



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“Propuesta de mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima Lima-Lince”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Alarcón Pinto, Sait Smit (ORCID: 0000-0001-9436-5374)

Paz Mogollón, Yosselin Yulissa (ORCID: 0000-0001-5271-1291)

**ASESOR:**

Mag. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA-PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A:

Dios, por encaminar mi vida y guiarme por los pasos que doy, fortaleciéndome cada día.

Mis padres Lidia y Juan que siempre me dieron su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, tanto personal y profesional.

Mi amigo Sait, por estar siempre motivándome a perseguir mis sueños, y acompañarme en este proyecto.

La Universidad Cesar Vallejo por permitirme ser parte de su equipo, en consecuencia, de los hechos ocurridos con mi casa de estudios.

### **Yosselin Paz**

Primer lugar a Dios, porque él me ayudo en tomar la decisión de estudiar y encaminar mi vida a la carrera que estoy dispuesto a contribuir a mi País.

Mis padres Félix Alarcón y Agripina Pinto que su apoyo incondicional para darnos un mejor futuro, invirtiendo su tiempo y su juventud a una mejor vida.

Mis pastores Marlene P y Mario P, que siempre estuvieron allí para orientarnos y apoyándonos en todo momento.

Mi mentor el Abogado Henrique N por sus consejo y dedicación en su tiempo para acabar la carrera y proyectarme a nuevas metas a futuro.

La Universidad Cesar Vallejo que me permitió el apoyo de poder ser parte de su equipo de trabajo como profesionales que somos.

### **Sait Alarcón**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo, por permitirme ser parte de su casa de estudios, siendo puerta del comienzo de uno de mis grandes sueños, asimismo a mis profesores quienes contribuyeron enseñanzas y experiencias brindándome conocimiento y apoyo en el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi asesor el Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal, por haber compartido todos sus conocimientos adquiridos en su vida profesional y darme la orientación para culminar este proyecto.

**Yosselin Paz**

Mi agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo, por ser parte de su casa de Estudios, siendo una oportunidad de cumplir mis sueños. También algunos Ingenieros, que sus ejemplos profesionales impactó mi vida y me retó ser un profesional de éxito para mi País.

Mis profesores que, impartiendo sabiduría y experiencia, nos llevó a conocer y palparnos mejor a la carrera que tanto amo.

A mi asesor el Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal, por haber compartido todos sus conocimientos y sabios consejos que nos llevó alentar y concluir el primer paso para las demás metas de mi vida.

**Sait Alarcón**

## Índice de contenidos

Carátula.....	I
Dedicatoria .....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de contenidos .....	V
Índice de tablas .....	VI
Índice de figuras .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	15
III. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	35
3.2. Variables y Operacionalización .....	35
3.3. Población, muestra y muestreo .....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.5. Procedimientos .....	37
3.6. Método de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos .....	38
IV. RESULTADOS .....	39
V. DISCUSIÓN.....	73
VI. CONCLUSIONES.....	77
V. RECOMENDACIONES .....	78
REFERENCIAS .....	89
ANEXOS .....	80

## Índice de figuras

Figura 1 Diafragma rígido.....	19
Figura 2 Colocación de elementos prefabricados (viguetas) en losas.....	20
Figura 3 Configuración incorrecta (izquierda) y configuración correcta (derecha)	20
Figura 4 Cimentación de los muros de albañilería.....	21
Figura 5 Configuración de plantas.....	21
Figura 6 Planta de una edificación de albañilería .....	22
Figura 7 Juntas de control según las unidades de albañilería .....	22
Figura 8 Densidad mínima de muros reforzados.....	23
Figura 9 Espesor efectivo del muro confinado.....	24
Figura 10 Fórmula para calcular el esfuerzo axial máximo.....	24
Figura 11 Acción sísmica en una edificación.....	25
Figura 12 Fuerza cortante basal.....	25
Figura 13 Factor de transformación.....	25
Figura 14 Módulos de elasticidad según el tipo de unidades de albañilería .....	26
Figura 15 Cálculo de la resistencia al corte ( $V_m$ ) .....	27
Figura 16 Planta del primer nivel.....	39
Figura 17 Planta del 2do nivel.....	40
Figura 18 Planta típica del 2do y 3er nivel.....	41
Figura 19 Propiedades mecánicas y geométricas de la albañilería .....	42
Figura 20 Altura de la albañilería del proyecto .....	43
Figura 21 Áreas tributarias para el cálculo de las cargas indirectas en los muros portantes en las plantas típicas .....	44
Figura 22 Densidad mínima de muros en ambas direcciones .....	45
Figura 23 Relación de módulos de elasticidad del concreto y albañilería.....	45
Figura 24 Espesor equivalente de placa de concreto armado respecto a un muro de albañilería .....	46
Figura 25 Densidad mínima de muros en ambas direcciones .....	46
Figura 26 Esfuerzo axial máximo .....	46
Figura 27 Parámetros para la obtención de las fuerzas cortantes basales .....	52
Figura 28 Cortante de traslación en la dirección X.....	53

Figura 29 Cortante de traslación en la dirección Y.....	53
Figura 30 Cuadro de columnas .....	60
Figura 31 Cuadro de vigas .....	60
Figura 32 Encofrado del 1ero al 3er nivel.....	63
Figura 33 Corte típico del aligerado.....	65
Figura 34 Diseño a flexión de losa maciza.....	65
Figura 35 Detalle de losa maciza .....	66
Figura 36 Modelo matemático de la placa PL-1 de 4 niveles .....	66
Figura 37 Modelo de la placa X1 anterior con una altura equivalente.....	67
Figura 38 Modelo matemático de altura equivalente a la placa PL-1 .....	68
Figura 39 Detalle de placa PL-1 .....	70
Figura 40 Detalle de la escalera.....	72

## Índice de tablas

Tabla 1 Características mecánicas según la materia prima .....	27
Tabla 2 Fórmulas para determinar las fuerzas internas en las columnas de confinamiento del primer nivel.....	29
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables .....	36
Tabla 4 Matriz de consistencia .....	37
Tabla 5 Esfuerzo axial máximo en los muros de la dirección X.....	47
Tabla 6 Esfuerzo axial máximo en los muros de la dirección Y.....	47
Tabla 7 Metrado de cargas en la dirección X .....	48
Tabla 8 Metrado de cargas en la dirección Y .....	49
Tabla 9 Cálculo del centro de masa del 1ero al 3er nivel .....	50
Tabla 10 Cálculo del centro de masa del 9no nivel .....	50
Tabla 11 Cálculo del momento de inercia en las direcciones X y Y del 1ero al 3er nivel.....	50
Tabla 12 Cálculo del momento de inercia en las direcciones X y Y del 4to nivel .	50
Tabla 13 Centro de masa de cada entrepiso.....	51
Tabla 14 Centro de masas de los muros.....	51
Tabla 15 Centro de rigidez de los muros.....	51
Tabla 16 Momento polar de inercia de los muros y del piso.....	51
Tabla 17 Peso de cada entrepiso.....	52
Tabla 18 Cálculo de las fuerzas inerciales ( $F_i$ ) y las fuerzas cortantes ( $V_i$ ) de cada entrepiso .....	52
Tabla 19 Cortante de traslación en la dirección X.....	53
Tabla 20 Cortante de traslación en la dirección Y.....	53
Tabla 21 Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 1er nivel.....	54
Tabla 22 Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 2do nivel.....	54
Tabla 23 Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 3er nivel.....	55
Tabla 24 Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 4to nivel.....	55
Tabla 25 Incremento de fuerza cortante en la dirección X .....	56
Tabla 26 Incremento de fuerza cortante en la dirección Y .....	56
Tabla 27 Fuerza cortante de diseño en la dirección X.....	56

Tabla 28 Fuerza cortante de diseño en la dirección Y .....	57
Tabla 29 Diseño de muro en la dirección X.....	57
Tabla 30 Diseño de muro en la dirección Y.....	58
Tabla 31 .....	58
Tabla 32 Fuerzas internas de confinamiento .....	58
Tabla 33 Diseño de columnas.....	59
Tabla 34 Espesores de losa aligerada en una dirección .....	61
Tabla 35 Envolvente de momentos flectores .....	64
Tabla 36 Diseño por flexión de una losa aligerada en una dirección .....	64
Tabla 37 Envolvente de fuerzas cortantes .....	64
Tabla 38 Diseño por corte de una losa aligerada en una dirección.....	64
Tabla 39 Diseño del acero de temperatura .....	65
Tabla 55 Distribución de las fuerzas sísmicas en la placa X1 .....	67
Tabla 40 Ancho de cimentación .....	70



## Resumen

Se realizó la propuesta de mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en el distrito de Lince, provincia y departamento de Lima.

El edificio se proyectó sobre un terreno de 90 m<sup>2</sup>, con un área techada de 72 m<sup>2</sup>. El terreno sobre el cual se edificará el proyecto es arenoso cuya capacidad admisible es de 4 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a un suelo rígido según la norma vigente peruana.

En la metodología del diseño se consideró una adecuada densidad de muros confinados en ambas direcciones (“X” e “Y”) la cual controló los desplazamientos laterales; además, se evitó problemas a la torsión. El procedimiento comenzó con el predimensionamiento de los elementos estructurales tales como espesor de los muros confinados, losas aligeradas y macizas en una dirección, vigas soleras, columnas de amarre, etc.). Según criterios de reglamento nacional de edificaciones vigentes.

En el análisis estructural para realizar el metrado de cargas por gravedad se usó la norma E.020 (Cargas) y para el análisis sísmico se usó la norma E.60 (Diseño Sismorresistente). Haciendo más énfasis en la norma E.070 (Albañilería). Además, se usó la norma E 050 Suelos y Cimentaciones.

En el diseño se aplicó el método a la Rotura llamada también método por Resistencia Última según la E.060 (Concreto Armado) para los elementos estructurales fueron losas macizas, escaleras, losa aligerada en una dirección y la cimentación. Esta última se utilizó los criterios de la norma E.050 (suelos y cimentaciones) para la cimentación del proyecto.

**Palabras claves:** Albañilería confinada, Diseño a la rotura, Análisis sísmico, Densidad de muros, Método elástico.

## Abstract

The improvement proposal was made in the confined masonry design of a four-level multi-family house in the Lince district, province and department of Lima.

The building was designed on a plot of 90 m<sup>2</sup>, with a covered area of 72 m<sup>2</sup>. The land on which the project will be built is sandy with an allowable capacity of 4 kg / cm<sup>2</sup>, which corresponds to a rigid soil according to current Peruvian regulations.

In the design methodology, an adequate density of confined walls in both directions ("X" and "Y") was considered, which controlled the lateral displacements; furthermore, torsion problems were avoided. The procedure began with the predimensioning of the structural elements such as confined wall thickness, lightened and solid slabs in one direction, base beams, tie columns, etc.). According to criteria of the current national building regulations.

In the structural analysis to perform the gravity loading meter, the E.020 (Loads) standard was used and the E.60 (Seismic-resistant Design) standard was used for the seismic analysis. Putting more emphasis on the E.070 standard (Masonry). In addition, standard E 050 Soils and Foundations was used.

In the design, the method was applied to the Break also called the Ultimate Resistance method according to E.060 (Reinforced Concrete) for the structural elements were solid slabs, stairs, slab lightened in one direction and the foundation. The latter was used the criteria of standard E.050 (soils and foundations) for the foundation of the project.

**Keywords:** Confined masonry, Design to failure, Seismic analysis, Density of walls, Elastic method.

## I. INTRODUCCIÓN

La informalidad en la albañilería que ha ido creciendo con el tiempo y el crecimiento de las construcciones populares. Donde se mal interpretan la manera de diseñar y construirse las edificaciones se albañilería. Como por ejemplo en vez de darle mayor importancia al muro de albañilería le dan a la viga solera y columna de amarre de concreto armado, donde las unidades de albañilería que son los ladrillos que son de igual importancia por ser un componente fundamental del muro. Incluyen ladrillos tubulares como la pandereta en muros portantes en vez de los ladrillos macizos como el King Kong de 18 huecos. Los mismos fabricantes han reducido gradualmente sus dimensiones que pone en riesgo la resistencia y rigidez de este.

En el Perú las estructuras de albañilería son las más usadas en el sector construcción y en los últimos años ha carecido de ingeniería ya que no se tenían los conceptos claros, no había la inclusión del refuerzo del acero corrugado; además, las configuraciones estructurales eran incorrectas incrementando la inseguridad de estas. Por otro lado, tenemos a las edificaciones con muros de albañilería con espesores muy gruesos que encarecen los proyectos (ArangoOrtiz, 2009).

Las construcciones de albañilería deberán de construirse en zonas de baja sismicidad. Pero en los años anteriores se han construido en zonas de alta sismicidad como es el caso de Lima a finales del siglo XIX, que ha tenido una explosión demográfica debido a su crecimiento exponencial (FEMA, 2009).

En la actualidad el departamento de Lima posee un 85.6% de viviendas que usan la albañilería. Destacando el distrito de San Borja, San Isidro y San Luis (INEI, 2017, p.p. 25-28).

Según el existe un 60% de construcciones de viviendas informales Es por ello por lo que la informalidad de las viviendas puede ocasionar por ejemplo que las viviendas de albañilería promuevan una alta vulnerabilidad sísmica. Además, ocasionando el riesgo de pérdidas de vidas humanas, de la propiedad (INEI, 2017).

Para diversos materiales como es el caso del concreto armado y el acero estructural, se pueden adaptar estudios realizados en otros países haciendo uso de las especificaciones técnicas apropiadas para crear estructuras más seguras y económicas (en ese orden). Pero hay una diferencia con el caso de la albañilería que debe de tenerse en cuenta las técnicas constructivas, las unidades de albañilería (ladrillos) y las configuraciones estructurales hacen que cada país realice sus propios códigos para obtener un diseño más real garantizando la seguridad y economía.

Con lo mencionado podemos formular el siguiente problema general: ¿Por qué es necesario una propuesta de mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince? Como problemas específicos: ¿Por qué es necesario verificar densidad de muros y el esfuerzo axial máximo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?, ¿Por qué es necesario verificar la deriva de entrepisos en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?, ¿Por qué es necesario diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?, ¿Por qué es necesario diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?

La albañilería confinada se caracteriza por su simplicidad, estética, durabilidad, y sobre todo su bajo costo. Una desventaja de este tipo de estructuras es que por sí solas no soportan de manera adecuada las cargas de sismo. Por ello, se deben de buscar técnicas de reforzamiento para mejorar la respuesta de esta estructura frente a las acciones sísmicas. Ello implica buscar el balance respecto de su seguridad y sobre todo que sea económico, en ese orden. Buscar minimizar la variabilidad de esta, las configuraciones arquitectónicas y estructurales deberán ir de la mano, así como todas las demás especialidades. Con las consideraciones mencionadas podemos decir que cada vez son más los casos donde una estructura debe de diseñarse de manera adecuada que sea supervisada por los profesionales aptos para estos trabajos. Esta rama es de las

más exigentes y complicadas dentro de la ingeniería estructural. Por ello se realizará una propuesta de mejora en el diseño de la albañilería confinada.

El objetivo general del presente trabajo de investigación es: Proponer la mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince. Como objetivos específicos tenemos: Determinar la densidad de muros y el esfuerzo axial máximo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, Determinar la deriva de entrepisos en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, Diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince y Diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince.

La hipótesis general del presente trabajo de investigación es: Existe una mejora significativa en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince. Como hipótesis específicas tenemos: Existe una mejora significativa al determinar la densidad de muro y esfuerzo axial en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, Existe una mejora significativa al determinar la deriva de entrepisos en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, Existe una mejora significativa al diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince y Existe una mejora significativa al diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince.

## II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes nacionales**, tenemos:

Moreno Ruiz (2019), en su tesis de pregrado titulada: “Diseño estructural de un edificio de vivienda de 7 pisos ubicado en San Isidro”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Llegó a las siguientes conclusiones:

En la presente tesis se realizó el análisis y diseño estructural de un edificio de viviendas de siete pisos ubicado en el distrito de San Isidro. El suelo corresponde a una grava con capacidad portante de 4 kg/cm<sup>2</sup>. El sistema de techos utilizado es de losas aligeradas convencionales y losas macizas. El sistema estructural predominante es de muros estructurales de concreto armado. Asimismo, existen pórticos de vigas y columnas de concreto armado. Respecto al predimensionamiento, se buscó que las vigas presenten un buen comportamiento ante cargas de servicio haciendo énfasis en el control de deflexiones y fisuración. Se verificó a través del análisis sísmico que la densidad de muros de corte empleada cumplió con el requerimiento de rigidez de la norma E.030. Para las columnas, se realizó el análisis por carga axial resultando secciones generosas. Se desarrolló un modelo tridimensional en el programa ETABS 2016 para realizar el análisis sísmico. Los resultados del análisis dinámico indicaron que las derivas fueron de 6.63‰ y 5.95‰ en la dirección X e Y respectivamente. Con ello se cumple con las exigencias de los desplazamientos laterales estipulados en nuestra norma sísmica. Se verificó el diseño por capacidad en vigas siguiendo los criterios de la norma E.060 Concreto Armado. En el diseño por corte de los elementos verticales (columnas y placas) se emplearon cuantías mínimas. Para el diseño de la cimentación se utilizó zapatas aisladas, combinadas, vigas de cimentación y cimientos corridos para los muros de cerco.

Tiña Paz (2018), en su tesis de pregrado titulada: “Análisis y diseño sismo resistente en albañilería confinada en edificio de 4 pisos”, de la Universidad José Carlos Mariátegui. Llegó a las siguientes conclusiones:

En nuestro país las edificaciones se vienen dando en su mayoría en base al sistema de albañilería, en la cual tenemos dos tipos: la albañilería confinada y la albañilería armada. En la actualidad tenemos que más de la mitad de las construcciones son ejecutadas por personal no capacitado, los materiales utilizados no cumplen con los estándares mínimos de calidad y se usa pésimas técnicas constructivas, dichas construcciones son denominadas bajo el nombre de “autoconstrucciones”. Por las razones antes mencionadas es que fue necesario realizar el estudio, análisis y difusión de la norma denominada Albañilería, la cual nos muestra todos los parámetros sísmicos y estáticos que nuestros edificios deben cumplir, estos están dados para las distintas regiones de nuestro país. El presente trabajo mostrará un modelo sobre el orden y criterios que se debe seguir al momento de estructurar, analizar y diseñar un edificio el cual será confinado; por ende debe satisfacer lo establecido en la norma E.070. El objetivo que se tiene al diseñar la estructura es garantizar que no sufra daños producto de un sismo moderado y que a su vez cuando ocurra un sismo severo la estructura no colapse y sea restaurable; para que esto suceda debemos limitar los desplazamientos existentes en los entrepisos, obteniendo un edificio dúctil. Se finaliza el diseño de los muros de albañilería, debiendo aumentar placas de concreto armado para que el edificio sea capaz de resistir las fuerzas sísmicas.

Escamilo Rodríguez (2018), en su tesis de pregrado titulada: “Diseño estructural de una edificación de albañilería confinada de 8 pisos en la ciudad de Trujillo, La Libertad”, de la Universidad Privada Antenor Orrego. Llegó a las siguientes conclusiones:

El presente trabajo de investigación analizó el diseño sísmico de una edificación de 8 pisos con albañilería confinada, aplicando todos los criterios de resistencia y diseño de la norma técnica E0.70. Para la cual se propuso cambiar el modo de falla de los muros, de cortante a flexión, aumentando su relación de esbeltez ( $\text{Altura/Largo} > 2$ ). Esta modificación aumenta sustancialmente la capacidad de deformación de los muros. Es decir, se puede aumentar la deriva de entrepiso de 0.005 a 0.007, para luego evaluar su desempeño frente a estas distorsiones de entrepiso, y verificar si la estructura es capaz de resistir las

demandas solicitadas y hasta dónde llega su capacidad sin afectar su seguridad estructural.

Como **antecedentes internacionales**, tenemos:

Aguilar Corvalán (2018), en su tesis de pregrado titulada: “Estudio de estructuras de albañilería confinada con perfiles de acero en Chile”, de la Universidad de Chile. Llegó a las siguientes conclusiones:

El objetivo de esta memoria es estudiar el diseño de dos estructuras de albañilería confinada con perfiles de acero ya construidas en Chile. Para ello es necesario considerar particularidades como la conexión entre el marco de acero y la albañilería y el refuerzo horizontal dentro del muro de albañilería. Además, estudiar la influencia de la no linealidad de los materiales tanto albañilería como acero en el comportamiento global y la metodología de análisis no lineal que mejor representa el comportamiento real de la estructura. La práctica usual para el diseño de estas estructuras es considerar solo el marco de acero como elemento resistente obviando por completo la influencia del relleno de albañilería lo cual a partir de la evidencia internacional puede provocar efectos no deseados en el desempeño de la estructura además de una estructura sobre dimensionada. Se realizaron modelos en elementos finitos de un muro de albañilería confinada con perfiles de acero en el software DIANA emulando la geometría y propiedades iniciales de un ensayo experimental realizado por la Universidad de Osijek el año 2012 para posteriormente calibrar el modelo con los resultados de este ensayo. Una vez calibrado se incluye el refuerzo horizontal y los conectores entre el muro y el marco para conocer la influencia de estos. Se realizan modelos simplificados en el software ETABS ya que éste es el software más usado en Chile para el diseño estructural. A partir de los modelos en DIANA se concluye que la inclusión de conectores y de refuerzo horizontal genera un aumento similar en la carga máxima. El marco a tope no es un buen sistema debido a su baja carga máxima comparada con los modelos con inclusiones. No fue posible obtener el comportamiento post peak en los modelos con inclusiones realizados en DIANA debido a limitaciones en el código del material para representar la



albañilería lo que se ve reflejado en una baja ductilidad que con a la presencia del marco de acero no debiese ocurrir. Al comparar la rigidez obtenida entre el modelo en ETABS considerando la albañilería como material no lineal y el ensayo experimentan se observa una diferencia de un 7%. En las estructuras analizadas, al considerar los muros los elementos estructurales cumplen con los requisitos normativos de Chile.

