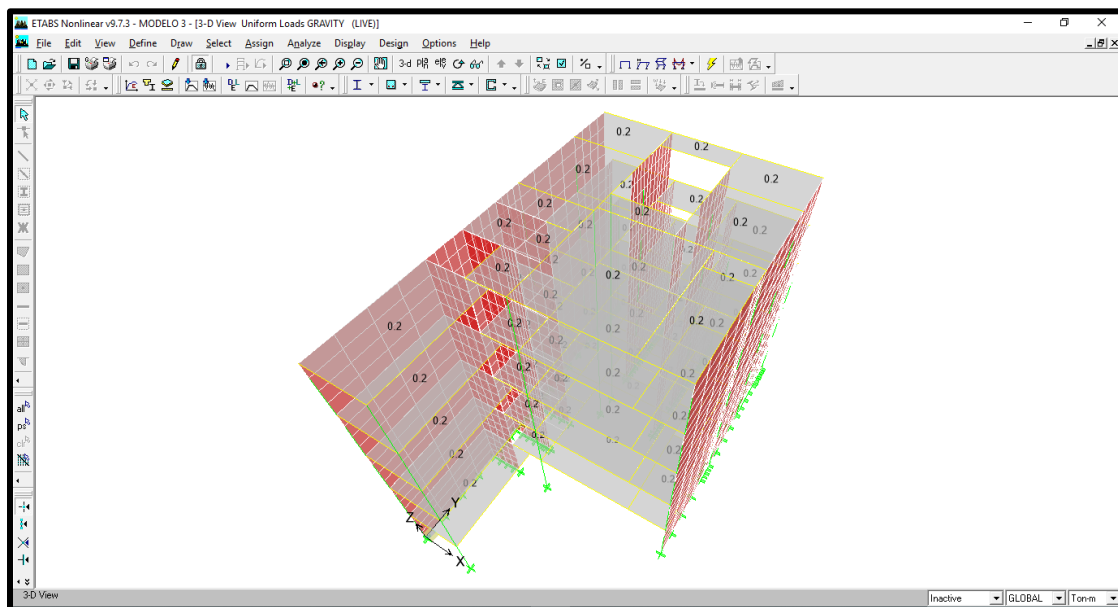


Figura 61: Carga Viva (L) aplicada a las losas (Ton/m²). Sobrecargas asignadas a la estructura, correspondiente a las cargas asignadas a las losas, internamente el programa distribuye estas últimas a las vigas y estas a su vez a las columnas.

Fuente: Elaboración propia

Analizando los modos de vibración de la estructura. Se consideraron el aporte de todos los modos de vibración (3x piso).

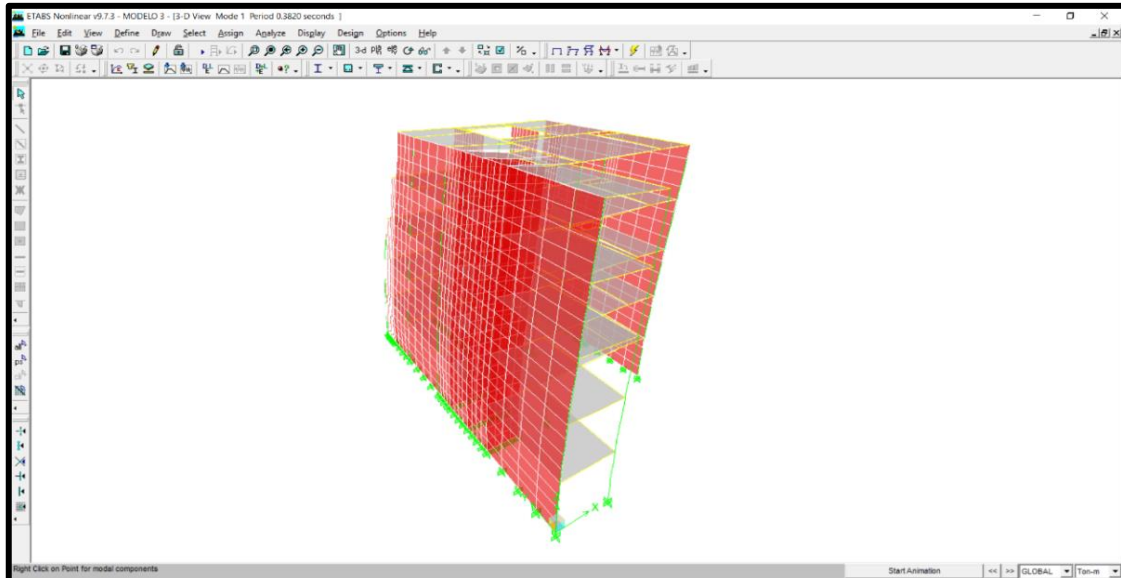


Figura 62: Modo 1 (T=0.38 seg) Primer modo de vibración, se desliza en dirección X.
Fuente: Elaboración propia

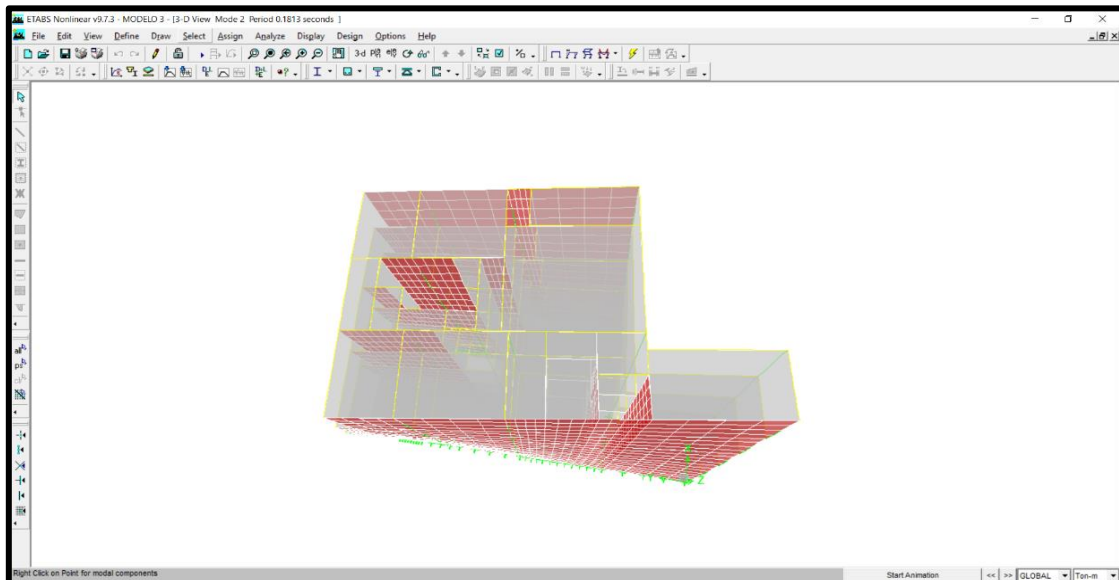


Figura 63: Modo 2 (T=0.18 seg) Segundo modo de vibración, se desliza en torsión
Fuente: Elaboración propia

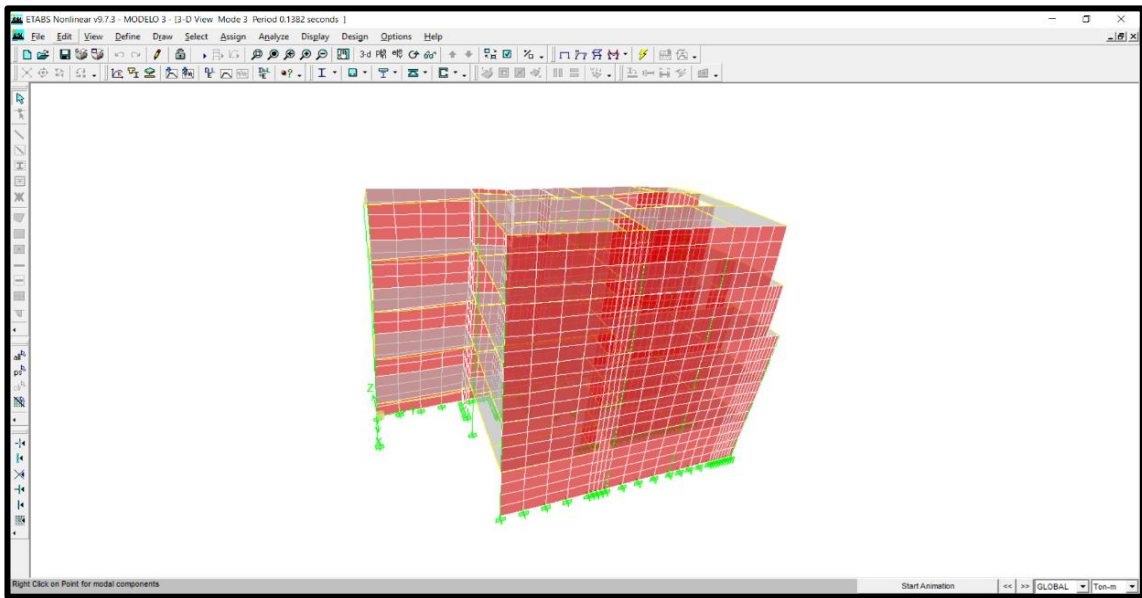


Figura 64: Modo 3 (T=0.14 seg) Tercer modo de vibración, se desplaza en dirección Y

Fuente: Elaboración propia

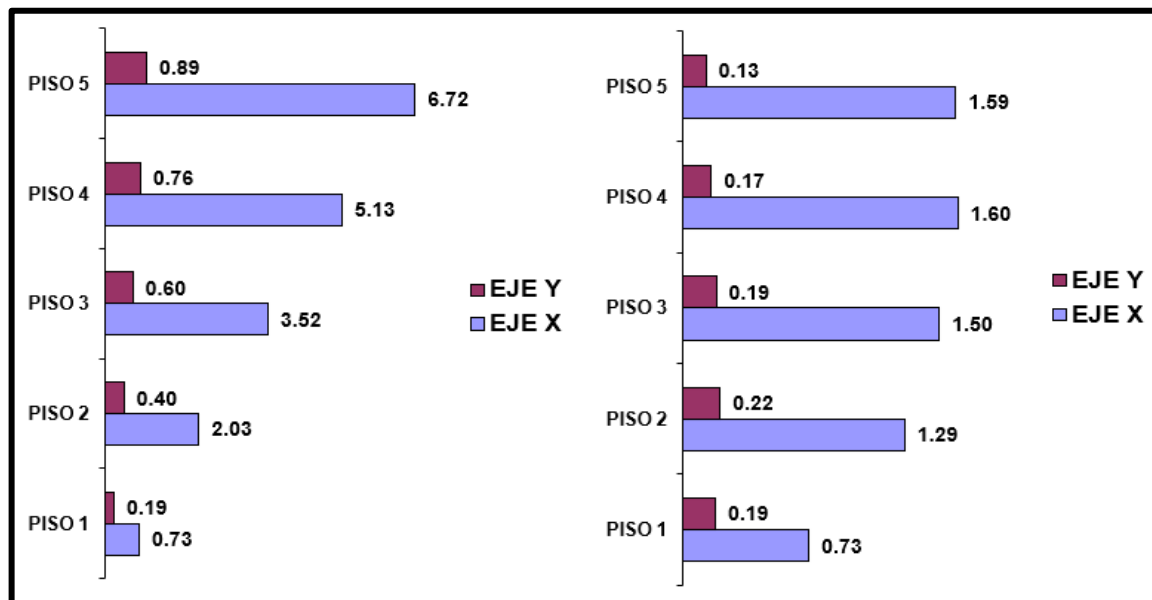


Figura 65: Desplazamientos Absolutos y Relativos o de Entrepiso: Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 1.60 cm; Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.22 cm.

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la verificación de cortante en la base con el peso de edificación.

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
Summation	0, 0, Base	DEAD	0.00	0.00	629.17
Summation	0, 0, Base	LIVE	0.00	0.00	122.06

Figura 66: Peso de la edificación, carga muerta y carga viva y la sumatoria nos da con la siguiente expresión (100%CM+25%CV) el peso de la edificación es de 660 Ton.

Fuente: Elaboración propia

Con el peso de la edificación se realiza el Análisis Estático. Con los siguientes parámetros que hemos hallado.

Z = 0.45; U = 1.00; C = 2.50; S = 1.00; Rx = 5.40; Ry = 2.70; P = 660 Ton

$$V_x = \frac{0.45 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00}{5.40} \times 660$$

$$V_x = 137.50 \text{ Ton.}$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00}{2.70} \times 660$$

$$V_y = 275.00 \text{ Ton.}$$

Story	Load	Loc	P	VX	VY
STORY1	SISMO MAX	Top	0.00	103.67	207.01
STORY1	SISMO MAX	Bottom	0.00	103.67	207.01

Figura 67: Cortante Basal Dinámico en el eje X: $V_x - x = 103.67$ ton. Y el cortante basal dinámico en el eje Y: $V_y - y = 207.01$ ton.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realiza el Análisis Dinámico

La cortante de diseño en la base del edificio no podrán ser menores que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor del 90% para estructuras irregulares.

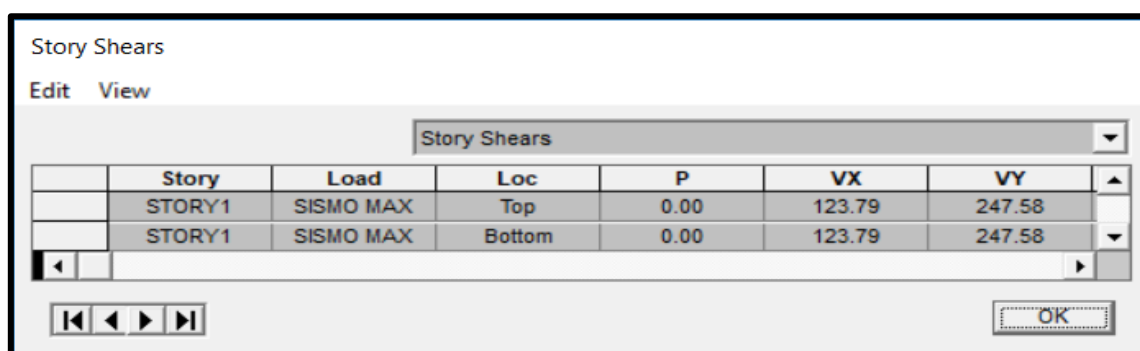
Tabla 27.

Cortantes de Diseño

Cortantes de diseño	V _x	V _y
V estático	137.50	275.00
V dinámico	103.67	207.01
V din./V est.	0.75	0.75
Fact. Mín.	0.90	0.90
Fact. Amp. = (Fact. Mín./(V din./V est.))	1.194	1.196
V diseño = (V dinámico * Fact. Amp.)	123.75	247.50

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el programa se realiza el escalonamiento de las fuerzas sísmicas para cada dirección, de acuerdo a los valores detallados.



Story	Load	Loc	P	VX	VY
STORY1	SISMO MAX	Top	0.00	123.79	247.58
STORY1	SISMO MAX	Bottom	0.00	123.79	247.58

Figura 68: Verificación de cortante de diseño en el programa: V_{x-x} = 123.79 ton.;
V_{y - y} = 247.58 ton.

Fuente: Elaboración propia

Con las fuerzas sísmicas escaladas y cumpliendo los requisitos de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030, se procede a diseñar los planos donde se especifica los encofrados, vigas, cimentación, columnas, detalles, etc. Ver planos en Anexos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Resultados del **Objetivo específico 1**, se evaluó y determinó el estado estructural actual de la edificación existente multifamiliar Ruth, para lo cual presento los siguientes resultados:

- Verificación visual de elementos estructurales según planos existentes

Según los planos existentes verificamos todos los elementos estructurales estén construidos como en el diseño del plano y que estén en buen estado, sin fisuras ni daños, lo cual fue conforme:

Vigas peraltadas de medidas: 0.25m. x 0.40m.