Núñez Contreras (2018), en su tesis de pregrado titulada: “Modelación y análisis no-lineal de albañilería armada chilena utilizando métodos de elementos finitos”, de la Universidad de Chile. Llegó a las siguientes conclusiones:

Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, con un sismo de magnitud 8.0 cada 10 años dentro del país. Estos sismos generan daños variados dependiendo del tipo y materialidad utilizada. De manera recíproca, se puede estimar los daños esperados en estructuras para sismos según su magnitud mediante métodos de modelación variado. La realización de modelación y requiere la correcta caracterización de los materiales en programas computacionales, para lograr una simulación válida del comportamiento del material. La albañilería es un material ampliamente usado en el país, siendo utilizado en cerca de un 40% de las estructuras al año 2002, y en el mundo. Como material de construcción es uno de los más antiguos a nivel mundial, pudiendo encontrarse estructuras existentes desde las primeras épocas de la historia. Es debido a lo anterior que la albañilería presenta gran variabilidad histórica, variabilidad que se incluye a la propia de la fabricación del material observada entre materiales de un país y otro. Debido a lo anterior se debe utilizar ensayos con materiales existentes dentro del país, y de igual manera, la modelación debe seguir los resultados obtenidos en esos ensayos. Los ensayos utilizados fueron recopilados por Marín (2009) y realizados por Sepúlveda (2003) donde se estudió la influencia de la armadura en la resistencia a la carga lateral de un muro cortado de albañilería armada. En estos ensayos se obtuvo la curva de capacidad (o de carga horizontal vs deformación), así como detalle del estado de fisuración en la carga máxima. En este estudio se calibran los modelos de materiales para replicar esos resultados experimentales. La calibración se realizó en el software DIANA FEA. Se estudió un modelo de material llamado Rankine Hill anisotropy, que

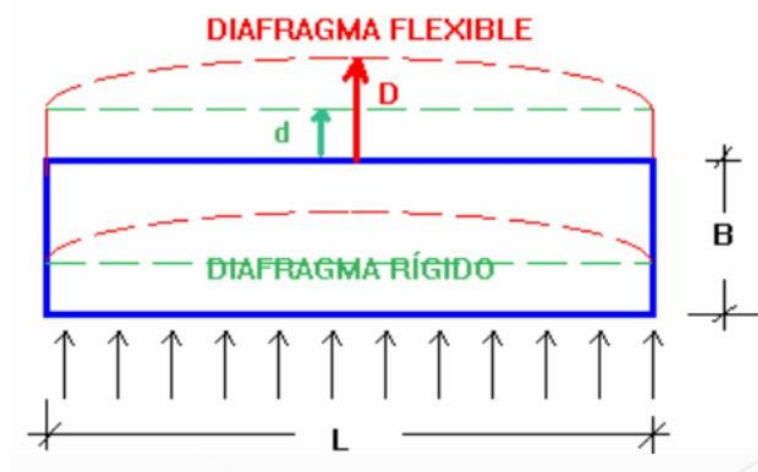
puede ser utilizado en albañilería y otros materiales anisotrópicos y no lineales. Se muestra igualmente un análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo de Rankine Hill, antes de entregar los resultados de la calibración, los parámetros utilizados, y curvas de capacidad, así como el comportamiento del muro de corte.

Como **base teórica**, tenemos:

## Estructuración

### Diafragma rígido

Se deben de considerar las edificaciones como diafragma rígido y continuo a las edificaciones donde la cimentación, el techo y los entrepisos actúan de manera tal que integren a los muros portantes de tal forma que sus desplazamientos concuerden. Así mismo los diafragmas deberán tener conexión permanente y firme con los elementos verticales (muros) para el cumplimiento de las fuerzas producidas por el sismo sean proporcionales a los muros.



**Figura 1** Diafragma rígido

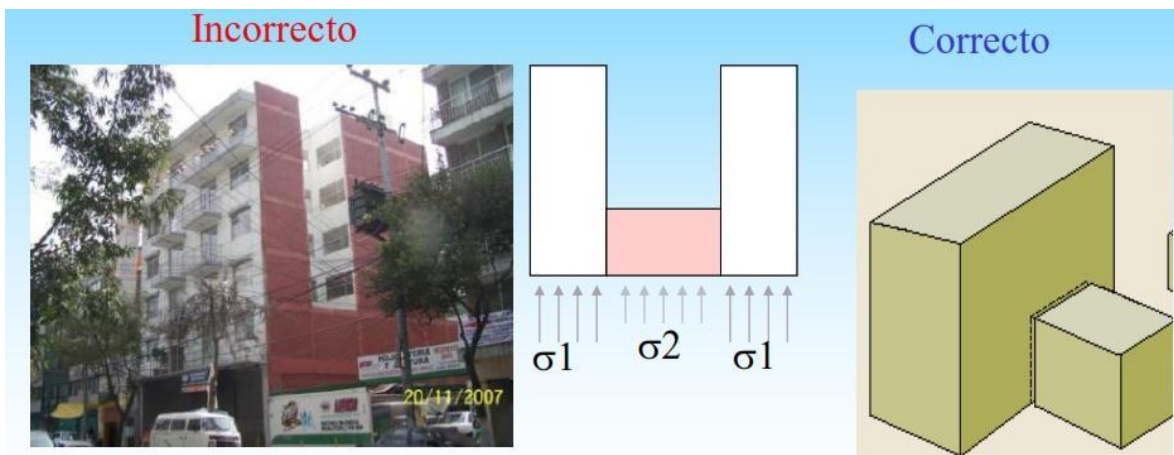
Fuente: (Quiun, 2020)



**Figura 2** Colocación de elementos prefabricados (viguetas) en losas.

Fuente: Elaboración propia

Se debe buscar siempre la correcta configuración del edificio para evitar cambios bruscos de rigideces y de masas de entrepisos consecutivos (reducción de plantas), sino se debería tener en cuenta el análisis sísmico donde se consideren las irregularidades de planta y altura según la norma Sismorresistente E.030.



**Figura 3** Configuración incorrecta (izquierda) y configuración correcta (derecha)

Fuente: (Quiun, 2020)

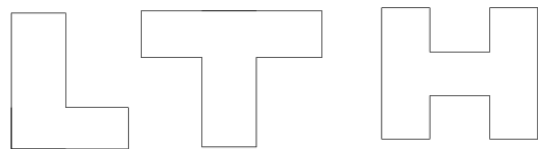
La base de la edificación (cimentación) debe ser considerado como el primer diafragma rígido considerando las propiedades mecánicas del terreno de fundación.



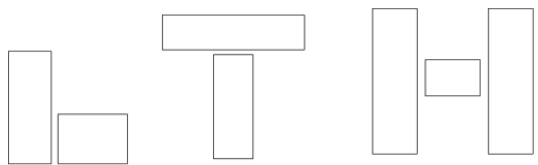
**Figura 4** Cimentación de los muros de albañilería.

Fuente: Elaboración propia

Las plantas deberán dividirse en formas más simples en caso tengan formas en L o T.



PLANTAS NO RECOMENDADAS



PLANTAS ACEPTABLES

**Figura 5** Configuración de plantas

Fuente: (Quiun, 2020)

## Muros portantes



## Predimensionamiento del muro de albañilería confinada

Para poder determinar de manera rápida el espesor del muro se hará en función de la siguiente relación:

$$t > \frac{h}{20}$$

Donde:

t: Espesor efectivo del muro de albañilería.

h: Altura libre del muro de albañilería.

## Densidad mínima de muros reforzados

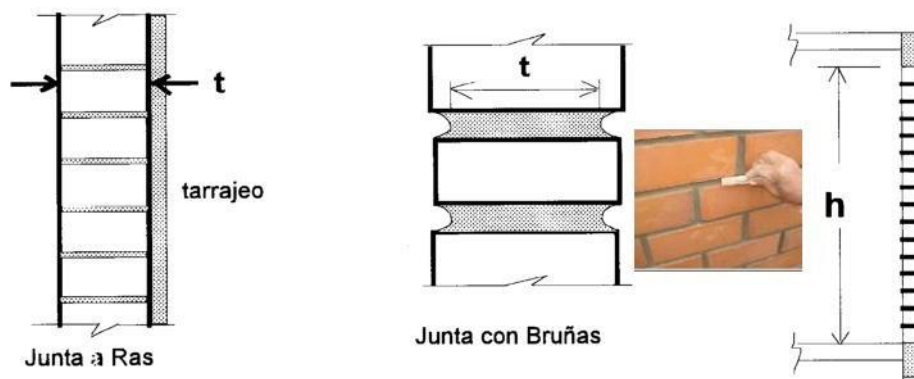
Para cumplir los requisitos de la densidad mínima de los muros reforzados se hará en base a la siguiente relación.

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

### **Figura 8** Densidad mínima de muros reforzados

Donde: «Z», «U» y «S» corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

«N» es el número de pisos del edificio;  
«L» es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y,  
«t» es el espesor efectivo del muro



**Figura 9** Espesor efectivo del muro confinado

Fuente: (Quiun, 2020)

### Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) producido por la carga de gravedad deservicio ( $P_m$ ), se debe de incluir el 100% de la carga viva.

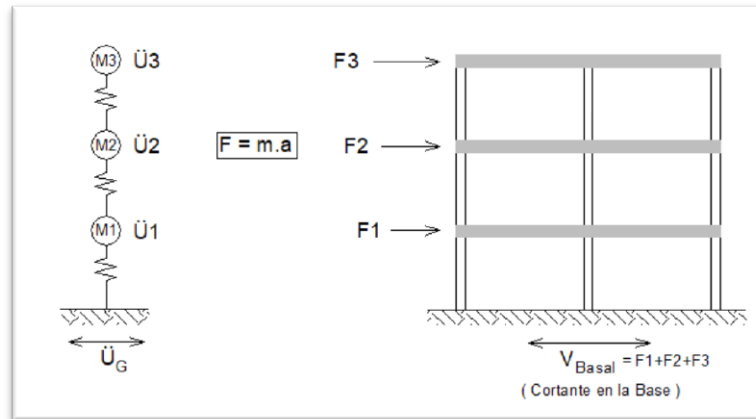
$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f_m' \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f_m'$$

**Figura 10** Fórmula para calcular el esfuerzo axial máximo

Donde «L» es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería ( $f_m'$ ), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial « $P_m$ » (\*).

### Análisis estructural

En el análisis de los edificios de albañilería se considerará en cuenta el método elástico que cumplan las deformaciones por flexión, fuerza cortante y carga axial de los muros ya que se someterá a la acción del “sismo moderado”. La determinación de la fuerza cortante basal y la distribución de fuerzas en elevación se hará tomando en cuenta la norma E.030 Sismorresistente.



**Figura 11** Acción sísmica en una edificación.

Fuente: (Piqué del Pozo, 2010)

$$V = \frac{ZUSC}{R} P, \quad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

**Figura 12** Fuerza cortante basal

Fuente: (Piqué del Pozo, 2010)

La rigidez lateral de un muro de albañilería se evaluará transformando el concreto de sus columnas en área equivalente de albañilería (multiplicando su espesor real por el factor de transformación “n”). Tanto para albañilería armada y confinada se agregará a su sección transversal un 25% de la sección transversal de aquellos muros que ortogonalmente concurren al muro en análisis o 6 veces su espesor, lo que sea mayor.

$$n = \frac{E_c}{E_m} = \frac{\text{Módulo de elasticidad del concreto}}{\text{Módulo de elasticidad de la albañilería}}$$

**Figura 13** Factor de transformación

Fuente: Elaboración propia

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) a emplearse en la albañilería:



- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcareas:  $E_m = 600 f'_m$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

**Figura 14** Módulos de elasticidad según el tipo de unidades de albañilería

Fuente: Elaboración propia

### Diseño para un sismo moderado

Con los resultados del sismo moderado, el efecto de las cargas por gravedad y los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia obedecen a la norma E.060 y deberá tener las siguientes consideraciones: Los elementos de concreto armado se diseñarán por flexión y la falla por corte dependerá de los refuerzos transversales (estribos) en los elementos como la columna y refuerzos horizontales para las placas. Y la cimentación se diseñará bajo condiciones de servicios (esfuerzo admisible en el suelo). En esta última es para verificar las dimensiones de la cimentación.

Deberá verificarse que en cualquier entre piso "i" los muros no se agrieten por corte. Con la siguiente expresión:

$$V_{ei} \leq \frac{V_{mi}}{2} = \text{Fuerza cortante admisible}$$

Donde:

$V_e$ : Fuerza cortante producida por el sismo moderado en el muro en análisis.

$V_R$ : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

Las expresiones para poder determinar la resistencia al corte ( $V_m$ ), las cuales se pueden usar para muros no reforzados, son:

**Unidades de Arcilla y de Concreto:**

$$V_m = 0,5 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

**Unidades Sílico-calcáreas:**

$$V_m = 0,35 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

donde:

- = resistencia característica a corte de la albañilería (ver Artículos 13 (13.8 y 13.9)).
- = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)
- = espesor efectivo del muro (ver Artículo 3 (3.13))
- = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)
- = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_c L}{M_c} \leq 1$$

donde: « $V_c$ » es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y,  
« $M_c$ » es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

**Figura 15** Cálculo de la resistencia al corte ( $V_m$ )

Fuente: (Comité de la Norma E.070, 2006)

**Tabla 1** Características mecánicas según la materia prima

Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f_b$	PILAS $f_m$	MURETES $v_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: (Comité de la Norma E.070, 2006)

### Diseño para un sismo severo

Para efectos del diseño ante acciones coplanares se debe suponer que los muros tienen sección rectangular y cuando se presenten muros que intercepten perpendicularmente, se tomará como elemento de refuerzo vertical en el punto de intersección al mayor elemento de refuerzo proveniente del diseño independiente

de ambos muros. Se deberá verificar la resistencia al corte del edificio. El objetivo es de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso “i” y en cada dirección “X” e “Y”, debe de cumplir que:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

$\sum V_{mi}$  : Incluye sólo el aporte de los muros confinados y

$V_{Ei}$  : La fuerza cortante actuante en el entrepiso “i” del edificio, producida por el “sismo severo”.

En caso no cumpla dicha desigualdad, ello significaría que existe una deficiencia en la distribución de muros. Algunas soluciones:

- Reemplazar ciertos muros de albañilería por muros de concreto armado (Placas).
- Aumentar el espesor de los muros de albañilería.
- Mejorar la calidad de la resistencia a compresión axial de la albañilería  $f'm$ .

Si  $\sum V_{mi} \geq 3V_{Ei}$ , entonces la edificación se comportará linealmente ante el sismo severo y solamente se deberá reforzar con cuantías mínimas los arriostres laterales de la albañilería.

Para el cálculo de los factores de amplificación y verificación del agrietamiento diagonal de los muros ubicados en los pisos superiores se considerará lo siguiente: los muros del primer nivel se agrietan diagonalmente llegando a ser  $V_{m1}$  y las fuerzas internas se amplificarán con la relación  $n=V_{m1}/V_{e1}$ , obteniendo  $M_u$  y  $V_u$  que se relacionan con la falla de corte del piso número 1. Además, dichos factores no deberán de ser mayores a 3.

$$2 \leq V_{m1} / V_{e1} \leq 3$$

Las fuerzas internas de los elementos de confinamiento del piso número 1 se obtendrán con los siguientes valores:

**Tabla 2** Fórmulas para determinar las fuerzas internas en las columnas de confinamiento del primer nivel.

COLUMNA	$V_c$ (fuerza cortante)	$T$ (tracción)	$C$ (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{m1} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Fuente: (Abanto Castillo, 2012)

Donde:

$M = M_{\mu 1} - 1/2 V_{m1} \cdot h$  («h» es la altura del primer piso).  
 $F = M/L$  = fuerza axial en las columnas extremas producidas por «M».  
 $N_c$  = número de columnas de confinamiento (en muros de un paño  $N_c = 2$ )  
 $L_m$  = longitud del paño mayor ó 0,5 L, lo que sea mayor (en muros de un paño  $L_m = L$ )  
 $P_c$  = es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en el Artículo 24 (24.6).

### Diseño de la albañilería confinada

#### Diseño de columna de confinamiento

Diseño por corte-fricción ( $v_c$ ) y tracción (T) combinada con corte-fricción. La sección transversal ( $A_{cf}$ ) y el refuerzo vertical ( $A_s$ ) de cada columna de confinamiento, diseñada por corte-fricción y tracción combinada ( $\phi=0.85$ ,  $\mu=1$ ), se calcularán con las siguientes expresiones:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0,2 f_c \phi} \geq A_c \geq 15t (cm^2)$$

donde:  $\phi = 0,85$

Para el refuerzo vertical ( $A_s$ ) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción y el refuerzo por tracción ( $A_{st}$ ):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \mu \phi} \quad A_{st} = \frac{T}{f_y \phi}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0,1 f_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm})$$

Donde el factor de reducción de resistencia es  $\phi=0.85$ , el coeficiente de fricción es  $\phi=0.80$  para juntas sin tratamiento y  $\mu=1$  cuando se desea junta intencionalmente rugosa.

### Diseño por compresión en columnas sin esbeltez

El área del núcleo ( $A_n$ ) bordeado de los refuerzos transversales será:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0,85 \delta f_c}$$

Donde:

$\Phi=0.70$  ó  $0.75$ , según se utilice estribos cerrados o sunchados.

$\delta= 0.80$  para columnas sin muros transversales.

$\delta= 1$  para columnas confinadas por muros transversales.

Para calcular la sección transversal deberá agregarse el recubrimiento (2 cm en columna tarrajada y 3 cm para caravista) al núcleo " $A_n$ "; este resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción " $A_{cf}$ ". Adicionalmente, en el caso de la viga solera se discontinúa. El peralte de la columna deberá ser suficiente para poder anclar el refuerzo longitudinal existente en la solera.

### Determinación de los estribos de confinamiento

Los estribos que se usan podrán ser con 1 3/4 de vuelta, estribos con gancho a 135°. En los extremos de columnas una altura no menor a 45 cm o 1.5d (por debajo o encima de la solera, dintel sobrecimiento). Se elegirá el menor de los siguientes espaciamientos:

$$s_1 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,3t_n \cdot f_c' (A_c/A_n - 1)} \quad s_2 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,12t_n \cdot f_c'}$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5 \text{ cm} \quad s_4 = 10 \text{ cm}$$

Donde “d” es el peralte de la columna y “t<sub>n</sub>” es el espesor del núcleo confinado. El estribaje mínimo será [] 6mm: 1@ 5; 4@ 10; r@ 25 cm. Además, se deberá proporcionar 2 estribos en la unión entre columna y solera y @ 10 cm en el sobrecimiento.

### Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer piso:

Para la solera se tendrá en cuenta la tracción pura con  $\phi = 0.90$  para resistir una fuerza igual a T<sub>s</sub>:

$$T_s = V_{ml} \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c' A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm})$$

Donde:

$$\phi = 0.90$$

**A<sub>cs</sub>** = Área de la sección transversal de la solera.

Se debe cumplir que el área de la sección transversal de la solera (A<sub>cs</sub>), deba alojar el refuerzo el refuerzo longitudinal (A<sub>s</sub>), también se recomienda usar vigas chatas de igual peralte que el de la losa de entrepiso. En la solera debe estribarse de la siguiente manera, [] 6mm: 1@ 5; 4@ 10; r@ 25 cm.

### Diseño de los pisos superiores no agrietados.

Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener refuerzo vertical (A<sub>s</sub>); la cual absorberá la tracción “T” producida por el momento flector

( $M_{ui}=M_e(V_{m1}/V_{e1})$ ), actuante en cada entrepiso, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \quad T = F - P_c > 0$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c' A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8mm), \text{ donde } \phi = 0,9.$$

El área del núcleo ( $A_n$ ) correspondiente a las columnas de amarre, deberá soportar la fuerza de compresión "C". Para obtener el área de concreto ( $A_c$ ). También se incluirá los recubrimientos al área del núcleo " $A_n$ ":

$$C = P_c + F$$

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot \delta \cdot f_c'}$$

Donde:

$$\phi = 0.70 \text{ ó } 0.75$$

$\delta = 0.80$ : para columnas sin muros transversales.

$\delta = 1.00$ : para columnas con muros transversales.

Las columnas internas deberán tener refuerzo mínimo y las soleras se diseñarán a tracción con la fuerza igual a " $T_s$ ":

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c' A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8mm)$$

Donde:

$$\phi = 0.90$$

- Tanto en las columnas y soleras se deberán colocar los refuerzos transversales, que son los estribos de la siguiente manera,  $\square$  6mm: 1@ 5; 4@ 10; r@ 25 cm.

Como **definición de términos**, tenemos:

### **Albañilería o mampostería**

Se denomina así al material estructural que está conformado por Unidades de albañilería que se asientan con mortero o apiladas donde se usa el concreto líquido.

### **Albañilería confinada**

Se denomina así a la albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro. Tener en cuenta que el concreto de la cimentación se considera como reforzamiento para los muros del primer nivel.

### **Altura efectiva**

Corresponde a la distancia vertical libre que existe entre dos elementos horizontales de arriostre. En caso de que el muro no tenga elementos horizontales de arriostre se considerará la altura real.