Vigas chatas de medidas: 0.20m. x 0.40m. y 0.20m. x 0.15m.

Columnas de medidas: 0.25m. x 0.95m., 0.25m. x 0.40m., 0.25m. x 0.30m.

Losas aligeradas H=0.20m.

Muros de soga, de espesor 0.15m.

- Verificación del acero de refuerzo

Según plano existente en las columnas el acero de refuerzo tenemos de 1/2" y de 5/8", cuales con la verificación desde la azotea de la edificación fue conforme.

Según plano existente los estribos deben estar ubicados: 3/8":1@.05,5@.10, 3@.15,

Resto@.20 los cuales fueron detectados con el escáner de acero en la respectiva ubicación de todas las columnas en todos los pisos.

- Ensayo de Esclerometría

Tabla 28.

Resistencia de cada Columna obtenida con el Ensayo de Esclerometría

F'c(Kg/cm²) Diseño	F'c(Kg/cm²) real	Porcentaje de diferencia
210.00	217.50	103.57%
210.00	235.39	112.09%
210.00	229.43	109.25%
210.00	249.31	118.72%
210.00	227.44	108.30%
210.00	223.46	106.41%
210.00	221.48	105.47%
210.00	233.41	111.15%
210.00	235.39	112.09%
210.00	235.39	112.09%
210.00	199.60	95.05%
210.00	235.39	112.09%
210.00	251.30	119.67%
210.00	233.41	111.15%
210.00	197.61	94.10%
210.00	215.51	102.62%
210.00	221.48	105.47%
210.00	249.31	118.72%
210.00	215.51	102.62%
210.00	229.43	109.25%
210.00	217.50	103.57%
210.00	221.48	105.47%
210.00	215.51	102.62%
210.00	203.58	96.94%
210.00	199.60	95.05%
210.00	219.49	104.52%
210.00	227.44	108.30%
210.00	215.51	102.62%
210.00	211.53	100.73%
210.00	205.57	97.89%
210.00	215.51	102.62%
210.00	251.30	119.67%
210.00	233.41	111.15%
210.00	223.46	106.41%
210.00	191.65	91.26%
210.00	219.49	104.52%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se observa la resistencia de diseño, la resistencia de cada columna obtenida con el ensayo de esclerometría y la diferencia de resistencia de diseño.

- Análisis Estadístico Inferencial

Existe una diferencia significativa positiva entre las medias de las Resistencias a la compresión y el de diseño, por lo cual se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que existe evidencia suficiente para afirmar que la media de las resistencias de las columnas de la edificación multifamiliar Ruth es significativamente mayor a 210 kg/cm².

- Verificación de densidad Mínima de Muros eje Y

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

0.04 > 0.02 CUMPLE

Los muros de soga existentes con un espesor de 0.15m. en la verificación de densidad mínima de muros en el eje Y arrojaron un valor de 0.04 el cual es mayor que 0.02, cumpliendo el requerimiento de la Norma E-070 mencionado anteriormente.

La edificación multifamiliar Ruth no cuenta con muros de albañilería en el eje X, incumpliendo los requerimientos de la Norma E-070.

- Análisis de modos de vibración

Los resultados de los modos de vibración arrojaron periodos distintos al periodo del suelo $T_p = 0.4$, es así que la estructura no genera resonancia y cumple con los requerimientos de la Norma E-030.

- Desplazamientos Máximos permisibles

Con los desplazamientos obtenidos de la edificación multifamiliar Ruth se realiza la verificación que no deba exceder la fracción de altura de entrepiso (distorsión) que indica la Norma E-030.

- Para el eje X, material predominante Concreto Armado, el límite de distorsión es 0.007

Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 2.46cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 2.46/265 = 0.0093 > \mathbf{0.007 \text{ NO CUMPLE}}$

- Para el eje Y, material predominante Albañilería, el límite de distorsión es 0.005

Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.09cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 0.09/265 = 0.0003 < \mathbf{0.005 \text{ CUMPLE}}$

- Comparación de fuerza axial amplificada versus resistencia axial nominal

Tabla 29.

Porcentaje de Capacidad que está utilizando cada Columna Existente

Columna	Pn	Pu	Pn \geq Pu	Pu/(fPn)
Eje 4-A	95.98 Ton	13.50 Ton	OK	14.07%
Eje 5-D	303.07 Ton	95.60 Ton	OK	31.54%
Eje 5-E	95.98 Ton	26.23 Ton	OK	27.33%
Eje 6-C	96.69 Ton	28.25 Ton	OK	29.22%
Eje 7-A	96.69 Ton	18.70 Ton	OK	19.34%
Eje 7-C	132.01 Ton	38.79 Ton	OK	29.38%
Eje 7-D	132.01 Ton	39.63 Ton	OK	30.02%
Eje 7-E	96.69 Ton	22.97 Ton	OK	23.76%
Eje 8-A	95.98 Ton	15.60 Ton	OK	16.25%
Eje 8-C	128.68 Ton	29.77 Ton	OK	23.14%
Eje 8-D	128.68 Ton	28.64 Ton	OK	22.26%
Eje 8-E	95.98 Ton	16.11 Ton	OK	16.78%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados arrojaron que cada columna existente usa solo el 35% de su capacidad.

- Verificación de dimensiones de zapata existente

Los resultados de la zapata calculada con la carga de dos niveles más nos arrojaron 1.20 x 1.90m., medidas menores a las de la zapata existente.

Resultados del **Objetivo específico 2**, se determinó el sistema estructural más adecuado para reforzar la edificación multifamiliar Ruth. Se modeló la edificación con el sistema Dual y de Muros Estructurales, para lo cual presento los siguientes resultados:

- ✓ Resultado del Análisis del reforzamiento propuesto con el Sistema Dual
- Verificación de densidad de Muros en el eje X

En el eje X se colocaron las placas del ascensor y un muro de cabeza en cajón de escalera, y se verificó que cumplan los desplazamientos permitidos en el RNE.

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

0.0445 > 0.0402 CUMPLE

Los resultados arrojaron un valor de 0.0405 el cual es mayor que 0.0402 cumpliendo el requerimiento de la Norma E-070 mencionado anteriormente.

- Verificación de densidad de Muros en el eje Y

En el eje Y muros de soga los cuales tenemos existentes en los 3 primeros niveles y se complementaron en los niveles superiores colocando el mismo espesor de muro (soga), se colocó una placa del ascensor, y se verificó que cumplan los desplazamientos permitidos en el RNE.

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

0.0443 > 0.0402 CUMPLE

Los resultados arrojaron un valor de 0.0443 el cual es mayor que 0.0402 cumpliendo el requerimiento de la Norma E-070 mencionado anteriormente.

- Análisis de modos de vibración

Los resultados de los modos de vibración arrojaron periodos distintos al periodo del suelo $T_p = 0.4$, es así que la estructura no genera resonancia y cumple con los requerimientos de la Norma E-030.

- Desplazamientos Máximos permisibles

Con los desplazamientos obtenidos se realiza la verificación que no deba exceder la fracción de altura de entrepiso (distorsión) que indica la Norma E-030

- Para el eje X se definió el material predominante Concreto Armado, el límite para la distorsión del entrepiso para Concreto Armado es 0.007

Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 2.01cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 2.01/270 = 0.0074 > \mathbf{0.007}$ **NO CUMPLE**

- Para el eje Y se definió el material predominante Albañilería, el límite para la distorsión del entrepiso para Albañilería es 0.005

Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.24cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 0.24/270 = 0.0009 < \mathbf{0.005}$ **CUMPLE**

- ✓ Resultado del Análisis de propuesta de Reforzamiento con el Sistema de Muros

Estructurales:

- Verificación de densidad de Muros en el eje X

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

0.0577 > 0.0402 CUMPLE

Los resultados arrojaron un valor de 0.0577 el cual es mayor que 0.0402 cumpliendo el requerimiento de la Norma E-070 mencionado anteriormente.

- Verificación de densidad de Muros en el eje Y

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

0.0443 > 0.0402 CUMPLE

Los resultados arrojaron un valor de 0.0443 el cual es mayor que 0.0402 cumpliendo el requerimiento de la Norma E-070 mencionado anteriormente.

- Análisis de modos de vibración

Los modos de vibración arrojaron periodos distintos al periodo del suelo $T_p = 0.4$, es así que la estructura no genera resonancia y cumple con los requerimientos de la Norma E-030.

- Desplazamientos Máximos permisibles

Con los desplazamientos obtenidos se realiza la verificación que no deba exceder la fracción de altura de entrepiso (distorsión) que indica la Norma E-030

- Para el eje X, material predominante Concreto Armado, el límite de distorsión es 0.007

Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 1.75cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 1.75/270 = 0.0065 < 0.007$ **CUMPLE**

- Para el eje Y, material predominante Albañilería, el límite de distorsión es 0.005

Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.20cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 0.20/270 = 0.0007 < \mathbf{0.005}$ CUMPLE

Resultados del **Objetivo específico 3**, se determinó materiales no convencionales para optimizar el comportamiento estructural de la edificación multifamiliar Ruth ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.

Materiales no convencionales: Sistema de losas con viguetas pretensadas con bovedilla de arcilla y tabiques de Drywall con planchas de yeso.

✓ Resultado del Análisis de la Estructura con materiales No Convencionales:

- Análisis de modos de vibración

Los resultados de los modos de vibración arrojaron periodos distintos al periodo del suelo $T_p = 0.4$, es así que la estructura no genera resonancia y cumple con los requerimientos de la Norma E-030.

- Desplazamientos Máximos permisibles

Con los desplazamientos obtenidos se realiza la verificación que no deba exceder la fracción de altura de entrepiso (distorsión) que indica la Norma E-030

- Para el eje X, material predominante Concreto Armado, el límite de distorsión es 0.007

Dsplz. Máx. Relativo (Eje X) 1.60cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 1.60/270 = 0.0059 < \mathbf{0.007}$ CUMPLE

- Para el eje Y, material predominante Albañilería, el límite de distorsión es 0.005

Dsplz. Máx. Relativo (Eje Y) 0.22cm

Valor Relativo de Entrepiso: $D_i/H_i = 0.22/270 = 0.0008 < \mathbf{0.005}$ CUMPLE

- Peso de la edificación

El peso de la estructura con materiales convencionales de 724 Ton. Y el peso de la estructura con materiales no convencionales que es de 660 Ton., teniendo una reducción de 64 toneladas, con materiales no convencionales.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIONES

De acuerdo con Zambrano K. (2017), en su tesis de Comparación de los Ensayos de Diamantina y Esclerometría de la pavimentación de Los Jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca, concluye que la determinación de resistencia a compresión por medio de esclerómetro puede estar afectada por la rugosidad de la superficie, tamaño, forma, edad y condición de humedad del elemento. Es por eso que la presente tesis se aplica un factor de corrección a las resistencias obtenidas con el esclerómetro.

De acuerdo con Quiun D. (2017), en su tesis de Diseño Estructural de viviendas de Muros delgados de Concreto Armado, concluye que el sistema estructural optado fue el de Muros Estructurales como elementos responsables para soportar las solicitaciones sísmicas. En la presente tesis se llega a determinar que el sistema de Muros Estructurales refuerza la estructura de la edificación y la vuelve sismorresistente.

De acuerdo con Castañeda C. (2017), en su tesis Uso de viguetas pretensadas para el incremento de la productividad en la obra Escuela PNP - Puente Piedra – Lima - 2017, concluye que la construcción de una losa aligerada con el sistema de viguetas pretensadas y bovedillas es 14% más liviana que la losa construida convencionalmente. En la presente tesis se optó por reducir las cargas de la edificación con el sistema de losas con viguetas pretensadas con bovedillas de arcilla y el resultado fue positivo, al reducir 64 toneladas al peso de la estructura.

4.2 CONCLUSIONES

En la evaluación se determinó que la estructura existente los elementos estructurales, tanto vigas, columnas y muros se encuentran en buen estado estructural sin daños ni fisuras. Pero solo cuenta con muros de soga en el eje Y, y ningún muro en el eje X, le falta rigidez en dicho eje y los desplazamientos en el eje X superan el valor de distorsión máxima requerido en la norma E-030. Es por ello que se concluye que no es sismorresistente.

Se modeló la estructura en dos propuestas de reforzamientos, Sistema Dual y Sistema de Muros Estructurales, a fin de que la estructura sea sismorresistente:

- Con el sistema Dual al colocarle las placas en el ascensor y el muro de cabeza en el cajón de escalera en eje X, y continuar los muros de soga existentes en el eje Y, cumplió en densidad de muros, pero no cumplieron los desplazamientos requeridos en la Norma E-030 por lo que se concluye que no se puede reforzar con dicho sistema.
- Con el sistema de Muros Estructurales al colocarle placas en el ascensor, placa en el cajón de escalera en el eje X, y continuar los muros de soga existentes en el eje Y, cumplió en densidad de muros, y cumplieron los desplazamientos requeridos de la Norma E-030 por lo que se concluye que con el sistema de muros estructurales es la mejor opción para reforzar la estructura.

Se logró reducir el peso de la estructura con materiales no convencionales estos fueron:

- Sistema de losas $H=0.20\text{m}$. con viguetas pretensadas con bovedilla de arcilla
- Tabiques $e=0.15\text{m}$. de Drywall con planchas de yeso.

El cambio de estos materiales redujo 64 toneladas menos al peso de la estructura, produciendo una disminución de las cargas sobre todos los elementos estructurales y reduciendo la fuerza de sismo sobre la estructura, ya que esta es directamente proporcional al peso de la edificación.

4.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda reforzar la edificación existente Multifamiliar Ruth con elementos que den rigidez en el eje X, para poder ampliar dos niveles más.

Se recomienda reforzar la edificación Multifamiliar Ruth con el Sistema de Muros Estructurales colocando placas en dirección X, a fin de dar rigidez en dicho eje y pueda cargar la ampliación de dos niveles más sin problemas.

Se recomienda la utilización del sistema de Losa con Viguetas pretensadas $H=0.20\text{m}$. con bovedillas de arcilla y el uso de tabiques de Drywall $e=0.15\text{m}$. con planchas de yeso, ya que tienen un peso menor a los materiales convencionales, al lograr reducir el peso la edificación tendrá un mejor comportamiento ante un sismo.

REFERENCIAS

Blanco, A. (2011). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Norma E.060 Concreto Armado. *El Peruano*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Norma E.070 Albañilería. *El Peruano*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. *El Peruano*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. *El Peruano*.

Huaynate, G. (2017). *Tesis para optar el título de Ingeniero "Diseño Estructural de Edificios de Viviendas de Muros Delgados de Concreto Armado"*. Lima, Perú: Imprenta PUCP.

Castañeda, C. (2017). *Uso de viguetas pretensadas para el incremento de la productividad en la obra Escuela PNP-Puente PiedraLima-2017*. Lima - Perú: Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo

Zambrano, K. (2017). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil *"Comparación de los ensayos de Diamantina y Esclerometría de la pavimentación de Los Jirones Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca"*. Cajamarca, Perú: Imprenta Universidad Nacional de Cajamarca.