### **Arriostre**

Son elementos de refuerzo tanto vertical como horizontal, también podría incluirse los muros transversales que cumplan la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes.

### **Borde libre**

Extremo vertical u horizontal no arriostrado del muro.

### **Columna**

Elemento vertical que transmite las cargas horizontales y verticales hacia la cimentación y esta última al suelo o terreno de fundación.

### **Espesor efectivo**



Se le denomina así al espesor del muro sin tarrajear. Para muros con reforzamiento de aceros corrugados donde esta se rellene con concreto líquido el espesor efectivo es el cociente entre la sección bruta y la longitud del muro.

### **Muro portante**

Es aquel muro que está diseñado para soportar las cargas horizontales y verticales del nivel superior al nivel inferior hasta la cimentación. Esta última transmite la carga hacia el suelo o terreno de fundación.

### **Placa**

Es un muro portante de concreto armado que se diseña según las consideraciones de la norma de concreto armado E.060.

### **Tabique**

Es un muro no portante que solo trabaja con su propio peso y se usa para dividir o separar ambiente.

### **Unidad de albañilería hueca**

Se llama así cuando la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área mayor o igual al 70% del área bruta del mismo plano.

### **Unidad de albañilería sólida**

Se llama así cuando la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor o igual al 30% del área bruta del mismo plano.

### **Viga solera**

Se llama así a los elementos de concreto armado que se vacían en sobre la parte superior del muro de albañilería y proveerlo de arriostre.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El presente proyecto de investigación está ubicado en el tipo de investigación aplicada. Auscultando los diferentes enfoques con el objeto de estudio, que están referidos al reforzamiento estructural y la ampliación de niveles que constituyen los soportes teóricos del marco teórico, con base para la formulación de la hipótesis y la elaboración de la matriz de consistencia.

También el presente proyecto de investigación en relación con los niveles de investigación corresponde al nivel descripto y correlacional de corte transversal; es decir, que describirá de manera sistemática la variable independiente que corresponde al reforzamiento sísmico y la variable dependiente que corresponde a la ampliación de niveles; ya que se establecerá una correlación de ambas variables. Finalmente, el corte transversal se refiere porque la información pertinente será analizada en un periodo específico que es el año 2020.

##### **Diseño de investigación**

Con respecto al diseño del presente proyecto de investigación es no experimental, de corte transversal y a de asociación correlacional. Por la primera característica la variable no podrá ser manipulada. Por la segunda característica la información generada se usará en un tiempo determinado. Y por la última característica determinará la relación significativa entre el reforzamiento sísmico y la ampliación de niveles.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Como variables del proyecto de investigación tenemos:

##### **Variable independiente:**

- Propuesta de diseño en albañilería.

##### **Variable dependiente:**

- Vivienda multifamiliar de cuatro niveles.

En la siguiente Tabla se muestra la tabla de operacionalización de variables:

**Tabla 3** Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable independiente</b> : Propuesta de mejora en el diseño de albañilería confinada	Se refiere predominantemente a las mejoras estructurales para reducir el riesgo sísmico de la utilización de las estructuras, es igualmente esencial para reducir los riesgos y las pérdidas de los elementos no estructurales. Deberá incrementar <b>rigidez lateral</b> , resistencia, <b>ductibilidad</b> y controlar problemas localizados.	Se medirá a través de softwares computacionales para poder extraer la información necesaria para el reforzamiento de la estructura . Asimismo se realizará el análisis sísmico, respetando las consideraciones del reglamento nacional de edificaciones.	Densidad de muros y el esfuerzo axial máximo	En la dirección X
				En la dirección Y
			Derivas de entrepiso	Relación entre desplazamiento relativo y altura de entre piso
				Desplazamiento máximo
			Diseño de elementos de refuerzo	Columnas de amarre
				Vigas soleras
Diseño de la cimentación	Cimientos corridos			
	Zapatas			
<b>Variable dependiente</b> : Vivienda unifamiliar multifamiliar de cuatro niveles	Cuando se trate de dos o mas viviendas en una sola edificación y donde el terreno es de propiedad común	Se tendrá en cuenta los diagramas de fuerza cortante, axiales y flectores en los elementos verticales y cumplir con las exigencias de reglamento nacional de edificaciones. Todo ello basado en los resultados de los softwares computacionales.	Modificaciones arquitectónicas	Levantamiento arquitectónico
				Factibilidad económica
			Adecuación a la norma vigente	Sistema estructural
				Nivel de seguridad

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Corresponde a todas las viviendas de albañilería del distrito de Lince.

#### Muestra

Corresponde a la vivienda multifamiliar de cinco niveles ubicado en el distrito de Lince.

#### Muestreo

El muestreo para este proyecto de investigación corresponde al muestreo no probabilístico con clasificación por conveniencia.

**Tabla 4 Matriz de consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<b>Problema general:</b> ¿Por qué es necesario una propuesta de mejora en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?	<b>Objetivo general:</b> Proponer la mejora en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	<b>Hipótesis general:</b> Existe una mejora significativa en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	<b>Tipo:</b>  Aplicada  <b>Diseño:</b> No experimental Descriptivo  Correcional  <b>Var. Independiente:</b>  Propuesta de mejora en el diseño de albañilería	<b>Población:</b> Todas las viviendas de albañilería del distrito de Lince          <b>Muestra:</b> Vivienda de albañilería de multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince
<b>Problemas específicos:</b> ¿Por qué es necesario verificar densidad de muros y el esfuerzo axial máximo en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?	<b>Objetivos específicos:</b> Determinar la densidad de muros y el esfuerzo axial máximo en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	<b>Hipótesis específicas:</b> Existe una mejora significativa al determinar la densidad de muro y esfuerzo axial en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	<b>Var. Dependiente:</b>  Vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	
¿Por qué es necesario verificar la deriva de entrepisos en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?	Determinar la deriva de entrepisos en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	Existe una mejora significativa al determinar la deriva de entrepisos en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince		
¿Por qué es necesario diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?	Diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	Existe una mejora significativa al diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince		
¿Por qué es necesario diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince?	Diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince	Existe una mejora significativa al diseñar los elementos de cimentación en el diseño de albalilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince		

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Este trabajo de investigación se basará en la observación donde se realizará de manera minuciosa y registrarla para poder analizarla posteriormente con los objetivos de la investigación cuyo instrumento de recolección de datos será medido por las libretas de campo, cámaras fotográficas, USB. Además, se realizarán las entrevistas estructurada a los usuarios antiguos teniendo como instrumento de recolección de datos una hoja libre.

### 3.5. Procedimientos

Los procedimientos son:

- Inspección visual

- Descripción del sistema estructural que resiste las cargas verticales y sísmicas
- Evaluación preliminar.
- Estudio de los antecedentes del estudio.
- Análisis numéricos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

La naturaleza del método de análisis de datos está ubicada en el método descriptivo y correlacional. Es por ello, que se clasificará, sistematizará, caracterizará cada uno de los elementos que conforman la estructura del objetivo del estudio.

### **3.7. Aspectos éticos**

Según la Oficina de Investigación Lima (UCV, 2016), hace referencia que: “el investigador debe tener el compromiso de exponer los resultados con veracidad, respecto por la propiedad intelectual, responsabilidad y ética” (p.12). Por ello, se ha tenido en cuenta cada uno de los procedimientos de manera original mostrados en el presente trabajo y así evitar algún tipo de copia.

Con este trabajo de investigación tiene como propósito realizar el diseño de una vivienda de albañilería confinada segura y económica para el beneficio de la ingeniería civil y población peruana que no cuenta con una vivienda segura y así poder mejorar su calidad de vida.

De acuerdo con los principios establecidos la norma sismorresistente E 030, este estudio se desarrollará conforme a los siguientes capítulos:

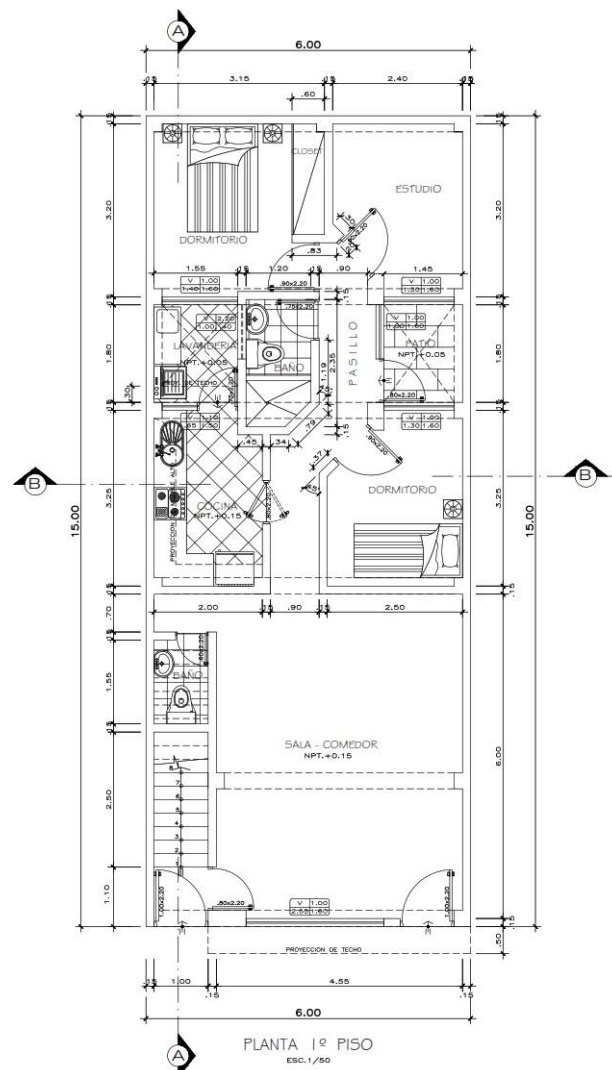
- Capítulo I: Generalidades
- Capítulo II: Peligro sísmico
- Capítulo III: Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones
- Capítulo IV: Análisis Estructural
- Capítulo V: Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad

- Capítulo VI: Elementos no estructurales, apéndices y equipos.
- Capítulo VII: Cimentaciones

#### IV. RESULTADOS

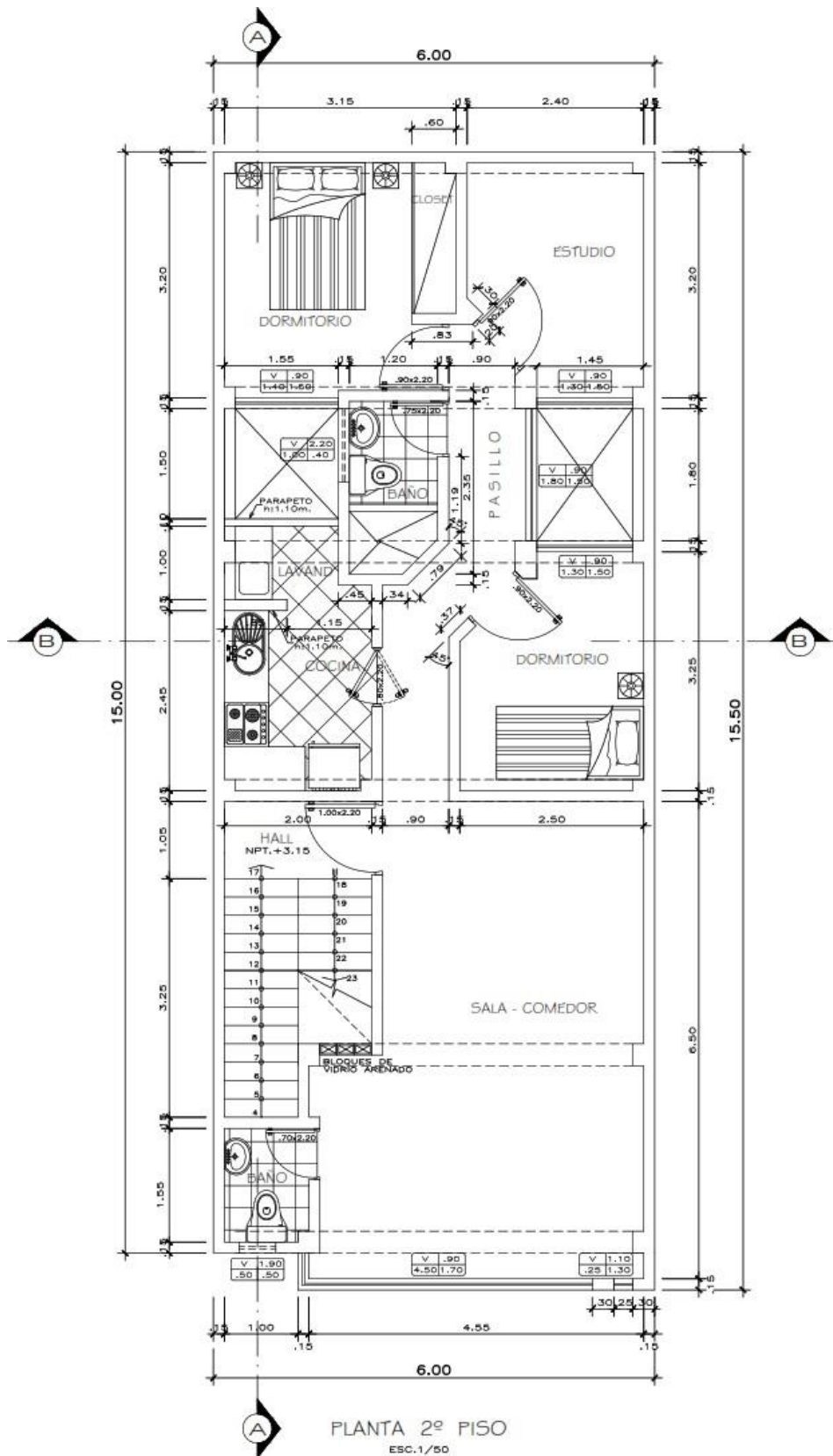
##### 4.1. Descripción del proyecto

La vivienda unifamiliar de cuatro niveles está ubicada en el distrito de Lince, provincia Lima y en el departamento de Lima. Posee un área de 6x15 m<sup>2</sup>. La distribución de cada departamento está compuesta de dos dormitorios uno principal y otro secundario, los baños son compartidos siendo 2 dividiéndose en un baño completo y un medio baño, una cocina y una lavandería.



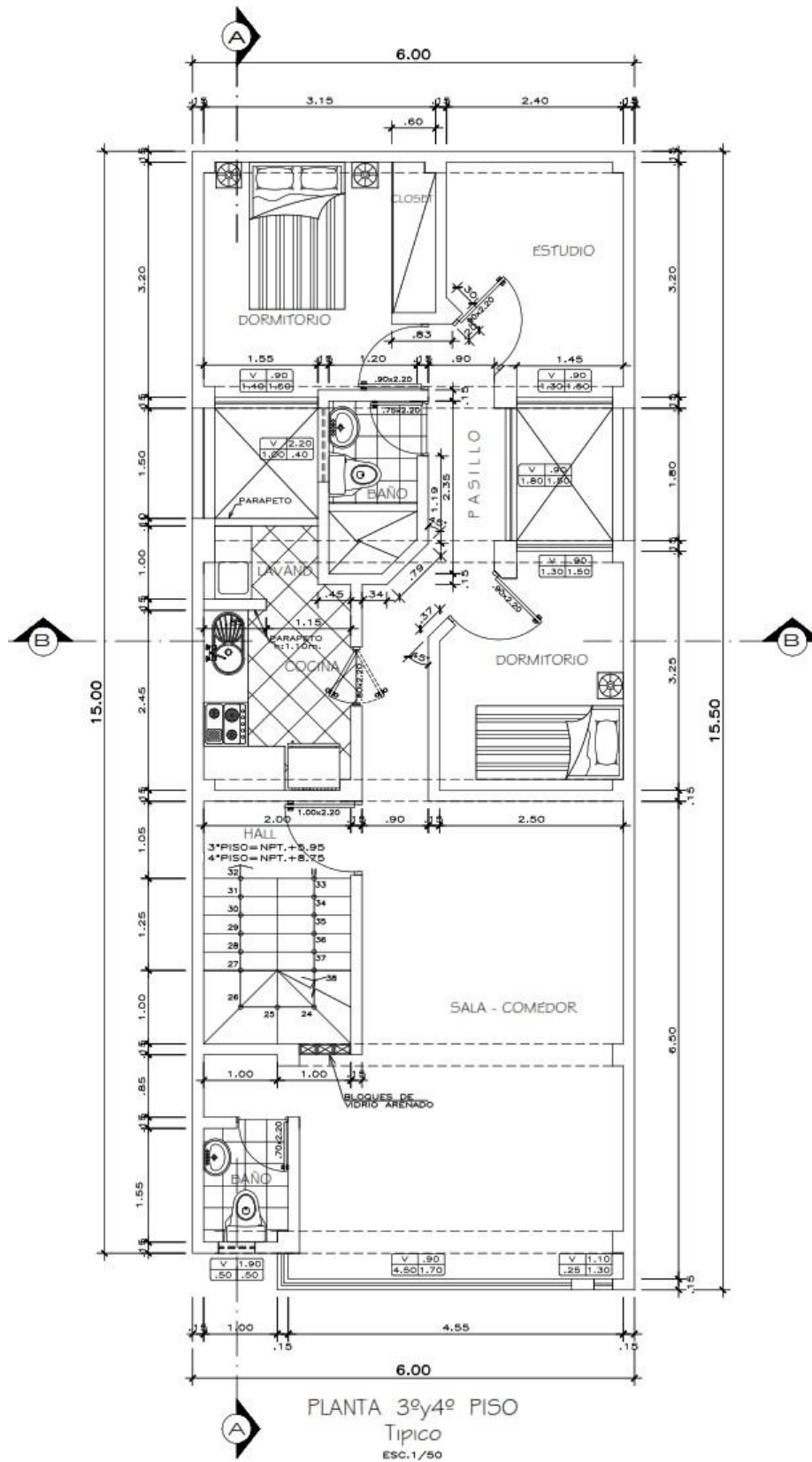
**Figura 16** Planta del primer nivel

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17** Planta del 2do nivel

Fuente: Elaboración propia



**Figura 18** Planta típica del 2do y 3er nivel

Fuente: Elaboración propia



A partir de las distribuciones de los muros. Empezamos a identificar los muros portantes de longitud mínima de 1.20 m en ambas direcciones.

Las características de las propiedades de la albañilería y geometría de la edificación:

Análisis y diseño estructural de una edificación de 4 niveles de albañilería confinada (Norma E 0.70)

1) Características del edificio:

A) Características geométricas:		Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	
Distancia de la edificación en x por piso:	$L_x =$	6.00	6.00	6.00	6.00	m
Distancia de la edificación en y por piso:	$L_y =$	15.00	15.00	15.00	15.00	m
Altura libre de la albañilería:	$h =$	2.40	m			
Espesor efectivo de los muros:	$t =$	0.13	m			
Vigas soleras y dinteles:	$b =$	0.25	m	$h =$	0.3	m
Alfeizar y parapetos en la azotea:	$h =$	0.90	m	$A =$	0.075	m <sup>2</sup>
Losa maciza:	$t =$	0.15	m			
Losa aligerada:	$t =$	0.20	m			
Garganta de la escalera:	$t =$	0.15	m			
Descanso de la escalera:	$t =$	0.15	m			
B) Características de los materiales:						
Esfuerzo de ruptura del concreto:	$f'_c =$	210	kgf/cm <sup>2</sup>	=	2100	ton/m <sup>2</sup>
Esfuerzo de	$f_y =$	4,200.00	kgf/cm <sup>2</sup>	=	42,000.00	ton/m <sup>2</sup>
Pilas de albañilería:	$f'_m =$	110	kgf/cm <sup>2</sup>	=	1100	ton/m <sup>2</sup>
Muretes de albañilería:	$v'_m =$	9.2	kgf/cm <sup>2</sup>	=	92	ton/m <sup>2</sup>
Ladrillos:	Sólido de arcilla tipo V con un máximo de 30% de perforaciones					
Mortero:	Cemento C =	1	Arena	A =	5	
C) Pesos específicos unitarios:						
Concreto armado:	$\gamma_c =$	2.4	ton/m <sup>3</sup>			
Aligerado:	$q_{alig.} =$	0.28	ton/m <sup>2</sup>			
Acabados:	$q_{acab.} =$	0.1	ton/m <sup>2</sup>			
Sobrecarga de la azotea:	$s/c_{az.} =$	0.1	ton/m <sup>2</sup>			
Sobrecarga de las oficinas:	$s/c_{of.} =$	0.25	ton/m <sup>2</sup>			
Sobrecarga de las escaleras:	$s/c_{esc.} =$	0.4	ton/m <sup>2</sup>			
Muros de albañilería tarrajeados:	$q_{alb.} =$	0.285	ton/m <sup>2</sup>			
Alféizares y parapetos tarrajeados:	$q_{alf.} =$	0.21	ton/m <sup>2</sup>			
Ventanas:	$q_{vent.} =$	0.2	ton/m <sup>2</sup>			
D) Factor de zona sísmica: 4		$Z =$	0.45	Lima		
Factor de uso para vivienda:	$U =$	1	Oficinas			
Factor de tipo de suelo:	$S =$	1	Cascajo duro			
Número de pisos de la edificación:	$N =$	4	pisos			
Periodo principal del tipo de suelo:	$T_p =$	0.4	segundos			
Periodo secundario del tipo de suelo:	$T_L =$	2.5	segundos			
Factor de reducción sísmico:	$R =$	6	Albañilería			
E) Módulos de elasticidad:						
Concreto:	$E_c = 15000 \times (f'_c)^{0.5}$	$E_c =$	2173706.512	ton/m <sup>2</sup>		
Albañilería:	$E_m = 500 \times f'_m$	$E_m =$	550000	ton/m <sup>2</sup>		
relación modular k:		$k =$	3.95			
F) Tipo de suelo:						
Capacidad Portante del Suelo	$q_{terreno} =$	4	kgf/cm <sup>2</sup>	=	40	ton/m <sup>2</sup>

**Figura 19** Propiedades mecánicas y geométricas de la albañilería

Fuente: Elaboración propia

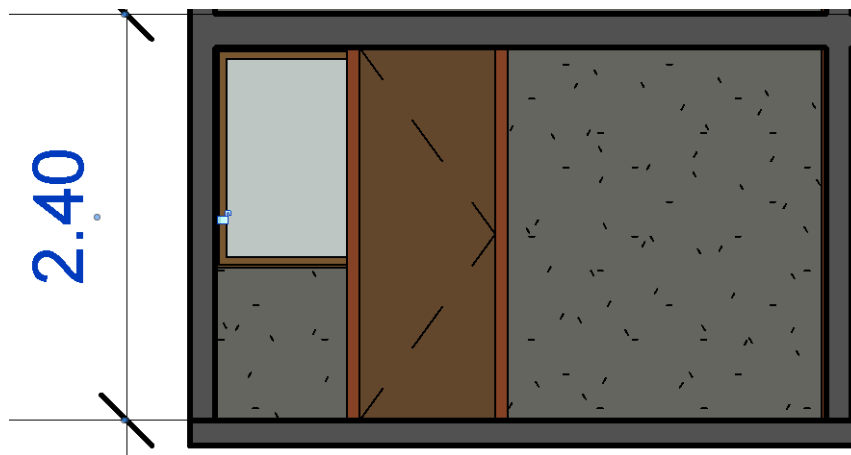
El procedimiento del diseño de la albañilería consta de cinco procesos principalmente:

- Verificación de la densidad mínima de muros en ambas direcciones “X-X” y “Y-Y” del edificio.
- Diseño por carga vertical.
- Análisis elástico ante sismo moderado.
- Cálculo de la resistencia al corte de los muros ( $V_m$ ).
- Diseño por sismo severo.

#### 4.2. Predimensionamiento de los muros de albañilería

El espesor mínimo del muro se calcula con la siguiente relación:

$$t \geq \frac{h}{20}$$

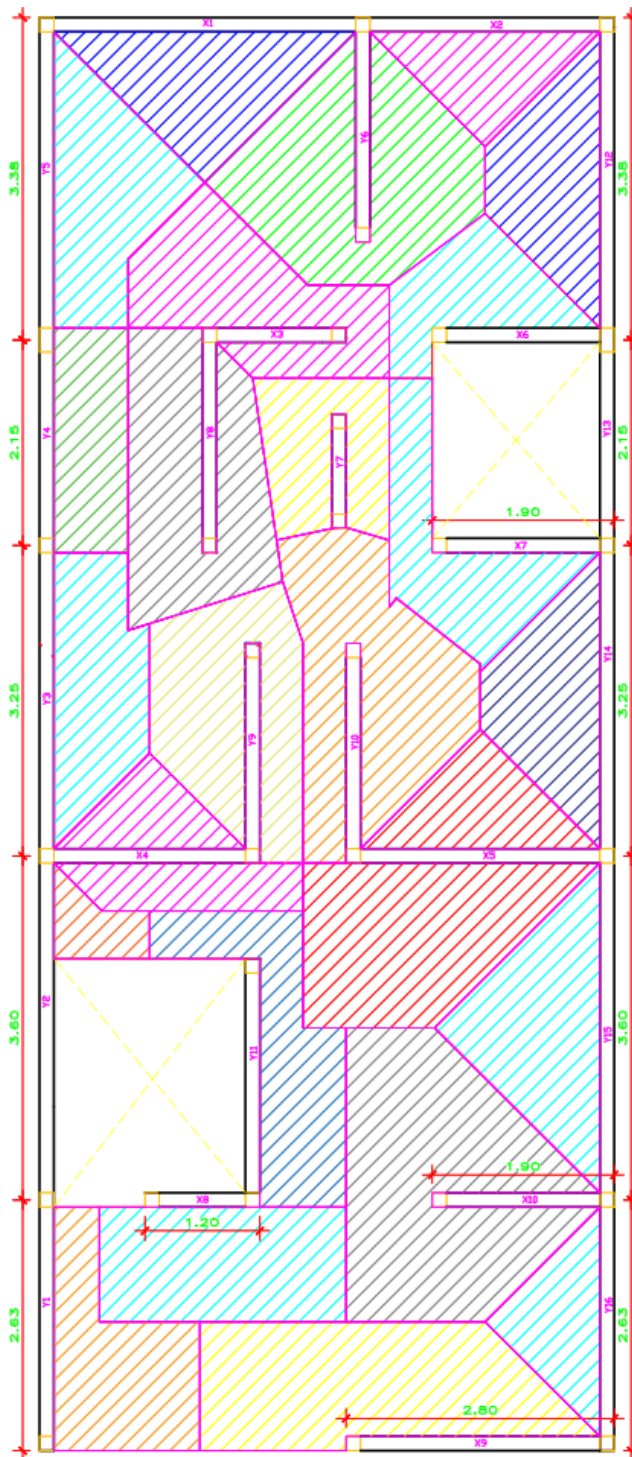


**Figura 20** Altura de la albañilería del proyecto

Fuente: Elaboración propia

$$\rightarrow t \geq \frac{2.40}{20} = 0.12 ; \text{ por lo tanto el espesor efectivo es de } 0.13 \text{ m}$$

### 4.3. Densidad mínima de muros reforzados.



**Figura 21** Áreas tributarias para el cálculo de las cargas indirectas en los muros portantes en las plantas típicas

Fuente: Elaboración propia

A continuación, presentamos la densidad mínima de muros reforzados en cada dirección:

Factor de zona:	Z =	0.45	Lima	ZUSN/56 =	0.03375	
Factor de uso para edificaciones:	U =	1	Vivienda			
Factor de tipo de suelo:	S =	1.05	Cascajo duro			
Número de pisos de la edificación:	N =	4	pisos			
Espesor efectivo de los muros (soga):	t <sub>1</sub> =	0.13	m			
Espesor efectivo de los muros (cabeza):	t <sub>2</sub> =	0.23	m			
Área de la planta típica:	A <sub>p</sub> =	90	m <sup>2</sup>			
Longitud de muro confinado en X-X:	L <sub>X-X</sub> =	22.31	m (soga)	(ΣLt) <sub>X-X</sub> / A <sub>p</sub> =	0.0322	(No cumple con la densidad mínima en X-X)
	L <sub>X-X</sub> =	0.00	m (cabeza)			
Longitud de muro confinado en Y-Y:	L <sub>Y-Y</sub> =	43.12	m (soga)	(ΣLt) <sub>Y-Y</sub> / A <sub>p</sub> =	0.0623	(Sí cumple con la densidad mínima en Y-Y)
	L <sub>Y-Y</sub> =	0.00	m (cabeza)			

**Figura 22** Densidad mínima de muros en ambas direcciones

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 22 no se cumple la densidad de muros en la dirección X siendo  $(\Sigma Lt)_{X-X} / A_p = 0.0332 < ZUSN/56 = 0.03375$  y si cumple la misma en la dirección Y  $(\Sigma Lt)_{Y-Y} / A_p = 0.03623 > ZUSN/56 = 0.03375$ . Como en la dirección X no se cumple la densidad mínima de muros; entonces, el muro de albañilería X8 de longitud de 1.20 m se convertirá en un muro de concreto armado (placa) de espesor de 15 cm.

Para convertir un muro de albañilería se deberá usar multiplicar el espesor de muro por un factor modular como se muestra continuación:

**Módulos de elasticidad:**

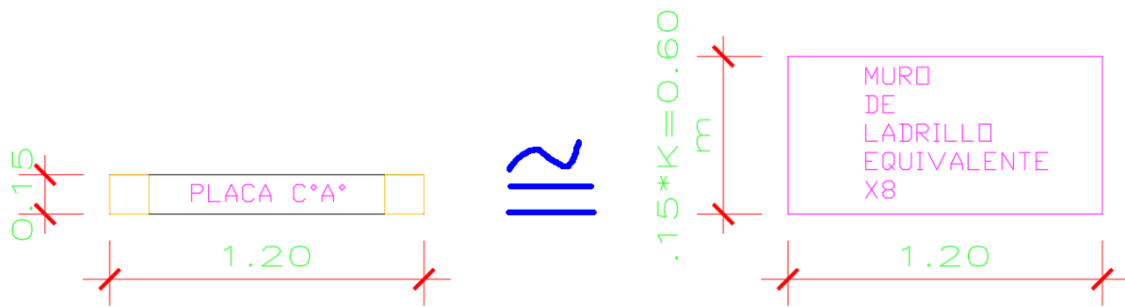
Concreto:  $E_c = 15000 \times (f'_c)^{0.5}$   $E = 2173706.512 \text{ ton/m}^2$

Albañilería:  $E_m = 500 \times f'_m$   $E = 550000 \text{ ton/m}^2$

relación modular k:  $k = 3.95$

**Figura 23** Relación de módulos de elasticidad del concreto y albañilería.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24** Espesor equivalente de placa de concreto armado respecto a un muro de albañilería.

Fuente: Elaboración propia

Factor de zona:	Z = 0.45	Lima	ZUSN/56 = 0.03375	
Factor de uso para edificaciones:	U = 1	Vivienda		
Factor de tipo de suelo:	S = 1.05	Cascajo duro		
Número de pisos de la edificación:	N = 4	pisos		
Espesor efectivo de los muros (soga):	t <sub>1</sub> = 0.13	m		
Espesor efectivo de los muros (cabeza):	t <sub>2</sub> = 0.23	m		
Área de la planta típica:	A <sub>p</sub> = 90	m <sup>2</sup>	(ΣLt) <sub>x-x</sub> / A <sub>p</sub> = 0.0373	(Sí cumple con la densidad mínima en X-X)
Longitud de muro confinado en X-X:	L <sub>x-x</sub> = 21.11	m (soga)	(ΣLt) <sub>y-y</sub> / A <sub>p</sub> = 0.0623	(Sí cumple con la densidad mínima en Y-Y)
	L <sub>x-x</sub> = 1.20	m (placa)		
Longitud de muro confinado en Y-Y:	L <sub>y-y</sub> = 43.12	m (soga)		
	L <sub>y-y</sub> = 0.00	m (cabeza)		

**Figura 25** Densidad mínima de muros en ambas direcciones

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 23 si cumple con la densidad de muros en la dirección X siendo  $(\Sigma Lt)_{x-x} / A_p = 0.0373 < ZUSN/56 = 0.03375$  y si cumple la misma en la dirección Y  $(\Sigma Lt)_{y-y} / A_p = 0.0623 > ZUSN/56 = 0.03375$ .

#### 4.4. Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m$$

**Figura 26** Esfuerzo axial máximo

Fuente: (Comité de la Norma E.070, 2006)

**Tabla 5** Esfuerzo axial máximo en los muros de la dirección X

Dirección "X"										
N°	Muro	Longitud (m)	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Peso propio (ton)	Viga solera (ton)	Losa (ton)	Sobrecarga (ton)	Pesos P <sub>m</sub> del muro i	Esfuerzo $\sigma_m$ del muro i	Observación del $\sigma_m$ por muro
<b>Piso 1</b>										
1	X1	3.38	2.50	9.25	2.43	3.80	2.50	17.98	40.92	(Cumple)
2	X2	2.63	3.50	7.20	1.89	5.32	3.50	17.91	52.38	(Cumple)
3	X3	1.50	4.50	4.10	1.08	6.84	4.50	16.52	84.74	(Cumple)
4	X4	2.30	5.50	6.29	1.66	8.36	5.50	21.81	72.94	(Cumple)
5	X5	2.80	6.50	7.66	2.02	9.88	6.50	26.06	71.58	(Cumple)
6	X6	1.90	7.50	5.20	1.37	11.40	7.50	25.47	103.10	(Cumple)
7	X7	1.90	8.50	5.20	1.37	12.92	8.50	27.99	113.31	(Cumple)
8	X8	1.20	9.50	3.28	0.86	14.44	9.50	28.09	45.56	(Cumple)
9	X9	2.80	10.50	7.66	2.02	15.96	10.50	36.14	99.28	(Cumple)
10	X10	1.90	11.50	5.20	1.37	17.48	11.50	35.55	143.91	(Cumple)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6** Esfuerzo axial máximo en los muros de la dirección Y

Dirección "Y"										
N°	Muro	Longitud (m)	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Peso propio (ton/m)	Viga solera (ton/m)	Losa (ton/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (ton/m <sup>2</sup> )	Pesos P <sub>m</sub> del muro i	Esfuerzo $\sigma_m$ del muro i	Observación del $\sigma_m$ por muro
<b>Piso 1</b>										
1	Y1	2.63	2.70	7.20	1.89	4.10	2.70	15.89	46.49	(Cumple)
2	Y2	3.60	0.70	9.85	2.59	1.06	0.70	14.21	30.35	(Cumple)
3	Y3	3.25	2.45	8.89	2.34	3.72	2.45	17.41	41.20	(Cumple)
4	Y4	2.15	1.85	5.88	1.55	2.81	1.85	12.09	43.26	(Cumple)
5	Y5	3.38	2.75	9.25	2.43	4.18	2.75	18.61	42.36	(Cumple)
6	Y6	2.35	4.50	6.43	1.69	6.84	4.50	19.46	63.70	(Cumple)
7	Y7	1.20	2.00	3.28	0.86	3.04	2.00	9.19	58.89	(Cumple)
8	Y8	2.35	3.72	6.43	1.69	5.65	3.72	17.50	57.27	(Cumple)
9	Y9	2.30	3.35	6.29	1.66	5.09	3.35	16.39	54.82	(Cumple)
10	Y10	2.30	4.30	6.29	1.66	6.54	4.30	18.78	62.83	(Cumple)
11	Y11	2.60	2.88	7.11	1.87	4.38	2.88	16.24	48.06	(Cumple)
12	Y12	3.38	2.28	9.25	2.43	3.47	2.28	17.43	39.66	(Cumple)
13	Y13	2.15	0.00	5.88	1.55	0.00	0.00	7.43	26.58	(Cumple)
14	Y14	3.25	2.31	8.89	2.34	3.51	2.31	17.05	40.36	(Cumple)
15	Y15	3.60	3.00	9.85	2.59	4.56	3.00	20.00	42.74	(Cumple)
16	Y16	2.63	1.45	7.20	1.89	2.20	1.45	12.74	37.27	(Cumple)

Fuente: Elaboración propia

Con los reportes de la Tabla 5 y 6 se cumplen las condiciones del esfuerzo máximo en los muros en ambas direcciones. Como ya demostró que el muro X8 se convirtió en placa de espesor de 15 cm, y ahora por temas arquitectónicos pasara a hacer una placa de 25 cm.

#### 4.5. Metrado de cargas

A continuación, realizamos el metrado de cargas para obtener el peso de cada entre piso y el peso de la edificación.

**Tabla 7** Metrado de cargas en la dirección X

Dirección "X"				Cargas muertas				Cargas vivas				Cargas muertas y vivas		
N°	Muro	Longitud (m)	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Muro o parapeto (ton)	Viga solera (ton)	Losa (ton)	Escaleras (ton)	Carga muerta P <sub>0</sub> (ton)	Viga solera (ton)	Losa (ton)	Escaleras (ton)	Carga viva P <sub>L</sub> (ton)	P <sub>0</sub> + P <sub>L</sub> (ton)	P <sub>0</sub> + 0,25P <sub>L</sub> (ton)
<b>Piso 1</b>														
1	X1	3.38	2.50	0.96	0.69	0.95	0.00	2.61	0.21	0.63	0.00	0.84	3.44	2.82
2	X2	2.63	3.50	0.75	0.54	1.33	0.00	2.62	0.16	0.88	0.00	1.04	3.66	2.88
3	X3	1.50	4.50	0.43	0.60	1.71	0.00	2.74	0.18	1.13	0.00	1.31	4.05	3.07
4	X4	2.30	5.50	0.66	0.47	2.09	0.00	3.22	0.14	1.38	0.00	1.52	4.74	3.60
5	X5	2.80	6.50	0.86	0.57	2.47	0.00	3.90	0.18	1.63	0.00	1.80	5.70	4.35
6	X6	1.90	7.50	0.54	0.57	2.85	0.00	3.97	0.18	1.88	0.00	2.05	6.02	4.48
7	X7	1.90	8.50	0.54	1.20	3.23	0.00	4.97	0.37	2.13	0.00	2.49	7.46	5.59
8	PL8	1.20	9.50	0.43	0.00	3.61	2.01	6.05	0.00	2.38	0.43	2.81	8.86	6.75
9	X9	2.80	10.50	0.80	1.20	3.99	0.00	5.99	0.37	2.63	0.00	2.99	8.98	6.73
10	X10	1.90	11.50	0.54	0.95	4.37	0.00	5.86	0.29	2.88	0.00	3.17	9.03	6.66
<b>Piso 2</b>														
1	X1	3.38	2.50	0.96	0.69	0.95	0.00	2.61	0.21	0.63	0.00	0.84	3.44	2.82
2	X2	2.63	3.50	0.75	0.54	1.33	0.00	2.62	0.16	0.88	0.00	1.04	3.66	2.88
3	X3	1.50	4.50	0.43	0.60	1.71	0.00	2.74	0.18	1.13	0.00	1.31	4.05	3.07
4	X4	2.30	5.50	0.66	0.47	2.09	0.00	3.22	0.14	1.38	0.00	1.52	4.74	3.60
5	X5	2.80	6.50	0.86	0.57	2.47	0.00	3.90	0.18	1.63	0.00	1.80	5.70	4.35
6	X6	1.90	7.50	0.54	0.57	2.85	0.00	3.97	0.18	1.88	0.00	2.05	6.02	4.48
7	X7	1.90	8.50	0.54	1.20	3.23	0.00	4.97	0.37	2.13	0.00	2.49	7.46	5.59
8	PL8	1.20	9.50	0.43	0.00	3.61	2.01	6.05	0.00	2.38	0.43	2.81	8.86	6.75
9	X9	2.80	10.50	0.80	1.20	3.99	0.00	5.99	0.37	2.63	0.00	2.99	8.98	6.73
10	X10	1.90	11.50	0.54	0.95	4.37	0.00	5.86	0.29	2.88	0.00	3.17	9.03	6.66
<b>Piso 3</b>														
1	X1	3.38	2.50	0.96	0.69	0.95	0.00	2.61	0.21	0.63	0.00	0.84	3.44	2.82
2	X2	2.63	3.50	0.75	0.54	1.33	0.00	2.62	0.16	0.88	0.00	1.04	3.66	2.88
3	X3	1.50	4.50	0.43	0.60	1.71	0.00	2.74	0.18	1.13	0.00	1.31	4.05	3.07
4	X4	2.30	5.50	0.66	0.47	2.09	0.00	3.22	0.14	1.38	0.00	1.52	4.74	3.60
5	X5	2.80	6.50	0.86	0.57	2.47	0.00	3.90	0.18	1.63	0.00	1.80	5.70	4.35
6	X6	1.90	7.50	0.54	0.57	2.85	0.00	3.97	0.18	1.88	0.00	2.05	6.02	4.48
7	X7	1.90	8.50	0.54	1.20	3.23	0.00	4.97	0.37	2.13	0.00	2.49	7.46	5.59
8	PL8	1.20	9.50	0.43	0.00	3.61	2.01	6.05	0.00	2.38	0.43	2.81	8.86	6.75
9	X9	2.80	10.50	0.80	1.20	3.99	0.00	5.99	0.37	2.63	0.00	2.99	8.98	6.73
10	X10	1.90	11.50	0.54	0.95	4.37	0.00	5.86	0.29	2.88	0.00	3.17	9.03	6.66
<b>Piso 4</b>														
1	X1	3.38	2.50	0.96	0.69	0.95	0.00	2.61	0.21	0.63	0.00	0.84	3.44	2.82
2	X2	2.63	3.50	0.75	0.54	1.33	0.00	2.62	0.16	0.88	0.00	1.04	3.66	2.88
3	X3	1.50	4.50	0.43	0.60	1.71	0.00	2.74	0.18	1.13	0.00	1.31	4.05	3.07
4	X4	2.30	5.50	0.66	0.47	2.09	0.00	3.22	0.14	1.38	0.00	1.52	4.74	3.60
5	X5	2.80	6.50	0.86	0.57	2.47	0.00	3.90	0.18	1.63	0.00	1.80	5.70	4.35
6	X6	1.90	7.50	0.54	0.57	2.85	0.00	3.97	0.18	1.88	0.00	2.05	6.02	4.48
7	X7	1.90	8.50	0.54	1.20	3.23	0.00	4.97	0.37	2.13	0.00	2.49	7.46	5.59
8	PL8	1.20	9.50	0.43	0.00	3.61	2.01	6.05	0.00	2.38	0.43	2.81	8.86	6.75
9	X9	2.80	10.50	0.80	1.20	3.99	0.00	5.99	0.37	2.63	0.00	2.99	8.98	6.73
10	X10	1.90	11.50	0.54	0.95	4.37	0.00	5.86	0.29	2.88	0.00	3.17	9.03	6.66

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8** Metrado de cargas en la dirección Y