Cismid .(28/09/2017). *Lima: 60% de viviendas autoconstruidas pueden derrumbarse ante un sismo Correo*, pag.20

Blanco, A. (Mayo del 2011). *Evolución de la Norma de Sismorresistencia*. Recuperado de Conferencia ACI

Capeco, . (2017). *El alto riesgo de las viviendas informales*. [Segun Capeco el 80% de viviendas son informales]. Recuperado de <https://www.construyebien.com/blog/construccion-viviendas-informales/>

Olga Zarepta Cuchi. (Mayo 2015). *Sistema Drywall, ventajas y usos*. . civilgeeks.com Ingeniería y Construcción Recuperado de <https://civilgeeks.com/2015/05/28/sistema-drywall-ventajas-y-usos/>

MIXERCON, . (2019). *PRELISTOS, Sistema Integral de Losas Aligeradas*. Perú: Mixercon

Gonzales, Farro, Castro, Gonsalez, Vasquez, . (Noviembre 2014). *Esclerometría*. [Determinación del índice de rebote, utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/leydycastro96/esclerometria>

Espinoza, E. (Setiembre 2017). *Capeco:El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto*. ["El 70% de las viviendas construidas en Lima y, por consiguiente, una proporción de un poco más alta en el resto del país son construidas sin pasar por ningún proceso formal"]. Recuperado de <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>

García, F. (Mayo 2018). *El alto riesgo de las viviendas informales*. [En el Perú, se estima que solo el 20% son viviendas formales. ¿Qué significa esto y cuáles son los riesgos que implica?]. Recuperado de <https://www.construyebien.com/blog/construccion-viviendas-informales/>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de Consistencia

Título: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR RUTH, UBICADA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2019						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>GENERAL La edificación multifamiliar Ruth podrá soportar la ampliación de 2 niveles más, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019</p> <p>ESPECÍFICOS 1. ¿Cuál es el estado actual de las estructuras de la edificación multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019? 2. ¿Cuál es el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más en la edificación multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019?</p>	<p>GENERAL Determinar si la edificación multifamiliar Ruth podrá soportar la ampliación de 2 niveles más, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019.</p> <p>ESPECÍFICOS 1. Determinar el estado actual de las estructuras de la edificación multifamiliar Ruth, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima 2019. 2. Determinar el sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2</p>	<p>GENERAL Las estructuras actuales de la edificación multifamiliar Ruth soportaran la ampliación de dos niveles más, para reforzar con nuevos elementos estructurales.</p> <p>ESPECÍFICAS 1. El estado actual de las estructuras de la edificación multifamiliar Ruth, se determinará mediante el ensayo de esclerometría y modelamiento de la estructura existente siguiendo los requerimientos de la Norma E-030 y E-070. 2. El sistema estructural más adecuado para reforzar la estructura existente para soportar 2 niveles más en la</p>	<p>Variable Independiente Reforzamiento estructural siguiendo los requerimientos de la Norma E-030 y E-070.</p> <p>Variable Dependiente Ampliación de dos niveles más en la vivienda multifamiliar Ruth utilizando el Modelamiento de diferentes sistemas estructurales con uso de software Etabs.</p>	<p>Norma E-030</p> <p>Norma E-070</p>	<p>-Desplazamientos Di/Hi<0.007(Concreto armado) Di/Hi<0.005 (Albañilería) -Modos de vibración Modos <o >Tp Tp=0.4</p> <p>-Densidad mínima de muros.</p> <p><i>Area de Corte de los Muros</i> $\frac{\text{Area de la Planta Típica}}{\sum L \cdot t} = \frac{A_p}{Z \cdot U \cdot S \cdot N} \geq \frac{1}{56}$</p>	<p>-Planos Existentes -Esclerómetro. -Detector de acero -Software Etabs. -Normas técnicas peruanas.</p>

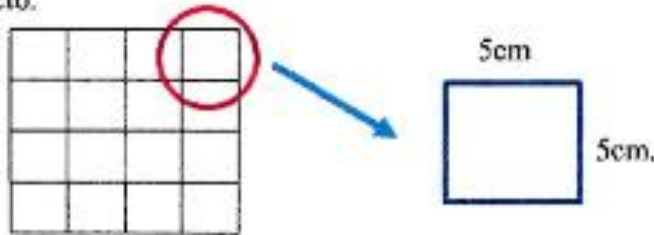
Título: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR RUTH, UBICADA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2019			
VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	RESULTADOS
<p>Variable Independiente</p> <p>Reforzamiento estructural siguiendo los requerimientos de la Norma E-030 y E-070.</p>	Norma E-030	<p>-Desplazamientos</p> <p>$D_i/H_i < 0.007$ (Concreto armado)</p> <p>$D_i/H_i < 0.005$ (Albañilería)</p> <p>-Modos de vibración</p> <p>Modos $< \omega > T_p$</p> <p>$T_p = 0.4$</p>	<p>De la estructura existente:</p> <p>Despl. X=0.0093 NO CUMPLE</p> <p>Despl. Y=0.0003 CUMPLE</p> <p>Modo 1= 0.48; Modo 2 =0.16; Modo 3 = 0.12</p> <p>De la estructura de Sistema Dual:</p> <p>Despl. X=0.0074 NO CUMPLE</p> <p>Despl. Y=0.0009 CUMPLE</p> <p>Modo 1= 0.47; Modo 2 =0.20; Modo 3 = 0.15</p>
<p>Variable Dependiente</p> <p>Ampliación de dos niveles más en la vivienda multifamiliar Ruth utilizando el Modelamiento de diferentes sistemas estructurales con uso de software Etabs.</p>	Norma E-070	<p>-Densidad mínima de muros.</p> $\frac{\text{Area de Corte de los Muros}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p}$ $\geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$	<p>De la estructura de Sistema de Muros Reforzados:</p> <p>Despl. X=0.0065 CUMPLE</p> <p>Despl. Y=0.0007 CUMPLE</p> <p>Modo 1= 0.42; Modo 2 =0.20; Modo 3 = 0.15</p> <p>De la estructura existente:</p> <p>Eje Y: 0.04 > 0.02 CUMPLE</p> <p>Eje X: 0 NO CUMPLE</p> <p>De la estructura de Sistema Dual:</p> <p>Eje X: 0.0405 > 0.0402 CUMPLE</p> <p>Eje Y: 0.0443 > 0.0402 CUMPLE</p> <p>De la estructura de Sistema de Muros Estructurales:</p> <p>Eje X: 0.0577 > 0.0402 CUMPLE</p> <p>Eje Y: 0.0443 > 0.0402 CUMPLE</p>

ANEXO n.º 3. Validación de Experto Procedimiento de Esclerometría

Ensayo de Esclerometría: Procedimiento

Se realizó el ensayo seleccionando y preparando una zona de concreto cumpliendo con:

- Zona de ensayo de aproximadamente .20x.20m
- Superficie lisa sin recubrir (utilizar piedra abrasiva)
- Dibujar cuadrícula de líneas separas entre sí de .05m , cada cuadrado será un punto de impacto.



Se coloca el esclerómetro en forma perpendicular sobre la superficie del concreto de la columna y se ejerce una pequeña presión para permitir que el embolo se libere y se deja que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión, eliminando la presión sobre el martillo, cuidando siempre que se conserve la perpendicularidad y que la presión sea uniforme hasta la que la masa interna del martillo golpee la superficie del concreto. Después del impacto se oprime el botón pulsador y se toma la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote, medido de 10 a 100.

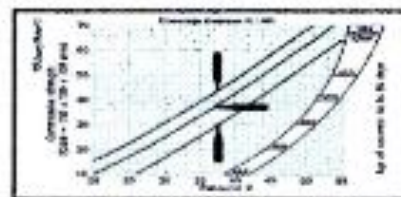
Resultados:

Se debe eliminar las lecturas que difieran del promedio en más de 5 unidades y se determina un promedio final de las lecturas.

Nº	Índice de rebote	Valor que difiere de N.º 1
4	34	0.5
5	34	0.5
6	33	0.5
8	33	0.5
12	34	0.5
1	32	1.5
9	32	1.5
15	32	1.5
2	36	2.5
10	36	2.5
11	36	2.5
14	31	2.5
16	36	2.5
3	30	3.5
7	37	3.5
13	30	3.5
Prom.	33.33	

Se eliminan los valores que más se alejan de la media, quedando solo 6 valores de los cuales se saca un promedio.

Este dato es tabulado en la tabla y nos arroja una resistencia en N/mm², convirtiendo ese resultado en kg/cm²



Firma y sello del validador experto.	 ANDRÉS RAFAEL SULCAYLLACCANQUI INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 96404
	D.N.I.

ANEXO n.º 4. Validación de Experto Resultado de Ensayo de Esclerometría

Col.	Promedio	F'c (N/mm ²)	F'c(Kg/cm ²)	Factor de corrección	F'c(Kg/cm ²) real
1	33.33	30.47	310.71	0.70	217.50
2	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
3	34.33	32.14	327.76	0.70	229.43
4	36.00	34.93	356.16	0.70	249.31
5	34.17	31.86	324.92	0.70	227.44
6	33.83	31.31	319.23	0.70	223.46
7	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
8	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
9	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
10	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
11	31.83	27.96	285.15	0.70	199.60
12	34.83	32.98	336.28	0.70	235.39
13	36.17	35.21	359.00	0.70	251.30
14	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
15	31.67	27.68	282.31	0.70	197.61
16	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
17	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
18	36.00	34.93	356.16	0.70	249.31
19	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
20	34.33	32.14	327.76	0.70	229.43
21	33.33	30.47	310.71	0.70	217.50
22	33.67	31.03	316.39	0.70	221.48
23	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
24	32.17	28.52	290.83	0.70	203.58
25	31.83	27.96	285.15	0.70	199.60
26	33.50	30.75	313.55	0.70	219.49
27	34.17	31.86	324.92	0.70	227.44
28	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
29	32.83	29.63	302.19	0.70	211.53
30	32.33	28.80	293.67	0.70	205.57
31	33.17	30.19	307.87	0.70	215.51
32	36.17	35.21	359.00	0.70	251.30
33	34.67	32.70	333.44	0.70	233.41
34	33.83	31.31	319.23	0.70	223.46
35	31.17	26.85	273.78	0.70	191.65
36	33.50	30.75	313.55	0.70	219.49

Firma y sello del validador experto.	 ANDRÉS RAFAEL SULCAY VILLACANQUI INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 96424
D.N.I.	09592129

ANEXO n.º 5. Validación de Ficha Técnica de Esclerómetro

**Esclerómetro PCE-HT 225A / PCE-HT 75 (Martillo Schmidt)
esclerómetro de mano mecánico para comprobar la resistencia del hormigón**

El esclerómetro PCE-HT 225 A y PCE-HT 75 miden según el principio de Schmidt. Además de usarlo básicamente en el sector de la construcción, el esclerómetro de fácil manejo se usa también en otros sectores como la comprobación de dureza de bobinados, etc.

El ensayo se realiza siempre con la misma energía de impacto de 2,207 J (modelo PCE-HT 225A) o 0,735 J (modelo PCE-HT 75). La energía cinética de rebote inicial viene dada en el esclerómetro como una medida de la dureza del hormigón, de la presión sobre la superficie o de la resistencia a la presión (kg/cm² o su conversión a N/mm²). La calidad del hormigón se valora principalmente por su resistencia a la presión, ya que es un valor orientativo para comprobar la capacidad de carga y la durabilidad de las construcciones de hormigón. El esclerómetro modelo B trabaja con una energía de impacto sobre el hormigón bastante inferior, por lo que es ideal para ensayos de elementos más bien finos, con un grosor de material de hasta 100 mm.

Especificaciones técnicas del esclerómetro

Modelo	PCE-HT 225A	PCE-HT 75
Energía cinética nominal	2,207 J (2,207 Nm)	0,735 J (0,735 Nm)
Adherencia en la punta de medición	0,65 ... 0,15 N	0,4 ... 0,6 N
Radio de la punta esférica	25 mm ±1 mm	25 mm ±1 mm
Valor promedio del rebote	80 ±2	74 ±2
Elongación del muelle	75 mm ±0,3 mm	75 mm ±0,3 mm
Dimensiones	Ø 54 x 280 mm	Ø 54 x 268 mm
Peso	1 kg	1 kg



Aquí aprecia la piedra afiladora incluida en el envío del esclerómetro. Esta sirve para preparar la pieza de ensayo.



En la parte posterior del esclerómetro encuentra una tabla de conversión, proporcionando información sobre la dureza.

Firma y sello del validador experto.	 DRES RAFAEL SULCAHUALLAGA INGENIERO CIVIL REG. O.P. N° 06404
D.N.I.	09592129

ANEXO n.º 6. Validación de Experto

Validado por:

Tipo de Validador	Interno () [Docente UPN]	Externo (x)
Apellidos y Nombres	Sulca Yllaccanqui Andres Rafael	
Sexo	Masculino (x)	Femenino ()
Profesión	Ingeniero Civil Colegiado	
Grado Académico	Licenciado (x) Magister () Doctor ()	
Años de experiencia laboral	5 -10 () 11 - 15(x) 16 – 20 () 21 a más años ()	

Solo para validado externo:

Organización donde labora	Municipalidad de Santiago de Surco
Cargo actual	Revisor de proyectos
Área de especialización	INGENIERIA ESTRUCTURAL
Número de teléfono de contacto	997025260
Correo electrónico de contacto	andresulca@hotmail.com
Medio de preferencia para contactarlo	Por teléfono () Por correo electrónico (x)

Firma y sello del validador experto.	 ANDRES RAFAEL SULCA YLLACCANQUI INGENIERO CIVIL REG. CIPN° 96404
D.N.I.	09592129

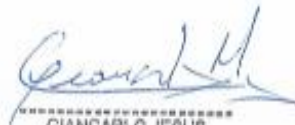
ANEXO n.º 7. Carta de seguridad de Obra

CARTA DE SEGURIDAD DE OBRA

Yo **GIANCARLO JESUS MASIAS MORAN**, identificado con DNI N° 48117800,
de profesión Ingeniero Civil, con registro C.I.P. N.º 186927, declaro haber inspeccionado el
inmueble propiedad de **CLEMENTINA MARÍA FARFAN SOTO**, ubicado en Jr. Monte
Abeto, Mz. "A", Lt. 20, Urb. Monterrico Sur, Distrito de Santiago de Surco, Provincia y
Departamento de Lima; habiendo evaluado dicho inmueble se constata que:

El estado de las estructuras y la situación de la infraestructura en general de la
edificación son seguras y permiten habitar el inmueble.

Lima, noviembre del 2019.