Dirección "Y"				Cargas muertas					Cargas vivas				Cargas muertas y vivas	
N°	Muro	Longitud (m)	Área trib. (m²)	Muro o parapeto (ton)	Viga solera (ton)	Losa (ton)	Escaleras (ton)	Carga muerta P <sub>0</sub> (ton)	Viga solera (ton)	Losa (ton)	Escaleras (ton)	Carga viva P <sub>L</sub> (ton)	P <sub>0</sub> + P <sub>L</sub> (ton)	P <sub>0</sub> + 0,25P <sub>L</sub> (ton)
<b>Piso 1</b>														
1	Y1	2.63	2.70	0.75	0.54	1.03	0.00	2.31	0.16	0.68	0.00	0.84	3.15	2.52
2	Y2	3.60	0.70	1.03	0.70	0.27	2.01	4.01	0.21	0.18	0.43	0.82	4.82	4.21
3	Y3	3.25	2.45	0.93	0.66	0.93	0.00	2.51	0.20	0.61	0.00	0.81	3.33	2.72
4	Y4	2.15	1.85	0.61	0.66	0.70	0.00	1.97	0.20	0.46	0.00	0.66	2.63	2.14
5	Y5	3.38	2.75	0.96	0.69	1.05	0.00	2.70	0.21	0.69	0.00	0.90	3.60	2.93
6	Y6	2.35	4.50	0.67	0.67	1.71	0.00	3.05	0.20	1.13	0.04	1.37	4.41	3.39
7	Y7	1.20	2.00	0.34	0.40	0.76	0.00	1.50	0.12	0.50	0.04	0.66	2.16	1.67
8	Y8	2.35	3.72	0.67	0.48	1.41	0.00	2.57	0.15	0.93	0.00	1.08	3.64	2.83
9	Y9	2.30	3.35	0.66	0.66	1.27	0.00	2.58	0.20	0.84	0.00	1.04	3.62	2.84
10	Y10	2.30	4.30	0.66	1.90	1.63	0.00	4.19	0.58	1.08	0.00	1.65	5.84	4.60
11	Y11	2.60	2.88	0.74	1.26	1.09	0.00	3.10	0.38	0.72	0.04	1.15	4.24	3.38
12	Y12	3.38	2.28	0.96	0.69	0.87	0.00	2.52	0.21	0.57	0.04	0.82	3.34	2.73
13	Y13	2.15	0.00	0.61	0.44	0.00	0.00	1.05	0.13	0.00	0.04	0.18	1.23	1.10
14	Y14	3.25	2.31	0.93	0.67	0.88	0.00	2.47	0.20	0.58	0.04	0.82	3.29	2.68
15	Y15	3.60	3.00	1.03	0.74	1.14	0.00	2.90	0.23	0.75	0.04	1.02	3.92	3.16
16	Y16	2.63	1.45	0.75	0.54	0.55	0.00	1.84	0.16	0.36	0.04	0.57	2.41	1.98
<b>Piso 2</b>														
1	Y1	2.63	2.70	0.75	0.54	1.03	0.00	2.31	0.16	0.68	0.00	0.84	3.15	2.52
2	Y2	3.60	0.70	1.03	0.70	0.27	2.01	4.01	0.21	0.18	0.43	0.82	4.82	4.21
3	Y3	3.25	2.45	0.93	0.66	0.93	0.00	2.51	0.20	0.61	0.00	0.81	3.33	2.72
4	Y4	2.15	1.85	0.61	0.66	0.70	0.00	1.97	0.20	0.46	0.00	0.66	2.63	2.14
5	Y5	3.38	2.75	0.96	0.69	1.05	0.00	2.70	0.21	0.69	0.00	0.90	3.60	2.93
6	Y6	2.35	4.50	0.67	0.67	1.71	0.00	3.05	0.20	1.13	0.04	1.37	4.41	3.39
7	Y7	1.20	2.00	0.34	0.40	0.76	0.00	1.50	0.12	0.50	0.04	0.66	2.16	1.67
8	Y8	2.35	3.72	0.67	0.48	1.41	0.00	2.57	0.15	0.93	0.00	1.08	3.64	2.83
9	Y9	2.30	3.35	0.66	0.66	1.27	0.00	2.58	0.20	0.84	0.00	1.04	3.62	2.84
10	Y10	2.30	4.30	0.66	1.90	1.63	0.00	4.19	0.58	1.08	0.00	1.65	5.84	4.60
11	Y11	2.60	2.88	0.74	1.26	1.09	0.00	3.10	0.38	0.72	0.04	1.15	4.24	3.38
12	Y12	3.38	2.28	0.96	0.69	0.87	0.00	2.52	0.21	0.57	0.04	0.82	3.34	2.73
13	Y13	2.15	0.00	0.61	0.44	0.00	0.00	1.05	0.13	0.00	0.04	0.18	1.23	1.10
14	Y14	3.25	2.31	0.93	0.67	0.88	0.00	2.47	0.20	0.58	0.04	0.82	3.29	2.68
15	Y15	3.60	3.00	1.03	0.74	1.14	0.00	2.90	0.23	0.75	0.04	1.02	3.92	3.16
16	Y16	2.63	1.45	0.75	0.54	0.55	0.00	1.84	0.16	0.36	0.04	0.57	2.41	1.98
<b>Piso 3</b>														
1	Y1	2.63	2.70	0.75	0.54	1.03	0.00	2.31	0.16	0.68	0.00	0.84	3.15	2.52
2	Y2	3.60	0.70	1.03	0.70	0.27	2.01	4.01	0.21	0.18	0.43	0.82	4.82	4.21
3	Y3	3.25	2.45	0.93	0.66	0.93	0.00	2.51	0.20	0.61	0.00	0.81	3.33	2.72
4	Y4	2.15	1.85	0.61	0.66	0.70	0.00	1.97	0.20	0.46	0.00	0.66	2.63	2.14
5	Y5	3.38	2.75	0.96	0.69	1.05	0.00	2.70	0.21	0.69	0.00	0.90	3.60	2.93
6	Y6	2.35	4.50	0.67	0.67	1.71	0.00	3.05	0.20	1.13	0.04	1.37	4.41	3.39
7	Y7	1.20	2.00	0.34	0.40	0.76	0.00	1.50	0.12	0.50	0.04	0.66	2.16	1.67
8	Y8	2.35	3.72	0.67	0.48	1.41	0.00	2.57	0.15	0.93	0.00	1.08	3.64	2.83
9	Y9	2.30	3.35	0.66	0.66	1.27	0.00	2.58	0.20	0.84	0.00	1.04	3.62	2.84
10	Y10	2.30	4.30	0.66	1.90	1.63	0.00	4.19	0.58	1.08	0.00	1.65	5.84	4.60
11	Y11	2.60	2.88	0.74	1.26	1.09	0.00	3.10	0.38	0.72	0.04	1.15	4.24	3.38
12	Y12	3.38	2.28	0.96	0.69	0.87	0.00	2.52	0.21	0.57	0.04	0.82	3.34	2.73
13	Y13	2.15	0.00	0.61	0.44	0.00	0.00	1.05	0.13	0.00	0.04	0.18	1.23	1.10
14	Y14	3.25	2.31	0.93	0.67	0.88	0.00	2.47	0.20	0.58	0.04	0.82	3.29	2.68
15	Y15	3.60	3.00	1.03	0.74	1.14	0.00	2.90	0.23	0.75	0.04	1.02	3.92	3.16
16	Y16	2.63	1.45	0.75	0.54	0.55	0.00	1.84	0.16	0.36	0.04	0.57	2.41	1.98
<b>Piso 4</b>														
1	Y1	2.63	2.70	0.75	0.54	1.03	0.00	2.31	0.16	0.68	0.00	0.84	3.15	2.52
2	Y2	3.60	0.70	1.03	0.70	0.27	2.01	4.01	0.21	0.18	0.43	0.82	4.82	4.21
3	Y3	3.25	2.45	0.93	0.66	0.93	0.00	2.51	0.20	0.61	0.00	0.81	3.33	2.72
4	Y4	2.15	1.85	0.61	0.66	0.70	0.00	1.97	0.20	0.46	0.00	0.66	2.63	2.14
5	Y5	3.38	2.75	0.96	0.69	1.05	0.00	2.70	0.21	0.69	0.00	0.90	3.60	2.93
6	Y6	2.35	4.50	0.67	0.67	1.71	0.00	3.05	0.20	1.13	0.04	1.37	4.41	3.39
7	Y7	1.20	2.00	0.34	0.40	0.76	0.00	1.50	0.12	0.50	0.04	0.66	2.16	1.67
8	Y8	2.35	3.72	0.67	0.48	1.41	0.00	2.57	0.15	0.93	0.00	1.08	3.64	2.83
9	Y9	2.30	3.35	0.66	0.66	1.27	0.00	2.58	0.20	0.84	0.00	1.04	3.62	2.84
10	Y10	2.30	4.30	0.66	1.90	1.63	0.00	4.19	0.58	1.08	0.00	1.65	5.84	4.60
11	Y11	2.60	2.88	0.74	1.26	1.09	0.00	3.10	0.38	0.72	0.04	1.15	4.24	3.38
12	Y12	3.38	2.28	0.96	0.69	0.87	0.00	2.52	0.21	0.57	0.04	0.82	3.34	2.73
13	Y13	2.15	0.00	0.61	0.44	0.00	0.00	1.05	0.13	0.00	0.04	0.18	1.23	1.10
14	Y14	3.25	2.31	0.93	0.67	0.88	0.00	2.47	0.20	0.58	0.04	0.82	3.29	2.68
15	Y15	3.60	3.00	1.03	0.74	1.14	0.00	2.90	0.23	0.75	0.04	1.02	3.92	3.16
16	Y16	2.63	1.45	0.75	0.54	0.55	0.00	1.84	0.16	0.36	0.04	0.57	2.41	1.98

Fuente: Elaboración propia

De las Tablas 7 y 8 se obtienen el metrado que actúa en ambas direcciones.



**Tabla 9** Cálculo del centro de masa del 1ero al 3er nivel

Elemento	A <sub>i</sub> (m2)	X <sub>i</sub> (m)	Y <sub>i</sub> (m)	X <sub>i</sub> ·A <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub> ·A <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	90.00	3.00	7.50	270.00	675.00
A <sub>2</sub>	-4.09	4.98	10.58	-20.34	-43.22
A <sub>3</sub>	-4.90	1.15	3.85	-5.64	-18.87
	<b>81.02</b>			<b>244.02</b>	<b>612.92</b>

$$X_{cm} = 3.01 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = 7.57 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10** Cálculo del centro de masa del 9no nivel

Elemento	A <sub>i</sub> (m2)	X <sub>i</sub> (m)	Y <sub>i</sub> (m)	X <sub>i</sub> ·A <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub> ·A <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	90.00	3.00	7.50	270.00	675.00
A <sub>2</sub>	4.09	4.98	10.58	20.34	43.22
A <sub>3</sub>	4.90	1.15	3.85	5.64	18.87
	<b>98.99</b>			<b>295.98</b>	<b>737.08</b>

$$X_{cm} = 2.99 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = 7.45 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11** Cálculo del momento de inercia en las direcciones X y Y del 1ero al 3er nivel

Elemento	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>i</sub> (m2)	X <sub>i</sub> (m)	Y <sub>i</sub> (m)	(X <sub>i</sub> -X <sub>c</sub> ) <sup>2</sup>	(Y <sub>i</sub> -Y <sub>c</sub> ) <sup>2</sup>	(X <sub>i</sub> -X <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> ·A <sub>i</sub>	(Y <sub>i</sub> -Y <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> ·A <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	1687.50	270.00	90.00	3.00	7.50	0.00	0.00	0.01	0.39
A <sub>2</sub>	-1.57	-0.13	-4.09	4.98	10.58	3.87	9.09	-15.82	-37.12
A <sub>3</sub>	-2.03	-1.53	-4.90	1.15	3.85	3.47	13.80	-16.99	-67.64
	<b>1,683.90</b>	<b>268.34</b>	<b>81.02</b>					<b>-32.80</b>	<b>-104.38</b>

I <sub>xc</sub> =	1,651.10	m <sup>4</sup>
I <sub>yc</sub> =	163.96	m <sup>4</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12** Cálculo del momento de inercia en las direcciones X y Y del 4to nivel

Elemento	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>i</sub> (m2)	X <sub>i</sub> (m)	Y <sub>i</sub> (m)	(X <sub>i</sub> -X <sub>c</sub> ) <sup>2</sup>	(Y <sub>i</sub> -Y <sub>c</sub> ) <sup>2</sup>	(X <sub>i</sub> -X <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> ·A <sub>i</sub>	(Y <sub>i</sub> -Y <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> ·A <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	1687.50	270.00	90.00	3.00	7.50	0.00	0.00	0.01	0.39
A <sub>2</sub>	1.57	1.23	4.09	4.98	10.58	3.87	9.09	15.82	37.12
A <sub>3</sub>	2.03	1.53	4.90	1.15	3.85	3.47	13.80	16.99	67.64
	<b>1,691.10</b>	<b>272.76</b>	<b>98.99</b>					<b>32.82</b>	<b>105.15</b>

I <sub>xc</sub> =	1,723.92	m <sup>4</sup>
I <sub>yc</sub> =	377.91	m <sup>4</sup>

Fuente: Elaboración propia

## Centro de masa y rigidez

**Tabla 13** Centro de masa de cada entrepiso

1er nivel			2do nivel			3er nivel			4to nivel		
A =	81.32	m <sup>2</sup>	A =	81.32	m <sup>2</sup>	A =	81.32	m <sup>2</sup>	A =	90.00	m <sup>2</sup>
x <sub>c</sub> =	3.01	m	x <sub>c</sub> =	3.01	m	x <sub>c</sub> =	3.01	m	x <sub>c</sub> =	2.99	m
y <sub>c</sub> =	7.57	m	y <sub>c</sub> =	7.57	m	y <sub>c</sub> =	7.57	m	y <sub>c</sub> =	7.45	m
I <sub>xc</sub> =	1,651.10	m <sup>4</sup>	I <sub>xc</sub> =	1,651.10	m <sup>4</sup>	I <sub>xc</sub> =	1,651.10	m <sup>4</sup>	I <sub>xc</sub> =	1,723.92	m <sup>4</sup>
I <sub>yc</sub> =	162.86	m <sup>4</sup>	I <sub>yc</sub> =	162.86	m <sup>4</sup>	I <sub>yc</sub> =	162.86	m <sup>4</sup>	I <sub>yc</sub> =	377.91	m <sup>4</sup>
J <sub>c</sub> =	1,813.96	m <sup>4</sup>	J <sub>c</sub> =	1,813.96	m <sup>4</sup>	J <sub>c</sub> =	1,813.96	m <sup>4</sup>	J <sub>c</sub> =	2,101.83	m <sup>4</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14** Centro de masas de los muros

Piso del 1ero al 4to																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
P <sub>i</sub> (ton)	2.82	2.88	3.07	3.60	4.35	4.48	5.59	6.75	6.73	6.66	2.52	4.21	2.72	2.14	2.93	3.39	1.67	2.83	2.84	4.60	3.38	2.73	1.10	2.68	3.16	1.98
X <sub>i</sub> (m)	1.69	4.65	2.45	1.23	4.60	5.05	5.05	2.00	4.60	5.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.38	3.13	1.78	2.23	3.28	2.23	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93
Y <sub>i</sub> (m)	14.93	14.93	11.68	6.23	6.23	11.68	9.48	2.63	0.08	2.66	1.35	4.42	7.85	10.55	13.28	13.83	10.25	10.58	7.30	7.30	3.85	13.28	10.55	7.85	4.42	1.35
ΣP <sub>i</sub>	91.80	ΣX <sub>i</sub> ·P <sub>i</sub>	299.88	ΣY <sub>i</sub> ·P <sub>i</sub>	663.15	ΣX <sub>i</sub> <sup>2</sup> ·P <sub>i</sub>	3.27	m	ΣY <sub>i</sub> <sup>2</sup> ·P <sub>i</sub>	7.22	m															

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de la Tabla 14 se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$x_{CM} = \frac{\sum(P_i \cdot x_i)}{\sum P_i}; y_{CM} = \frac{\sum(P_i \cdot y_i)}{\sum P_i}$$

Para efectos sísmicos se tendrá en cuenta que: P<sub>i</sub> = P<sub>D</sub> + 0,25P<sub>L</sub>

**Tabla 15** Centro de rigidez de los muros

Piso del 1ero al 4to																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
L <sub>i</sub> (m)	3.38	2.63	1.50	2.30	2.80	1.90	1.90	1.20	2.80	1.90	2.63	3.60	3.25	2.15	3.38	2.35	1.20	2.35	2.30	2.60	3.38	2.15	3.25	3.60	2.63	
K <sub>iv</sub> (ton/m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
K <sub>iy</sub> (ton/m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	12,087.22	20,071.98	8,022.24	18,686.99	22,447.67	12,376.00	
x <sub>i</sub> (m)	1.69	4.65	2.45	1.23	4.60	5.05	5.05	2.00	4.60	5.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.38	3.13	1.78	2.23	3.28	2.23	5.93	5.93	5.93	5.93	
y <sub>i</sub> (m)	14.93	14.93	11.68	6.23	6.23	11.68	9.48	2.63	0.08	2.66	1.35	4.42	7.85	10.55	13.28	13.83	10.25	10.58	7.30	7.30	3.85	13.28	10.55	7.85	4.42	1.35
ΣK <sub>iv</sub>	99,706.38	ΣK <sub>iy</sub>	215,896.92	ΣK <sub>iv</sub> ·y <sub>i</sub>	840,949.36	ΣK <sub>iy</sub> ·x <sub>i</sub>	626,509.83				x <sub>CR</sub> =	2.90	m	y <sub>CR</sub> =	8.43	m										

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de la Tabla 15 se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$x_{CR} = \frac{\sum(K_{iy} \cdot x_i)}{\sum K_{iy}}; y_{CR} = \frac{\sum(K_{iv} \cdot y_i)}{\sum K_{iv}}$$

**Tabla 16** Momento polar de inercia de los muros y del piso

Piso 1ero al 4to																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
I <sub>xx</sub> (ton.m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
I <sub>yy</sub> (ton.m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	12,087.22	20,071.98	8,022.24	18,686.99	22,447.67	12,376.00	
I <sub>xy</sub> (ton.m)	-1.21	1.75	-0.45	-1.67	1.70	2.15	2.15	2.00	1.70	2.15	-2.83	-2.83	-2.83	-2.83	-2.83	0.48	0.23	-1.12	-0.67	0.38	-0.67	3.03	3.03	3.03	3.03	
I <sub>xx</sub> + I <sub>yy</sub>	6.49	6.49	3.25	-2.20	-2.20	3.25	1.05	2.63	-8.36	-5.77	-7.08	-4.01	-0.58	2.12	4.85	5.40	1.82	2.15	-1.13	-1.13	-4.58	4.85	2.12	-0.58	-4.01	-7.08
I <sub>xx</sub> (ton.m)	845,748.51	521,580.70	35,564.86	45,400.97	68,419.50	63,750.87	6,789.45	51,850.23	981,666.69	201,343.57	101,778.57	180,651.56	64,318.18	162,132.32	3,723.21	184.17	12,522.32	4,270.02	1,396.33	6,648.03	185,779.20	73,769.21	171,373.20	207,097.25	116,358.77	
I <sub>yy</sub> =	4.26E+06	ton.m <sup>2</sup>																								

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de la Tabla 16 se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$J_{\text{muro } i} = |K_{ix} \cdot Y_i'^2 + K_{iy} \cdot X_i'^2$$

#### 4.6. Análisis estático

Cálculo de la fuerza cortante basal, de las fuerzas inerciales y de las cortantes por piso:

**Tabla 17** Peso de cada entrepiso

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
P <sub>1</sub> (ton)	3.44	3.66	4.05	4.74	5.70	6.02	7.46	8.86	8.98	9.03	3.15	4.82	3.33	2.63	3.60	4.41	2.16	3.64	3.62	5.84	4.24	3.34	1.23	3.29	3.92	2.41
P <sub>2</sub> (ton)	3.44	3.66	4.05	4.74	5.70	6.02	7.46	8.86	8.98	9.03	3.15	4.82	3.33	2.63	3.60	4.41	2.16	3.64	3.62	5.84	4.24	3.34	1.23	3.29	3.92	2.41
P <sub>3</sub> (ton)	3.44	3.66	4.05	4.74	5.70	6.02	7.46	8.86	8.98	9.03	3.15	4.82	3.33	2.63	3.60	4.41	2.16	3.64	3.62	5.84	4.24	3.34	1.23	3.29	3.92	2.41
P <sub>4</sub> (ton)	3.44	3.66	4.05	4.74	5.70	6.02	7.46	8.86	8.98	9.03	3.15	4.82	3.33	2.63	3.60	4.41	2.16	3.64	3.62	5.84	4.24	3.34	1.23	3.29	3.92	2.41
ΣP <sub>i</sub> (ton)	13.77	14.63	16.21	18.94	22.82	24.06	29.85	35.43	35.91	36.12	12.62	19.30	13.30	10.54	14.40	17.66	8.66	14.57	14.49	23.36	16.96	13.38	4.91	13.17	15.68	9.63

Fuente: Elaboración propia

Altura total de la edificación:	h =	10.20	m
Periodo del tipo de suelo 1:	T <sub>p</sub> =	0.40	segundos
Periodo del tipo de suelo 2:	T <sub>s</sub> =	2.50	segundos
Coefficiente de estimación C <sub>T</sub> :	C <sub>T</sub> =	60.00	Albañilería
Periodo de la edificación:	T =	0.17	segundos
Factor de zona:	Z =	0.45	Lima
Factor de uso para edificaciones:	U =	1.00	Vivienda
Factor de amplificación sísmica:	C =	2.50	
Factor amplificación del suelo:	S =	1.05	Suelo intermedio
Factor de reducción sísmico:	R =	6.00	Albañilería
Peso total de la edificación:	P =	331.07	ton
Fuerza cortante basal:	V =	65.18	ton (sismo moderado)
Fuerza cortante basal:	V <sub>e</sub> = 2V =	130.36	ton (sismo severo)