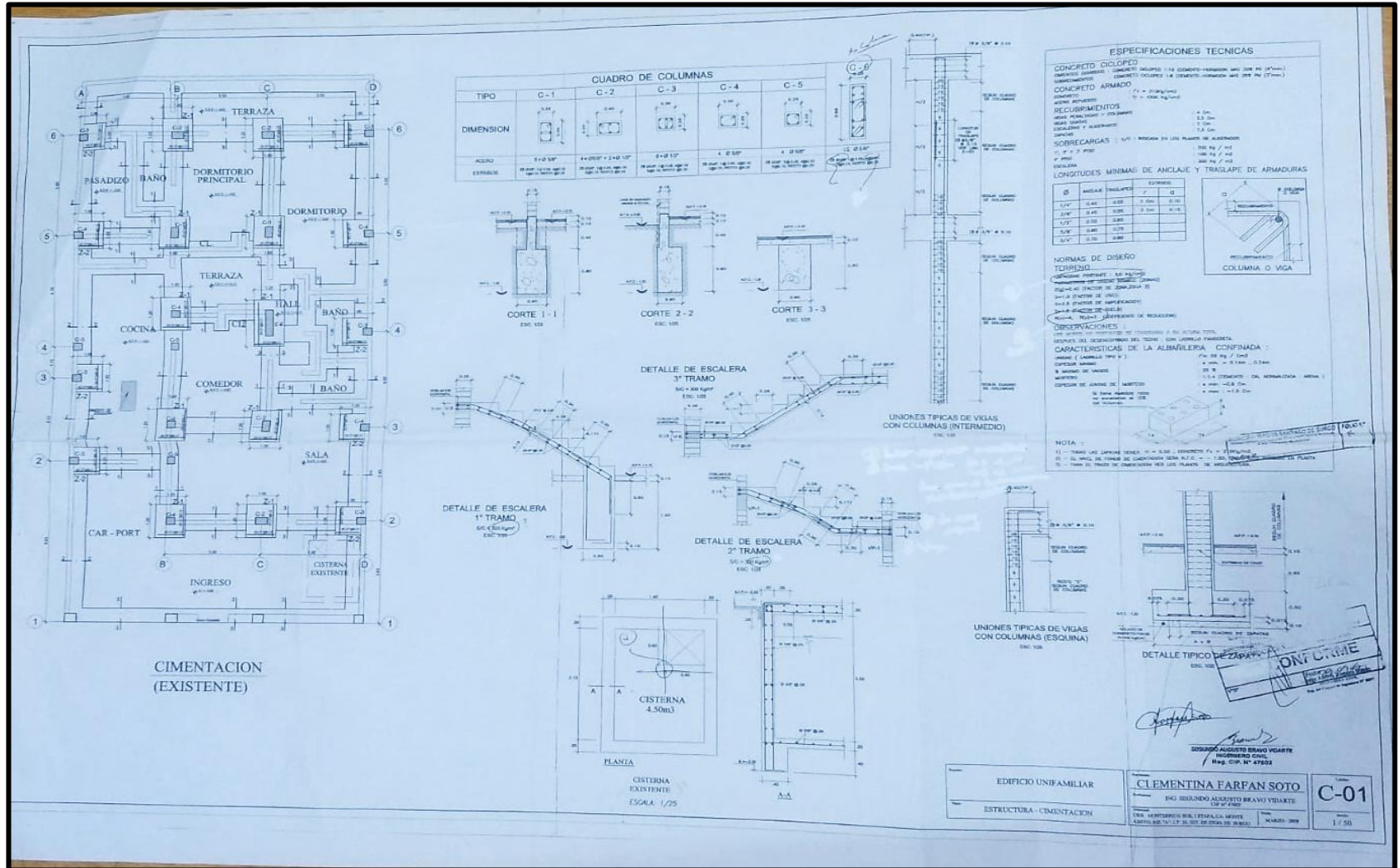
GIANCARLO JESUS
MASIAS MORAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186927

Giancarlo Jesus Masias Moran
Ingeniero Civil
Reg. CIP N°: 186927

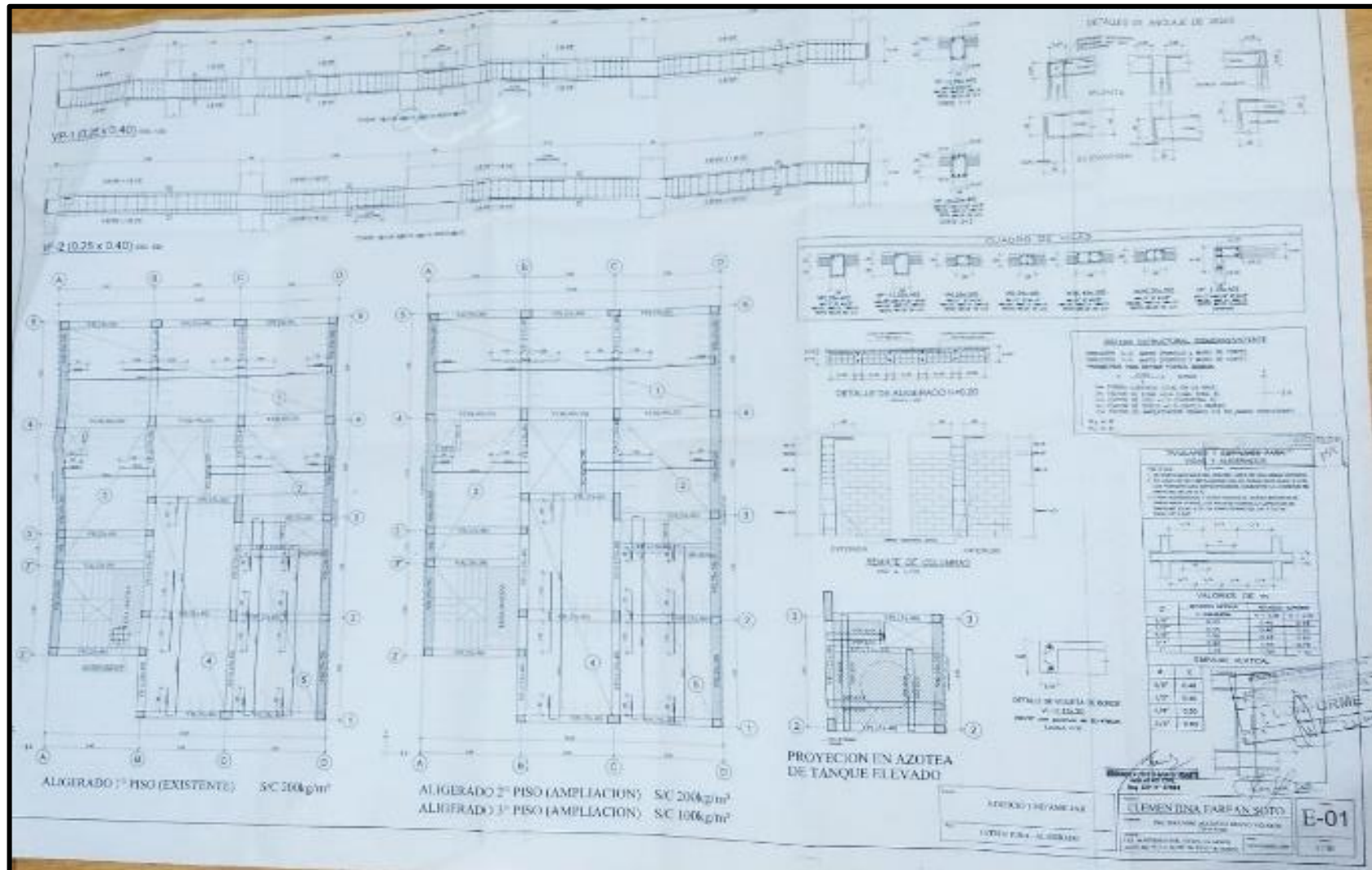
ANEXO n.º8. Tabla luz vs sobrecarga, altura de aligera 20@50m y bovedilla de arcilla

L(m)	SOBRECARGA-S/C (KGM2)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2.5	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
2.6	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
2.7	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
2.8	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
2.9	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.0	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.1	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.2	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.3	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.4	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.5	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102	VSR102
3.6	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103
3.7	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103
3.8	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103
3.9	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104
4.0	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104
4.1	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104	VSR104
4.2	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104	VSR104
4.3	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104
4.4	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104
4.5	VSR103	VSR103	VSR103	VSR103	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104
4.6	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104
4.7	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104
4.8	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105
4.9	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105
5.0	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR106
5.1	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR105	VSR106
5.2	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR106	VSR106
5.3	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106
5.4	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106
5.5	VSR104	VSR104	VSR104	VSR104	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR106
5.6	VSR105	VSR105	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR106
5.7	VSR105	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107
5.8	VSR105	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107
5.9	VSR105	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107
6.0	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107
6.1	VSR105	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107
6.2	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	VSR107
6.3	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A
6.4	VSR105	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A
6.5	VSR105	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A
6.6	VSR106	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A
6.7	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A
6.8	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A
6.9	VSR106	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A
7.0	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A
7.1	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.2	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.3	VSR106	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.4	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.5	VSR106	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.6	VSR107	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.7	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.8	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
7.9	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
8.0	VSR107	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
8.1	VSR107	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