**Figura 27** Parámetros para la obtención de las fuerzas cortantes basales

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18** Cálculo de las fuerzas inerciales (F<sub>i</sub>) y las fuerzas cortantes (V<sub>i</sub>) de cada entrepiso

Piso	P <sub>i</sub> (ton)	h <sub>i</sub> (m)	P <sub>i</sub> ·h <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (ton)	V <sub>i</sub> (ton)	%				V <sub>ei</sub> (ton)
4.00	117.59	10.20	1,199.40	0.40	26.07	26.07	0.40				52.14
3.00	117.59	7.65	899.55	0.30	19.55	45.63	0.70				91.25
2.00	117.59	5.10	599.70	0.20	13.04	58.66	0.90				117.32
1.00	117.59	2.55	299.85	0.10	6.52	65.18	1.00				130.36
Σ =	470.35	-----	2,998.49	1.00	65.18	-----	-----				-----

Fuente: Elaboración propia

Ahora calcularemos la fuerza cortante de traslación en cada muro:

**Tabla 19 Cortante de traslación en la dirección X**

Piso Iero al 4to																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$K_{ix}$ (ton/m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	13.12	8.09	2.21	6.09	9.18	3.94	3.94	4.86	9.18	3.94	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04
$\Sigma K_{ix}$	99,706.98																									
$\Sigma V_{absorc.}$	65.18																									
Piso 2																										
$K_{ix}$ (ton/m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	4.66	2.87	0.78	2.16	3.26	1.40	1.40	1.73	3.26	1.40	2.87	5.21	4.34	1.86	4.66	2.26	0.44	2.26	2.16	2.16	2.80	4.66	0.01	0.02	0.02	0.01
$\Sigma K_{ix}$	252,820.68																									
$\Sigma V_{absorc.}$	58.66																									
Piso 3																										
$K_{ix}$ (ton/m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	3.62	2.23	0.61	1.68	2.53	1.09	1.09	1.34	2.53	1.09	2.23	4.05	3.37	1.45	3.62	1.76	0.34	1.76	1.68	1.68	2.18	3.62	0.01	0.01	0.01	0.01
$\Sigma K_{ix}$	252,820.68																									
$\Sigma V_{absorc.}$	45.63																									
Piso 4																										
$K_{ix}$ (ton/m)	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	2.07	1.28	0.35	0.96	1.45	0.62	0.62	0.77	1.45	0.62	1.28	2.31	1.93	0.83	2.07	1.01	0.19	1.01	0.96	0.96	1.25	2.07	0.00	0.01	0.01	0.01
$\Sigma K_{ix}$	252,820.68																									
$\Sigma V_{absorc.}$	26.07																									

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20 Cortante de traslación en la dirección Y**

Piso 1																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$K_{iy}$ (ton/m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	3.74	6.78	5.64	2.42	6.06	2.95	0.57	2.95	2.81	2.81	3.65	6.06	2.42	5.64	6.78	3.74
$\Sigma K_{iy}$	215,896.92																									
$\Sigma V_{absorc.}$	65.18																									
Piso 2																										
$K_{iy}$ (ton/m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	2.87	2.24	1.28	1.96	2.38	1.62	1.62	4.03	2.38	1.62	2.24	3.06	2.76	1.83	2.87	2.00	1.02	2.00	1.96	1.96	2.21	2.87	1.83	2.76	3.06	2.24
$\Sigma K_{iy}$	1,503.91																									
$\Sigma V_{absorc.}$	58.66																									
Piso 3																										
$K_{iy}$ (ton/m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	2.24	1.74	0.99	1.52	1.85	1.26	1.26	3.14	1.85	1.26	1.74	2.38	2.15	1.42	2.24	1.55	0.79	1.55	1.52	1.52	1.72	2.24	1.42	2.15	2.38	1.74
$\Sigma K_{iy}$	1,503.91																									
$\Sigma V_{absorc.}$	45.63																									
Piso 4																										
$K_{iy}$ (ton/m)	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	57.35	78.50	70.86	46.88	73.70	51.24	26.17	51.24	50.15	50.15	56.69	73.70	46.88	70.86	78.50	57.35
$V_{absorc.}$ (ton)	1.28	0.99	0.57	0.87	1.06	0.72	0.72	1.79	1.06	0.72	0.99	1.36	1.23	0.81	1.28	0.89	0.45	0.89	0.87	0.87	0.98	1.28	0.81	1.23	1.36	0.99
$\Sigma K_{iy}$	1,503.91																									
$\Sigma V_{absorc.}$	26.07																									

Fuente: Elaboración propia

Para los valores de las Tablas 19 y 20 se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$V_{tras.i} = V_i \times (K_{ix} / \Sigma K_{ix})$$

**Figura 28 Cortante de traslación en la dirección X**

Fuente: Elaboración propia

$$V_{tras.i} = V_i \times (K_{iy} / \Sigma K_{iy})$$

**Figura 29 Cortante de traslación en la dirección Y**

Fuente: Elaboración propia

## Cálculo del momento torsor y de las excentricidades

**Tabla 21** Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 1er nivel

Piso 1		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 1)	65.18	ton
$V_y$ (piso 1)	65.18	ton
$x_{C.M.}$	3.27	m
$y_{C.M.}$	7.22	m
$x_{C.R.}$	2.90	m
$y_{C.R.}$	8.43	m
$d_x$	6.00	m
$d_y$	15.00	m
$J_1$	4,263,475.67	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_1$	117.59	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.17	seg.
$T_y$	0.17	seg.
$e_x$	0.36	m
$e_y$	-1.21	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.30	m
$M_{tx1}$	98.45	ton.m
$M_{tx2}$	59.34	ton.m
$M_{ty1}$	72.66	ton.m
$M_{ty2}$	-25.11	ton.m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22** Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 2do nivel

Piso 2		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 2)	58.66	ton
$V_y$ (piso 2)	58.66	ton
$x_{C.M.}$	3.12	m
$y_{C.M.}$	7.03	m
$x_{C.R.}$	2.95	m
$y_{C.R.}$	7.90	m
$d_x$	6.00	m
$d_y$	15.00	m
$J_2$	6,351,499.96	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_2$	117.59	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.17	seg.
$T_y$	0.17	seg.
$e_x$	0.17	m
$e_y$	-0.87	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.30	m
$M_{tx1}$	68.68	ton.m
$M_{tx2}$	33.48	ton.m
$M_{ty1}$	53.93	ton.m
$M_{ty2}$	-34.06	ton.m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23** Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 3er nivel

Piso 3		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 3)	45.63	ton
$V_y$ (piso 3)	45.63	ton
$x_{C.M.}$	3.12	m
$y_{C.M.}$	7.03	m
$x_{C.R.}$	2.95	m
$y_{C.R.}$	7.90	m
$d_x$	6.00	m
$d_y$	15.00	m
$J_3$	6,351,499.96	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_3$	117.59	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.17	seg.
$T_y$	0.17	seg.
$e_x$	0.17	m
$e_y$	-0.87	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.30	m
$M_{tx1}$	53.42	ton.m
$M_{tx2}$	26.04	ton.m
$M_{ty1}$	41.95	ton.m
$M_{ty2}$	-26.49	ton.m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24** Cálculo del momento torsor y las excentricidades del 4to nivel

Piso4		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 4)	26.07	ton
$V_y$ (piso 4)	26.07	ton
$x_{C.M.}$	3.12	m
$y_{C.M.}$	7.03	m
$x_{C.R.}$	2.95	m
$y_{C.R.}$	7.90	m
$d_x$	6.00	m
$d_y$	15.00	m
$J_3$	6,351,499.96	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_3$	117.59	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.17	seg.
$T_y$	0.17	seg.
$e_x$	0.17	m
$e_y$	-0.87	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.30	m
$M_{tx1}$	30.52	ton.m
$M_{tx2}$	14.88	ton.m
$M_{ty1}$	23.97	ton.m
$M_{ty2}$	-15.14	ton.m

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 25 Incremento de fuerza cortante en la dirección X

Dirección X-X, piso 1: $\Delta V_{1x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso1}$ $\Delta V_{2x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso2}$														$M_{12x,piso1} = 67.76$ ton.m		$M_{12x,piso2} = 28.65$ ton.m		$J_1 = 6,403,350.19$ ton.m <sup>2</sup>								
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$V_{1x}(ton/m)$	20,071.98	12,376.00	3,375.19	9,315.73	14,046.11	6,033.10	6,033.10	7,436.36	14,046.11	6,033.10	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	8,022.24	18,686.99	22,447.67	12,376.00
$V_{2x}(ton)$	6.96	6.96	3.72	-1.73	-1.73	3.72	1.52	2.63	-7.89	-5.30	-6.61	-3.54	-0.11	2.59	5.32	5.87	2.29	2.62	-0.66	-0.66	-4.11	5.32	2.59	-0.11	-3.54	-6.61
$\Delta V_{1x}(ton)$	1.48	0.51	-0.11	-0.17	-0.26	0.24	0.10	0.21	-1.17	-0.34	-0.87	-0.84	-0.02	0.22	1.13	0.61	0.05	0.27	-0.07	-0.07	-0.53	1.13	0.22	-0.02	-0.84	-0.87
$\Delta V_{2x}(ton)$	0.63	0.39	0.06	-0.07	-0.11	0.10	0.04	0.09	-0.50	-0.14	-0.37	-0.36	-0.01	0.09	0.48	0.26	0.02	0.11	-0.03	-0.03	-0.22	0.48	0.09	-0.01	-0.36	-0.37

Dirección X-X, piso 2:  $\Delta V_{1x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso2}$   $M_{12x,piso1} = 68.68$  ton.m  $M_{12x,piso2} = 33.48$  ton.m  $J_1 = 6,351,499.96$  ton.m<sup>2</sup>

Dirección X-X, piso 3:  $\Delta V_{1x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso2}$   $M_{12x,piso1} = 53.42$  ton.m  $M_{12x,piso2} = 26.04$  ton.m  $J_1 = 6,351,499.96$  ton.m<sup>2</sup>

Dirección X-X, piso 4:  $\Delta V_{1x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2x} = M_{12x}(K_{ij}/E_{ij})_{xy} / J_{piso2}$   $M_{12x,piso1} = 30.52$  ton.m  $M_{12x,piso2} = 14.88$  ton.m  $J_1 = 972,910.06$  ton.m<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 26 Incremento de fuerza cortante en la dirección Y

Dirección Y-Y, piso 1: $\Delta V_{1y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso1}$ $\Delta V_{2y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso2}$														$M_{21y,piso1} = 72.66$ ton.m		$M_{21y,piso2} = 25.11$ ton.m		$J_1 = 4,263,475.67$ ton.m <sup>2</sup>								
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$V_{1y}(ton/m)$	73.70	57.35	32.71	50.15	61.05	41.43	41.43	103.41	61.05	41.43	12,376.00	22,447.67	18,686.99	8,022.24	20,071.98	9,761.60	1,881.58	9,761.60	9,315.73	9,315.73	12,087.22	20,071.98	8,022.24	18,686.99	22,447.67	12,376.00
$V_{2y}(ton)$	-1.21	1.75	-0.45	-1.67	1.70	2.15	2.15	2.00	1.70	2.15	-2.83	-2.83	-2.83	-2.83	0.48	0.23	-1.12	-0.67	0.38	-0.67	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	
$\Delta V_{1y}(ton)$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-1.08	-0.50	-0.39	-0.97	-0.08	0.01	-0.19	-0.11	0.06	-0.14	1.04	0.41	0.56	1.16	0.64
$\Delta V_{2y}(ton)$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.37	0.31	0.13	0.33	-0.03	0.00	0.06	0.04	-0.02	0.05	-0.36	-0.14	-0.33	-0.40	-0.22

Dirección Y-Y, piso 2:  $\Delta V_{1y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso2}$   $M_{21y,piso1} = 53.93$  ton.m  $M_{21y,piso2} = -34.06$  ton.m  $J_1 = 6,382,219.69$  ton.m<sup>2</sup>

Dirección Y-Y, piso 3:  $\Delta V_{1y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso2}$   $M_{21y,piso1} = 41.95$  ton.m  $M_{21y,piso2} = -26.49$  ton.m  $J_1 = 6,382,219.69$  ton.m<sup>2</sup>

Dirección Y-Y, piso 4:  $\Delta V_{1y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso1}$   $\Delta V_{2y} = M_{21y}(K_{ij}/E_{ij})_{yx} / J_{piso2}$   $M_{21y,piso1} = 23.97$  ton.m  $M_{21y,piso2} = -15.14$  ton.m  $J_1 = 845,748.51$  ton.m<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 27 Fuerza cortante de diseño en la dirección X

Piso 1																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$V_{1diseño}$	13.12	8.09	2.21	6.09	9.18	3.94	3.94	4.86	9.18	3.94	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04
$\Delta V_{1diseño}$	3.01	1.85	0.25	-0.47	-0.71	0.45	0.15	0.45	-2.71	-0.80	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01
$\Delta V_{1diseño}$	1.81	1.12	0.15	-0.29	-0.43	0.27	0.09	0.27	-1.63	-0.48	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
$V_{1diseño}$	3.01	1.85	0.25	0.00	0.00	0.45	0.15	0.45	0.00	0.00	0.00	-0.83	-2.83	-2.83	-2.83	0.48	0.23	-1.12	-0.67	0.38	-0.67	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03
$V_{1diseño}$	16.13	9.95	2.46	6.09	9.18	4.40	4.09	5.31	9.18	3.94	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.03	0.05	0.05	0.04

Piso 2

Piso 3

Piso 4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28 Fuerza cortante de diseño en la dirección Y**

Piso 1																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
V <sub>tras.</sub>	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	3.74	6.78	5.64	2.42	6.06	2.95	0.57	2.95	2.81	2.81	3.65	6.06	2.42	5.64	6.78	3.74
$\Delta V_{\text{tras.}}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-1.08	-0.90	-0.39	-0.97	0.08	0.01	-0.19	-0.11	0.06	-0.14	1.04	0.41	0.96	1.16	0.64
$\Delta V_{\text{torsión}}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.37	0.31	0.13	0.33	-0.03	0.00	0.06	0.04	-0.02	0.05	-0.36	-0.14	-0.33	-0.40	-0.22
V <sub>e (diseño)</sub>	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	3.94	7.15	5.95	2.56	6.39	3.03	0.58	3.01	2.85	2.87	3.70	7.10	2.84	6.61	7.94	4.38

Piso 2																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
V <sub>tras.</sub>	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\Delta V_{\text{tras.}}$	-0.21	0.18	-0.01	-0.13	0.20	0.11	0.11	0.13	0.20	0.11	-0.30	-0.54	-0.45	-0.19	-0.48	0.04	0.00	-0.09	-0.05	0.03	-0.07	0.51	0.21	0.48	0.57	0.32
$\Delta V_{\text{torsión}}$	0.13	-0.12	0.01	0.08	-0.13	-0.07	-0.07	-0.08	-0.13	-0.07	0.19	0.34	0.28	0.12	0.30	-0.02	0.00	0.06	0.03	-0.02	0.04	-0.32	-0.13	-0.30	-0.36	-0.20
V <sub>e (diseño)</sub>	0.13	0.18	0.01	0.08	0.20	0.11	0.11	0.13	0.20	0.11	0.19	0.34	0.28	0.12	0.30	0.04	0.00	0.06	0.03	0.03	0.04	0.51	0.21	0.48	0.57	0.32
V <sub>e (diseño)</sub>	3.00	0.18	0.01	0.08	0.20	0.11	0.11	0.13	0.20	0.11	0.19	0.34	0.28	0.12	0.30	0.04	0.00	0.06	0.03	0.03	0.04	0.51	0.21	0.48	0.57	0.32

Piso 3																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
V <sub>tras.</sub>	2.24	0.99	0.57	0.87	1.06	0.72	0.72	1.79	1.06	0.72	0.99	1.36	1.23	0.81	1.28	0.89	0.45	0.89	0.87	0.87	0.98	1.28	0.81	1.23	1.36	0.99
$\Delta V_{\text{tras.}}$	-0.16	0.14	-0.01	-0.10	0.16	0.09	0.09	0.10	0.16	0.09	-0.23	-0.42	-0.35	-0.15	-0.37	0.03	0.00	-0.07	-0.04	0.02	-0.05	0.40	0.16	0.37	0.45	0.25
$\Delta V_{\text{torsión}}$	0.10	-0.09	0.01	0.06	-0.10	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	-0.10	-0.05	0.15	0.26	0.22	0.09	0.24	-0.02	0.00	0.05	0.03	-0.01	0.03	-0.25	-0.10	-0.23	-0.28
V <sub>e (diseño)</sub>	0.10	0.14	0.01	0.06	0.16	0.09	0.09	0.10	0.16	0.09	0.15	0.26	0.22	0.09	0.24	0.03	0.00	0.05	0.03	0.02	0.03	0.40	0.16	0.37	0.45	0.25
V <sub>e (diseño)</sub>	2.34	1.14	0.57	0.93	1.22	0.80	0.80	1.89	1.22	0.80	1.14	1.62	1.45	0.91	1.51	0.92	0.46	0.93	0.90	0.89	1.02	1.68	0.97	1.60	1.81	1.24

Piso 4																										
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
V <sub>tras.</sub>	1.28	0.99	0.57	0.87	1.06	0.72	0.72	1.79	1.06	0.72	0.99	1.36	1.23	0.81	1.28	0.89	0.45	0.89	0.87	0.87	0.98	1.28	0.81	1.23	1.36	0.99
$\Delta V_{\text{tras.}}$	-0.69	0.61	-0.04	-0.44	0.68	0.37	0.37	0.42	0.68	0.37	-0.99	-1.80	-1.50	-0.64	-1.61	0.13	0.01	-0.31	-0.18	0.10	-0.23	1.72	0.69	1.60	1.93	1.06
$\Delta V_{\text{torsión}}$	0.44	-0.39	0.03	0.28	-0.43	-0.23	-0.27	-0.43	-0.23	-0.63	1.14	0.95	0.41	1.02	-0.08	-0.01	0.20	0.11	-0.06	0.15	-1.09	-0.43	-1.01	-1.22	-0.67	
V <sub>e (diseño)</sub>	0.44	0.61	0.03	0.28	0.68	0.37	0.37	0.42	0.68	0.37	0.63	1.14	0.95	0.41	1.02	0.13	0.01	0.20	0.11	0.10	0.15	1.72	0.69	1.60	1.93	1.06
V <sub>e (diseño)</sub>	1.71	1.61	0.59	1.15	1.73	1.09	1.09	2.21	1.73	1.09	1.62	2.50	2.17	1.22	2.29	1.02	0.47	1.08	0.98	0.97	1.13	3.00	1.50	2.83	3.29	2.06

Fuente: Elaboración propia

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las Tablas 27 y 28 se usaron las siguientes relaciones:

$$V = V_{\text{trasl.}} + \Delta V_{\text{torsión}}$$

**Tabla 29 Diseño de muro en la dirección X**

MURO	V <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	t (m)	L (m)	V <sub>e</sub> (kgf)	h (m)	M <sub>e</sub> (kgf)	a	a <sub>min</sub>	a <sub>asumido</sub>	P <sub>e</sub> (kgf)	V <sub>m</sub> (kgf)	0.55V <sub>m</sub>	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub> (calculad)	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub> (mínimo)	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub> (máximo)	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub> (asumido)	V <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>u</sub> (kgf.m)
X1	9.20	0.13	3.38	16,129.56	10.20	21,825.57	2.50	0.33	2.50	14,632.30	53,853.82	29,619.60	3.34	2.00	3.00	3.00	48,388.68	65,476.70
X2	9.20	0.13	2.63	9,945.17	10.20	7,844.11	3.33	0.33	3.33	3,442.45	53,234.02	29,278.71	5.35	2.00	3.00	3.00	29,835.52	23,532.33
X3	9.20	0.13	1.50	2,459.35	10.20	4,890.25	0.75	0.33	0.75	16,206.50	10,494.15	5,771.78	4.27	2.00	3.00	3.00	7,378.06	14,670.74
X4	9.20	0.13	2.30	6,089.78	10.20	7,844.11	1.79	0.33	1.79	18,943.00	28,916.12	15,903.87	4.75	2.00	3.00	3.00	18,269.34	23,532.33
X5	9.20	0.13	2.80	9,182.07	10.20	7,704.91	3.34	0.33	3.34	22,818.80	61,119.79	33,615.89	6.66	2.00	3.00	3.00	27,546.20	23,114.74
X6	9.20	0.13	1.90	4,396.06	10.20	6,155.63	1.36	0.33	1.36	24,062.00	20,951.24	11,523.18	4.77	2.00	3.00	3.00	13,188.17	18,466.89
X7	9.20	0.13	1.90	4,089.58	10.20	38,155.63	0.20	0.33	0.33	29,845.50	9,178.28	5,048.05	2.24	2.00	3.00	2.24	9,178.28	85,633.01
PL-1	9.20	0.20	1.20	5,312.82	10.20	38,156.63	0.17	0.33	0.33	35,428.00	9,993.05	5,496.18	1.88	2.00	3.00	2.00	10,625.64	76,313.26
X9	9.20	0.13	2.80	9,182.07	10.20	38,157.63	0.67	0.33	0.67	35,911.50	19,541.39	10,747.77	2.13	2.00	3.00	2.13	19,541.39	81,207.54
X10	9.20	0.13	1.90	3,943.89	10.20	38,158.63	0.20	0.33	0.33	36,121.50	10,539.16	5,796.54	2.67	2.00	3.00	2.67	10,539.16	101,970.27

Fuente: Elaboración propia

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las Tablas 29 y 30 se usaron las siguientes relaciones:

$$V_{\text{trasl.}} = V_i \times (K_{ix} / \sum K_{ix})$$



**Tabla 30** Diseño de muro en la dirección Y

MURO	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	t (m)	L (m)	$V_e$ (kg)	h (m)	$M_e$ (kgf)	a	$a_{min}$	$a_{asumido}$	$P_g$ (kg)	$V_m$ (kg)	0.55 $V_m$	$V_{m1}/V_{e1}$ (calculado)	$V_{m1}/V_{e1}$ (mínimo)	$V_{m1}/V_{e1}$ (máximo)	$V_{m1}/V_{e1}$ (asumido)	$V_u$ (kg)	$M_u$ (kg.m)
Y1	9.20	0.13	2.63	3,942.35	10.20	18,336.79	0.57	0.33	0.57	12,616.30	11,794.68	6,487.07	2.99	2.00	3.00	2.99	11,794.68	54,859.77
Y2	9.20	0.13	3.60	7,150.67	10.20	19,431.36	1.32	0.33	1.32	19,298.10	32,958.56	18,127.21	4.61	2.00	3.00	3.00	21,452.00	58,294.09
Y3	9.20	0.13	3.25	5,952.71	10.20	13,401.10	1.44	0.33	1.44	13,303.00	31,116.73	17,114.20	5.23	2.00	3.00	3.00	17,858.12	40,203.30
Y4	9.20	0.13	2.15	2,555.47	10.20	11,906.67	0.46	0.33	0.46	10,537.00	8,356.30	4,595.96	3.27	2.00	3.00	3.00	7,666.41	35,720.00
Y5	9.20	0.13	3.38	6,393.89	10.20	19,748.80	1.09	0.33	1.09	14,399.80	25,430.64	13,986.85	3.98	2.00	3.00	3.00	19,181.68	59,246.41
Y6	9.20	0.13	2.35	3,026.57	10.20	17,421.29	0.41	0.33	0.41	17,659.17	9,798.91	5,389.40	3.24	2.00	3.00	3.00	9,079.71	52,263.86
Y7	9.20	0.13	1.20	575.36	10.20	18,866.27	0.04	0.33	0.33	8,657.17	2,253.76	1,239.57	3.92	2.00	3.00	3.00	1,726.09	56,598.82
Y8	9.20	0.13	2.35	3,011.52	10.20	9,866.27	0.72	0.33	0.72	14,567.90	13,430.84	7,386.96	4.46	2.00	3.00	3.00	9,034.57	29,598.82
Y9	9.20	0.13	2.30	2,849.28	10.20	20,441.06	0.32	0.33	0.33	14,488.00	7,741.74	4,257.96	2.72	2.00	3.00	2.72	7,741.74	55,540.03
Y10	9.20	0.13	2.30	2,872.45	10.20	9,866.27	0.67	0.33	0.67	23,355.50	14,581.70	8,019.94	5.08	2.00	3.00	3.00	8,617.36	29,598.82
Y11	9.20	0.13	2.60	3,696.96	10.20	7,802.89	1.23	0.33	1.23	16,964.77	23,054.94	12,680.22	6.24	2.00	3.00	3.00	11,090.89	23,408.66
Y12	9.20	0.13	3.38	7,095.60	10.20	16,261.48	1.47	0.33	1.47	13,378.07	32,887.06	18,087.88	4.63	2.00	3.00	3.00	21,286.79	48,784.43
Y13	9.20	0.13	2.15	2,835.92	10.20	17,421.29	0.35	0.33	0.35	4,914.17	5,630.05	3,096.53	1.99	2.00	3.00	2.00	5,671.84	34,842.58
Y14	9.20	0.13	3.25	6,605.99	10.20	13,401.10	1.60	0.33	1.60	13,166.37	34,164.44	18,790.44	5.17	2.00	3.00	3.00	19,817.97	40,203.30
Y15	9.20	0.13	3.60	7,935.42	10.20	16,261.48	1.76	0.33	1.76	15,678.67	41,425.62	22,784.09	5.22	2.00	3.00	3.00	23,806.26	48,784.43
Y16	9.20	0.13	2.63	4,375.01	10.20	18,336.79	0.63	0.33	0.63	9,628.97	12,083.55	6,645.95	2.76	2.00	3.00	2.76	12,083.55	50,645.29

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31**

MURO	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
<b>Nº. Diseño de las vigas columnas</b>																								
T <sub>1</sub> (kgf)	26905.91	26617.01	5247.08	14458.06	30559.90	10475.62	4588.14	4895.53	5897.24	16479.28	15558.37	4178.15	12715.32	4889.45	1136.88	6715.42	3870.87	7290.05	11527.47	16443.53	2815.02	17082.22	20712.81	4041.78
A <sub>1</sub> (cm <sup>2</sup> )	7.12	7.04	1.39	3.82	8.08	2.77	1.21	1.32	1.56	4.36	4.12	1.11	3.36	1.30	0.30	1.78	1.02	1.93	3.05	4.35	0.74	4.52	5.48	1.60
A <sub>1,med</sub> (cm <sup>2</sup> )	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
A <sub>1,med</sub> (cm <sup>2</sup> )	7.12	7.04	3.75	3.82	8.08	3.75	3.75	3.75	3.75	4.36	4.12	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	4.35	3.75	4.52	5.48
A <sub>1,med</sub> (cm <sup>2</sup> )	11.87	11.87	11.87	11.87	11.87	11.87	11.87	11.87	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
Usar en v.s. estribos:	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 5/8"-28 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"	4# 1/2"

Fuente: Elaboración propia

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las Tablas 31 y 32 se usaron las siguientes relaciones:

**Tabla 32** Fuerzas internas de confinamiento

COLUMNA	$V_c$ (fuerza cortante)	$T$ (tracción)	$C$ (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{m1} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33** Diseño de columnas

MURO	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X9	X10	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
<b>I. Fuerzas internas en los muros y en las columnas</b>																								
P <sub>g</sub> (kgf)	14,632.30	3,442.45	16,206.50	18,943.00	22,818.80	24,062.00	35,911.50	36,121.50	12,616.30	19,298.10	13,303.00	10,537.00	14,399.80	17,659.17	8,657.17	14,567.90	14,488.00	23,355.50	16,964.77	13,378.07	4,914.17	13,166.37	15,678.67	9,628.97
V <sub>m</sub> (kgf)	53,853.82	53,234.02	10,494.15	28,916.12	61,119.79	20,951.24	9,178.28	9,993.05	11,794.68	32,958.56	31,116.73	8,356.30	25,430.64	9,798.91	2,253.76	13,430.84	7,741.74	14,581.70	23,054.94	32,887.06	5,630.05	34,164.44	41,425.62	12,083.55
M <sub>e</sub> (kgf.m)	65,476.70	23,532.33	14,670.74	23,532.33	23,114.74	18,466.89	85,633.01	76,313.26	54,859.77	58,294.09	40,203.30	35,720.00	59,246.41	52,263.86	56,598.82	29,598.82	55,540.03	29,598.82	23,408.66	48,784.43	34,842.58	40,203.30	48,784.43	50,645.29
L (m)	3.38	2.63	1.50	2.30	2.80	1.90	1.90	1.20	2.63	3.60	3.25	2.15	3.38	2.35	1.20	2.35	2.30	2.30	2.60	3.38	2.15	3.25	3.60	2.63
L <sub>m</sub> (m)	3.38	2.63	1.50	2.30	2.80	1.90	1.90	1.20	2.63	3.60	3.25	2.15	3.38	2.35	1.20	2.35	2.30	2.30	2.60	3.38	2.15	3.25	3.60	2.63
N <sub>c</sub>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
M (kgf.m)	852.12	-40,348.49	2,077.75	-11,167.02	-50,229.02	-6,674.60	74,619.08	64,321.59	40,706.15	18,743.82	2,863.22	25,692.44	28,729.64	40,505.17	53,894.31	13,481.82	46,249.94	12,100.78	-4,257.26	9,319.97	28,086.52	-794.03	-926.32	36,145.03
F (kgf)	252.11	-15,341.63	1,385.17	-4,855.22	-17,938.93	-3,512.95	39,273.20	53,601.33	15,477.63	5,206.62	880.99	11,949.97	8,499.89	17,236.24	44,911.92	5,736.94	20,108.67	5,261.21	-1,637.41	2,757.39	13,063.50	-244.32	-257.31	13,743.36
P <sub>c</sub> (kgf)	7,316.15	1,721.23	8,103.25	9,471.50	11,409.40	12,031.00	17,955.75	18,060.75	6,308.15	9,649.05	6,651.50	5,268.50	7,199.90	8,829.59	4,328.59	7,283.95	7,244.00	11,677.75	8,482.39	6,689.04	2,457.09	6,583.19	7,839.34	4,814.49
V <sub>m,h/L</sub>	38,239.40	48,578.57	16,790.64	30,173.35	52,388.39	26,464.72	11,593.62	19,986.11	10,763.20	21,972.37	22,978.51	9,327.96	18,057.26	10,007.39	4,507.53	13,716.60	8,078.34	15,215.69	21,281.48	23,351.76	6,284.70	25,229.13	27,617.08	11,026.81
V <sub>m,hor/L</sub>	53,853.82	53,234.02	10,494.15	28,916.12	61,119.79	20,951.24	9,178.28	9,993.05	11,794.68	32,958.56	31,116.73	8,356.30	25,430.64	9,798.91	2,253.76	13,430.84	7,741.74	14,581.70	23,054.94	32,887.06	5,630.05	34,164.44	41,425.62	12,083.55
T <sub>tracción</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21,317.45	35,540.58	9,169.48	0.00	6,681.47	1,299.99	8,406.66	40,583.34	0.00	12,864.67	0.00	0.00	0.00	10,606.41	0.00	0.00	8,928.87
C <sub>compresión</sub>	7,568.26	-13,620.41	9,488.42	4,616.28	-6,529.53	8,518.05	57,228.95	71,662.08	21,785.78	14,855.67	7,532.49	17,218.47	15,699.79	26,065.83	49,240.51	13,020.89	27,352.67	16,938.96	6,844.98	9,446.42	15,520.58	6,338.87	7,582.03	18,557.84
V <sub>c</sub> (kgf)	26,926.91	26,617.01	5,247.08	14,458.06	30,559.90	10,475.62	4,589.14	4,996.53	5,897.34	16,479.28	15,558.37	4,178.15	12,715.32	4,899.45	1,126.88	6,715.42	3,870.87	7,290.85	11,527.47	16,443.53	2,815.02	17,082.22	20,712.81	6,041.78
<b>II. Diseño por compresión de las columnas</b>																								
f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
φ	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
A <sub>s,min</sub> (cm <sup>2</sup> )	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	7.54	7.46	1.47	4.05	8.56	2.93	1.29	1.40	1.65	4.62	4.36	1.17	3.56	1.37	0.32	1.88	1.08	2.04	3.23	4.61	0.79	4.78	5.80	1.69
A <sub>se</sub> (cm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	9.96	2.57	0.00	0.00	1.87	0.36	2.35	11.37	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	2.50
A <sub>sc</sub> (cm <sup>2</sup> )	7.54	7.46	1.47	4.05	8.56	2.93	7.26	11.35	4.22	4.62	4.36	3.04	3.93	3.73	11.68	1.88	4.69	2.04	3.23	4.61	3.76	4.78	5.80	4.19
A <sub>s,útil</sub> (cm <sup>2</sup> )	8	8	8	8	8	8	8	13.16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
δ	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"	4δ5/8"
δ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
φ	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
C/φ	10811.79	-19457.72	13554.89	6594.68	-9327.91	12168.64	81755.64	102374.40	31122.54	21222.38	10760.70	24597.82	22428.28	37236.90	70343.58	18601.28	39075.24	24198.51	9778.54	13494.89	22172.26	9055.53	10831.46	26511.20
A <sub>s,f</sub>	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	55272	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600
f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
0.85·δ·f <sub>c</sub>	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5
A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	135.21	304.70	113.77	155.34	249.05	123.00	277.04	275.23	18.10	73.96	132.31	53.47	66.51	24.10	217.53	85.91	35.36	54.71	136.68	117.24	67.78	142.29	133.36	43.91
A <sub>columna</sub> (cm <sup>2</sup> )	529	529	325	529	529	325	325	325	529	529	529	529	529	195	260	325	195	195	195	529	529	529	529	529
Observación	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)
<b>III. Diseño por corte - fricción de las columnas</b>																								
A <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> )	915.88	905.34	178.47	491.77	1039.45	356.31	156.09	169.95	200.59	560.52	529.20	142.11	432.49	166.65	38.33	228.42	131.66	247.99	392.09	559.30	95.75	581.03	704.52	205.50
Usar b (cm) =	23	23	13	23	23	13	13	13	23	23	23	23	23	13	13	13	13	13	13	23	23	23	23	23
Usar h (cm) =	23	23	25	23	23	25	25	25	23	23	23	23	23	15	20	25	15	15	15	23	23	23	23	23
A <sub>c,req</sub> (cm <sup>2</sup> )	529	529	325	529	529	325	325	325	529	529	529	529	529	195	260	325	195	195	195	529	529	529	529	529
<b>IV. Estribos en las columnas</b>																								
s <sub>1</sub> (cm)	1.41	5.59	3.92	1.71	3.66	4.43	42.06	40.27	0.15	0.67	1.37	0.46	0.59	1.03	37.30	2.62	1.61	2.84	17.07	1.17	0.60	1.51	1.39	0.37
s <sub>2</sub> (cm)	10.29	10.29	18.21	10.29	10.29	18.21	18.21	18.21	10.29	10.29	10.29	10.29	10.29	18.21	18.21	18.21	18.21	18.21	10.29	10.29	10.29	10.29	10.29	10.29
s <sub>3</sub> (cm)	5.75	5.75	6.25	5.75	5.75	6.25	6.25	6.25	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	3.75	5.00	6.25	3.75	3.75	3.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75
s <sub>4</sub> (cm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Usar en col. estribos:	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20	φ3/8"1Ø5, 4Ø10/10Ø20

Fuente: Elaboración propia

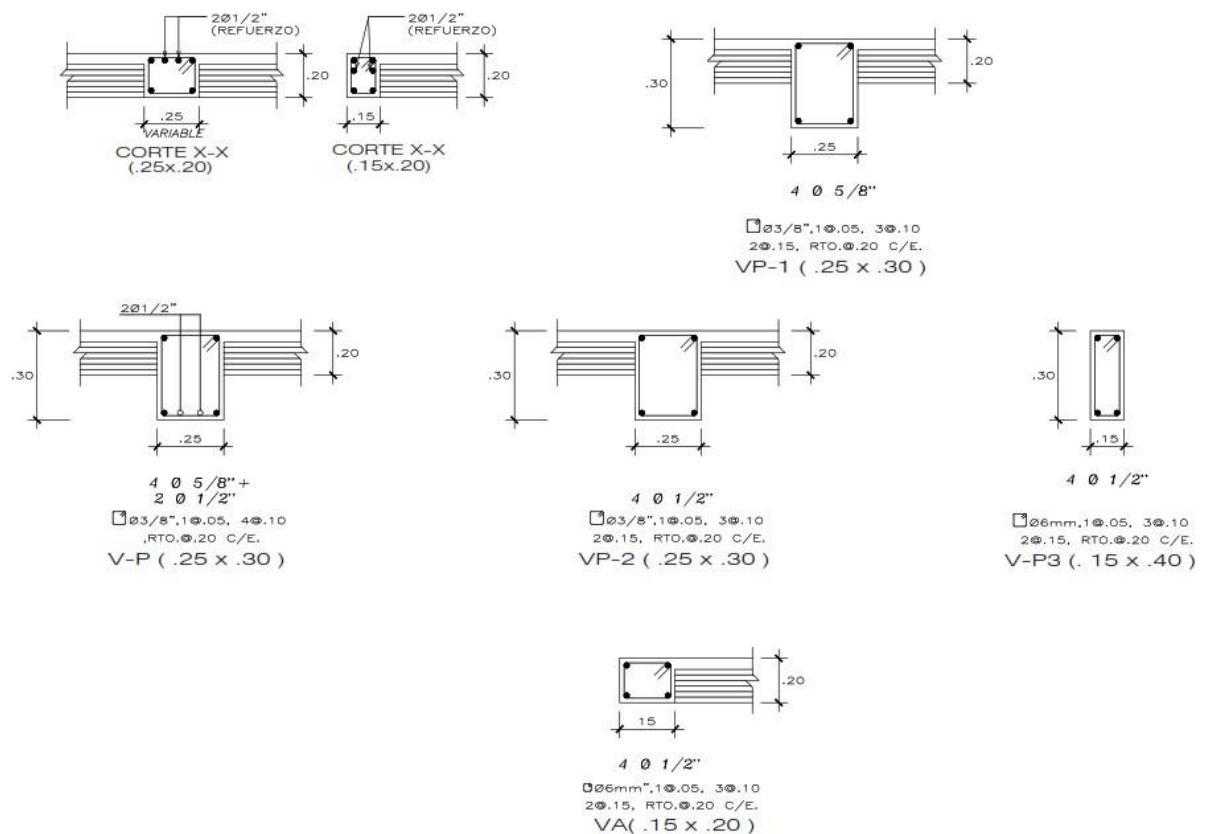
Por lo tanto, las columnas tendrán los siguientes refuerzos de acero:

TIPO	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
ARMADURA					
ACEROS DE REFUERZO	4 Ø 5/8"	4 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
ESTRIBOS	□ Ø3/8", 2@.05, 4@.10, RTO. Ø.20 C/E.	□ Ø3/8", 2@.05, 4@.10, RTO. Ø.20 C/E.	□ Ø8mm", 2@.05, 4@.10, RTO. Ø.20 C/E.	□ Ø6mm", 1@.05, 4@.10, RTO. Ø.20 C/E.	□ Ø6mm", 1@.05, 4@.10, RTO. Ø.20 C/E.

**Figura 30** Cuadro de columnas

Fuente: Elaboración propia

Y las vigas las siguientes:



**Figura 31** Cuadro de vigas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. Diseño de losa aligerada

Las losas aligeradas se han dividido en 5 paños A, B, C, D y E. Se mostrará a continuación el diseño de Paño D, según se muestra la Figura 32.

#### Predimensionamiento

Para la obtención de la longitud de la losa del Paño E que posee 3 tramos, elegimos el tramo más crítico que es de 3.23 m, para luego llevarlo a la relación mostrada.

$$\text{Como: } s/c \leq \frac{350 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow h \geq \frac{Ln}{25} = \frac{3.73}{25} = 0.15 \approx 0.20 \text{ m}$$

**Tabla 34** Espesores de losa aligerada en una dirección

<b>Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado</b>		
Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes.		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

Fuente: Elaboración propia

Según los cálculos matemáticos nos sale un espesor de 13 cm, pero según la Tabla 34, elegimos una losa aligerada de 20 cm y posee un peso propio de 300 kg/m<sup>2</sup>.