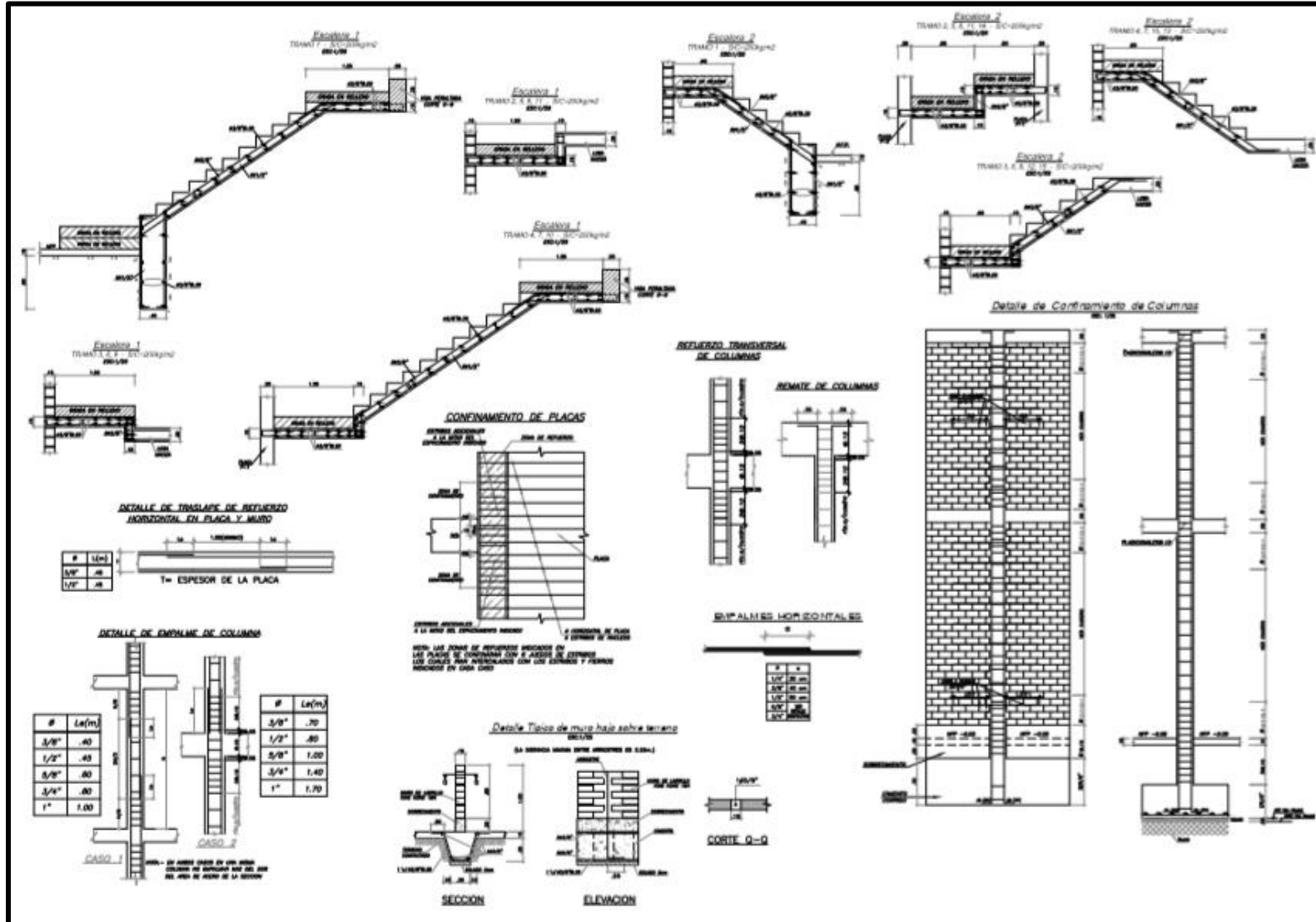
ANEXO n.º 9. Plano existente de Cimentación



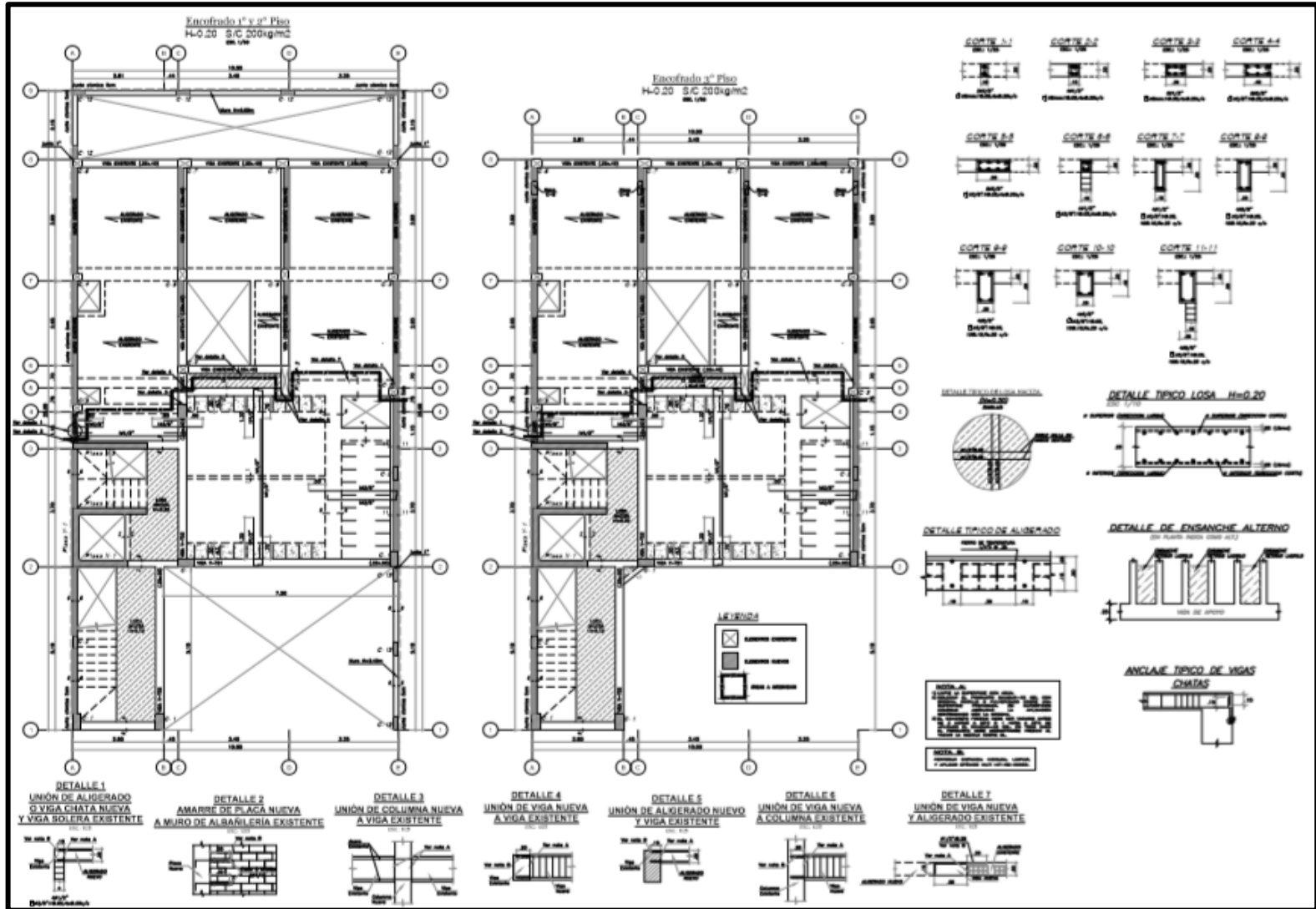
ANEXO n.º 10. Plano existente de Encofrados



ANEXO n.º 12. Plano de Encofrados de detalles de Cimentación



ANEXO n.º 13. Plano de Encofrados de Estructura reforzada



ANEXO n.º 14. Plano de Encofrados de Estructura reforzada