#### Metrado de cargas

- **Carga muerta: (w<sub>D</sub>)**

$$\text{Peso aligerado: } 300 \times 0.40 = 120 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabado: } 100 \times 0.40 = 40 \text{ kg/m}$$

$$\mathbf{w_D = 160 \text{ kg/m}}$$

- **Carga viva: ( $w_L$ )**

Sobre carga:  $200 \times 0.40 = 80 \text{ kg/m}$

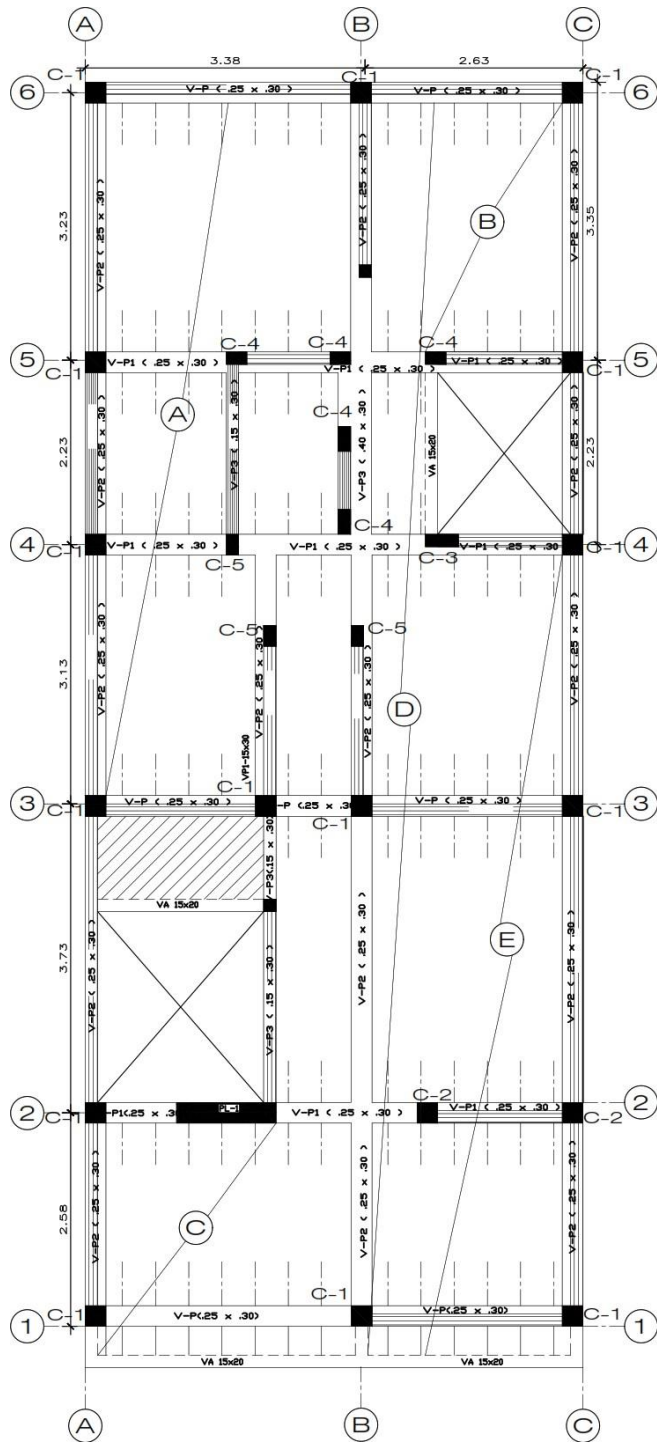
$$w_L = 80 \text{ kg/m}$$

- **Carga última: ( $w_u$ )**

$$w_u = 1.4 w_D + 1.7 w_L$$

$$w_u = 1.4 \times 160 + 1.7 \times 80$$

$$w_u = 360 \text{ kg/m}$$

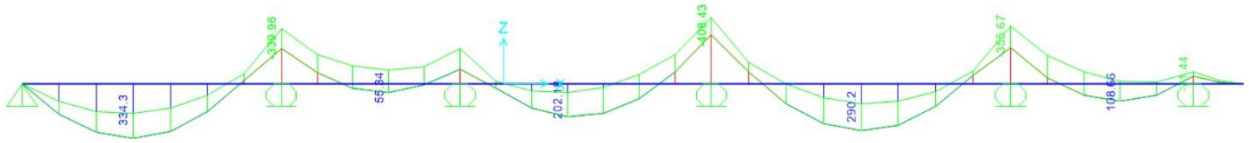


**Figura 32** Encofrado del 1ero al 3er nivel

Fuente: Elaboración propia

## Análisis estructural

**Tabla 35** Envoltura de momentos flectores



Fuente: Elaboración propia

## Aceros de refuerzo positivo y negativo

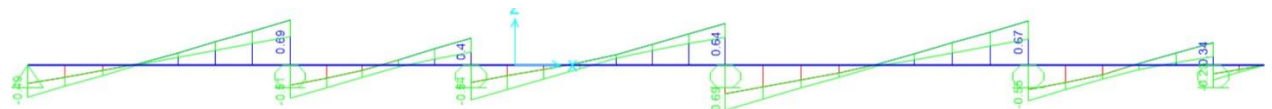
**Tabla 36** Diseño por flexión de una losa aligerada en una dirección

Diseño por flexión											
Mu POSITIVO (+)											
EJE	Mu+ (ton/m2)	d (cm)	C bruta (cm)	Ibruta(cm4)	Mcr(ton*m)	As min (cm2)	Cb(cm)	Asb(cm2)	Asmax(cm2)	a (cm)	As(cm2)
Eje 5-6	0.33	17	6.79	11801	0.26	0.41	10	9.99	7.49	0.30	<b>0.52</b>
Eje 4-5	0.06	17	6.79	11801	0.26	0.41	10	9.99	7.49	0.06	<b>0.09</b>
Eje 3-4	0.2	17	6.79	11801	0.26	0.41	10	9.99	7.49	0.18	<b>0.31</b>
Eje 2-3	0.29	17	6.79	11801	0.26	0.41	10	9.99	7.49	0.27	<b>0.45</b>
Eje 1-2	0.11	17	6.79	11801	0.26	0.41	10	9.99	7.49	0.10	<b>0.17</b>
Mu NEGATIVO (-)											
EJE	Mu- (ton/m2)	d (cm)	C bruta (cm)	Ibruta(cm4)	Mcr(ton*m)	a min (cm2)	As min (cm2)	Cb(cm)	Asmax(cm2)	a (cm)	As(cm2)
Eje 1-2	0.34	17	6.79	11801	0.5	2.36	1.0	10	2.71	1.29	<b>0.55</b>
Eje B-C	0.34	17	6.79	11801	0.5	2.36	1.0	10	2.71	1.29	<b>0.55</b>
Eje 1-2 y E-F	0.41	17	6.79	11801	0.5	2.36	1.0	10	2.71	1.57	<b>0.67</b>
Eje 2-3 y E-F	0.36	17	6.79	11801	0.5	2.36	1.0	10	2.71	1.37	<b>0.58</b>
Eje 3-4	0.07	17	6.79	11801	0.5	2.36	1.0	10	2.71	0.26	<b>0.11</b>

Fuente: Elaboración propia

## Diseño por corte

**Tabla 37** Envoltura de fuerzas cortantes



Fuente: Elaboración propia


**Tabla 38** Diseño por corte de una losa aligerada en una dirección

Diseño por cortante					
EJE	bw (cm)	d (cm)	ØVc (ton)	Vu (ton)	ØVc > Vu
Eje 1-2	10	17	<b>1.22</b>	<b>0.69</b>	<b>OK</b>
Eje 2-3	10	17	<b>1.22</b>	<b>0.4</b>	<b>OK</b>
Eje 3-4	10	17	<b>1.22</b>	<b>0.64</b>	<b>OK</b>
Eje 4-5	10	17	<b>1.22</b>	<b>0.67</b>	<b>OK</b>
Eje 5-6	10	17	<b>1.22</b>	<b>0.34</b>	<b>OK</b>

Fuente: Elaboración propia

## Acero de temperatura

**Tabla 39** Diseño del acero de temperatura



$A_{st} = 0.0018 \cdot b \cdot e$

En las losas deberá proporcionarse refuerzo perpendicular al refuerzo de flexión, para resistir los esfuerzos por contracción y cambios de temperatura.

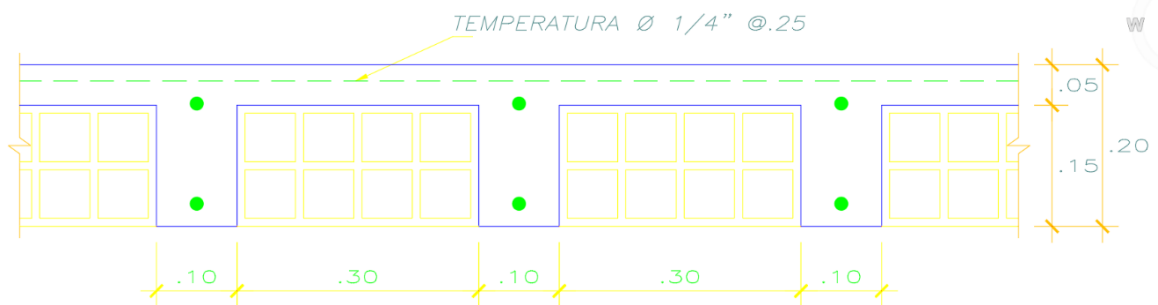
**Espaciamiento "S":**  $A_{st} = 0.0018 \cdot 100 \cdot 5 = 90 \text{ cm}^2$

**Acero mínimo ( $A_{s_{min}}$ ):**

$$s \leq \begin{cases} \frac{A_{\phi}}{A_{st}} = \frac{A_{\phi_{1/4}}}{A_{st}} = \frac{0.32}{0.90} = 0.35 \text{ m} \\ 5e = 5(0.05) = 0.25 \text{ m} \\ 0.40 \text{ m} \end{cases} \quad A_{s_{min}} = 0.7 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_{min} d \rightarrow b_{min} = 10 \text{ cm}$$

$\therefore$  Generalmente nosotros usamos:  $\phi 1/4" @ 0.25 \text{ m}$

Fuente: Elaboración propia



**Figura 33** Corte típico del aligerado

Fuente: Elaboración propia

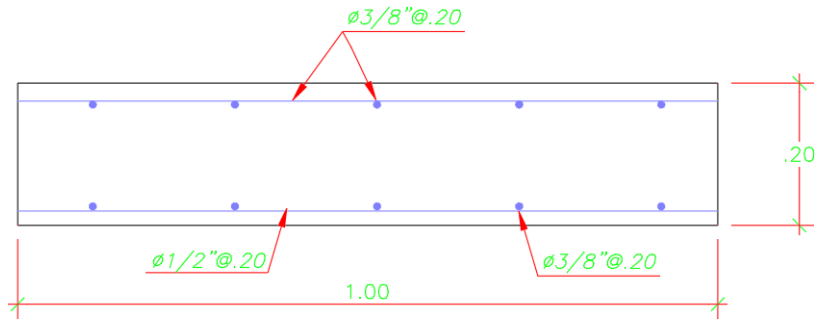
## 4.8. Diseño de losa maciza

DISEÑO POR FLEXIÓN											
b(cm)	100	$f_y$	4200								
h(cm)	20	$f_r$	29								
$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210	$\xi_{cu}$	0.003								
B(para menores de 280)	0.85	$E_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	217000								
				$0.0018 \cdot b \cdot h$							
$M_u$ (ton*m)	d estimado (cm)	$M_{cr}$ (ton*m)	$M_{umin}/M_{cr}$	$\rho_{min}$ (%)	$A_{s_{min}}$ (cm <sup>2</sup> )	cb (cm)	$A_{sb}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s_{max}}$ (cm <sup>2</sup> )	a (cm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	
0.35	17	1.93	1.5	0.24	3.60	10	36.1	27.1	0.13	0.55	
0.35	17	1.93	1.5	0.24	3.60	10	36.1	27.1	0.13	0.55	

**Figura 34** Diseño a flexión de losa maciza

Fuente: Elaboración propia





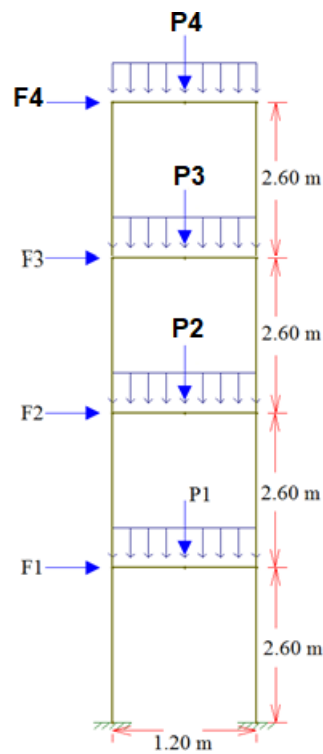
**Figura 35** Detalle de losa maciza

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9. Diseño de placa (PL-1)

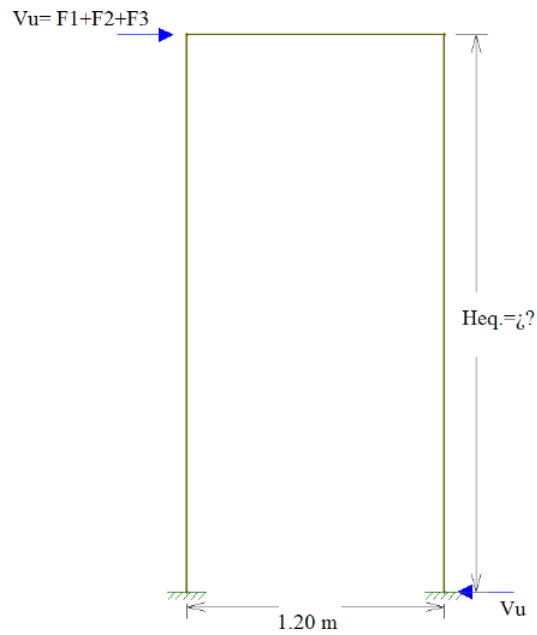
Para el diseño en concreto armado de la placa PL-1 se tiene en cuenta los siguientes datos:

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $t=h=0.20 \text{ m}$ ,  $L_w=1.20 \text{ m}$ ,  $h_{weq.} = \text{¿?}$ ,  $V_U=29\ 030 \text{ kg}$



**Figura 36** Modelo matemático de la placa PL-1 de 4 niveles

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37** Modelo de la placa X1 anterior con una altura equivalente

**Fuente:** Elaboración Propia

Siendo la  $V_u = 29.03$  ton repartida como fuerzas sísmicas equivalentes en todos sus niveles que correspondiente a la placa PL-1. La cual podemos apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla 40** Distribución de las fuerzas sísmicas en la placa X1

Piso	$P_i$ (ton)	$h_i$ (m)	$P_i \cdot h_i$	$\alpha_i$	$F_i$ (ton)	$V_i$ (ton)
4.00	8.86	10.20	90.34	0.40	19.36	19.36
3.00	8.86	7.65	67.76	0.30	14.52	14.52
2.00	8.86	5.10	45.17	0.20	9.68	24.19
1.00	8.86	2.55	22.59	0.10	4.84	29.03
$\Sigma =$	35.43	-----	225.85	1.00	29.03	-----

**Fuente:** Elaboración propia

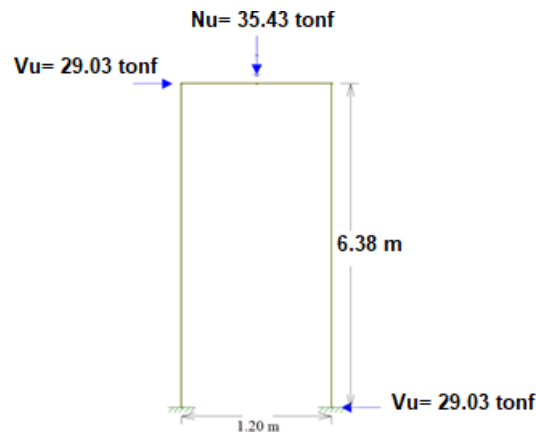
- Calculamos por el teorema de Varignon calculamos la  $H_{eq.}$  de placa de un nivel.

$$H_{eq.} = \frac{F_1 h_1 + F_2 (h_1 + h_2) + F_3 (h_1 + h_2 + h_3) + F_4 (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{V_U}$$

$$H_{eq.} = \frac{0.6070 \times 2.6 + 2.761690 \times 5.20 + 4.1425 \times 7.8}{7.511259}$$

$$H_{eq.} = 6.38 \text{ m}$$

- Luego diseñamos todo el muro de la siguiente manera:



**Figura 38** Modelo matemático de altura equivalente a la placa PL-1

De la Figura 69 podemos calcular  $M_u = V_u \cdot H_{eq.} = 29.03 \times 6.38 = 185.21 \text{ t.m}$

- Calculamos los elementos de confinamiento de la placa:

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x.} = \frac{N_U}{A} \pm \frac{M_U \cdot c}{I}$$

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x.} = \frac{35430}{20 \times 120} \pm \frac{185.21 \times 10^3 \cdot \frac{120}{2}}{\frac{20 \times 120^3}{12}} = 18.62 \text{ kg/cm}^2$$

Como:  $0,20 \times f'_c = 0,20 \times 210 = 42 \text{ kg/cm}^2$ . Entonces se debe cumplir que  $\sigma_{comp.m\acute{a}x.} \leq 0,20 f'_c$  para no requerir elementos de borde. Para nuestro caso  $18.62 \text{ kg/cm}^2 \leq 42 \text{ kg/cm}^2$ . Por lo tanto, concluimos que para la placa PL1 es necesario los elementos de borde.

- Diseño por corte:  $V_u = 29\ 030 \text{ kg}$ ,  $d = 0,8 \times L_w = 0,96 \text{ m} = 96 \text{ cm}$   
 $M_u = \text{mín} (h_w/2, L_w/2) \times V_u = \text{mín} (638/2, 120/2) \text{ m} \times 29\ 030 \text{ kg}$   
 $= 120/2 \times 29\ 030 = 1\ 741\ 800,00 \text{ kg.cm}$

luego:  $V_n = 2,6 \times \sqrt{f'_c} \times t \times d = 2,6 \times \sqrt{210} \times 20 \times 96 = 72\ 340.95 \text{ kg}$

también:  $V_c = \alpha_c \times \sqrt{f'_c} \times t \times d$

siendo:  $\alpha_c = \begin{cases} 0,53, & \text{si } \frac{hw}{L_w} \geq 2 \\ 0,80, & \text{si } \frac{hw}{L_w} < 1,5 \end{cases}$ , pero:  $\frac{hw}{L_w} = \frac{638}{120} = 5,35 \geq 2 \rightarrow$

$\alpha_c = 0,53$

$$V_c = 0,53 \times \sqrt{210} \times 20 \times 96 = 14\,746.42 \text{ kg}$$

se sabe que:  $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{72\,340.95}{0,85} - 14\,746.42 = 70\,360.58 \text{ kg}$

la cuantía del acero horizontal será:  $\rho_h = \frac{V_s}{A_w \times f_y} = \frac{70\,360.58}{20 \times 96 \times 4200} = 0,00873 >$

0,0025

el espaciamiento de ambas caras de las mallas es:

$$s_h = \frac{A_v}{A_{sh}} = \frac{2 \times 0,71}{0,00873 \times 20 \times 96} = 0,09 \text{ m} \approx 0,15 \text{ m}$$

∴ Úsele varillas horizontales de  $\phi = 3/8''$  espaciadas a cada 0,15 m en ambas caras de la placa PL-1.

la cuantía del acero vertical será:

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \times \left(2,5 - \frac{hw}{L_w}\right) \times (\rho_h - 0,0025) \leq 0,0025$$

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \times \left(2,5 - \frac{642}{120}\right) \times (0,00873 - 0,0025) \approx -0,15499 < 0,0025 \text{ (no)}$$


-)

$$\rho_v = 0,0025$$

el espaciamiento de ambas caras de las mallas es:

$$s_v = \frac{A_v}{A_{sv}} = \frac{2 \times 0,71}{0,0025 \times 20 \times 96} = 0,2944 \text{ m} \approx 0,30 \text{ m}$$

∴ Úsele varillas verticales de  $\phi = 3/8''$  espaciadas a cada 0,30 m en ambas caras de la placa PL1.

PISO	TIPO	PL-X1
PISO 4° Y 1°, 2°	BxT	0.20x1.20
	REF. ZONA CONFINAMIENTO	4ø1/2"
	REF. HORIZONTAL REF. VERTICAL	ø3/8"@.15 horiz. ø3/8"@.30 vert.
	GEOMETRIA	
REFUERZO TRANSVERSAL	ø3/8", 1@0.05, 4@0.10, Resto @0.20 c/e	

**Figura 39** Detalle de placa PL-1

Fuente: Elaboración propia

#### 4.10. Diseño de cimentación

**Tabla 41** Ancho de cimentación

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
$P_{muro}$ (ton)	14.733686	15.656561	17.340955	20.26901	24.416116	25.746534	31.934685	8.857	13.499441	20.648967	14.23421	11.27459	15.407786	18.895312	9.2631719	15.587653	15.50216	24.990385	18.152304	14.314535	11.67618	4.6962755	11.451667	13.515884
$Q_{adm}$ (ton/m)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
$L_u$ (m)	3.38	2.63	1.50	2.30	2.80	1.90	1.90	8.50	2.63	3.60	3.25	2.15	3.38	2.35	1.20	2.35	2.30	2.60	3.38	2.28	9.25	2.43	3.47	
$A_{req}$ (m <sup>2</sup> )	0.3683422	0.391414	0.4335239	0.5067253	0.6104029	0.6436585	0.7983671	0.221425	0.337486	0.5162242	0.3558553	0.2818648	0.3851947	0.4723828	0.2315793	0.3896913	0.387554	0.6247596	0.4538076	0.3578634	0.2919045	0.1174069	0.2862917	0.3378971
$B_{min}$ (m)	0.108977	0.1488266	0.2890159	0.2203153	0.218001	0.3387676	0.4201932	0.02605	0.1283217	0.1433956	0.1094939	0.1310999	0.1139629	0.201014	0.1929827	0.1658261	0.1685017	0.2716346	0.1745414	0.1058767	0.1280283	0.0126958	0.1176412	0.0975003
$B_{max}$ (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 35 tenemos el ancho de las cimentaciones serán de 50 cm.

#### 4.11. Diseño de escalera

Para el diseño de la escalera se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

$f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_y=4$  200 kg/cm<sup>2</sup>, S/C= 500 kg/m<sup>2</sup>, Peso acabado 100 kg/m<sup>2</sup>.

##### i. Dimensionamiento y cálculo de espesor promedio:

$$t = \frac{L}{20} \approx \frac{L}{25} \rightarrow \frac{2.27}{20} = 0.11 \text{ m y } \frac{2.27}{25} = 0.10 \text{ m}$$

Por lo tanto, el valor de  $t = 0.15 \text{ m}$

$$h_m = t \frac{\sqrt{P^2 + CP^2}}{P} + \frac{CP}{2} = 0.15x \frac{\sqrt{0.25^2 + 0.175^2}}{0.25} + \frac{0.175}{2} = 0.27 \text{ m}$$

Siendo:

P: El paso de la escalera con un valor de 0.25 m.

CP: El contrapaso con un valor de 0.175 m.

## ii. Metrado de cargas

### • Carga Muerta ( $W_D$ ).

$W_{D1}$ : 580 kg/m

- Peso propio:  $2\,400 \times 0.27 \times 1.00 = 480 \text{ kg/m}$
- Peso acabados:  $100 \times 1.00 = 100 \text{ kg/m}$

$W_{D2}$ : 460 kg/m

- Peso acabados:  $100 \times 1.00 = 100 \text{ kg/m}$
- Peso propio:  $2\,400 \times 0.15 \times 1.00 = 360 \text{ kg/m}$

### • Carga Viva ( $W_L$ ).

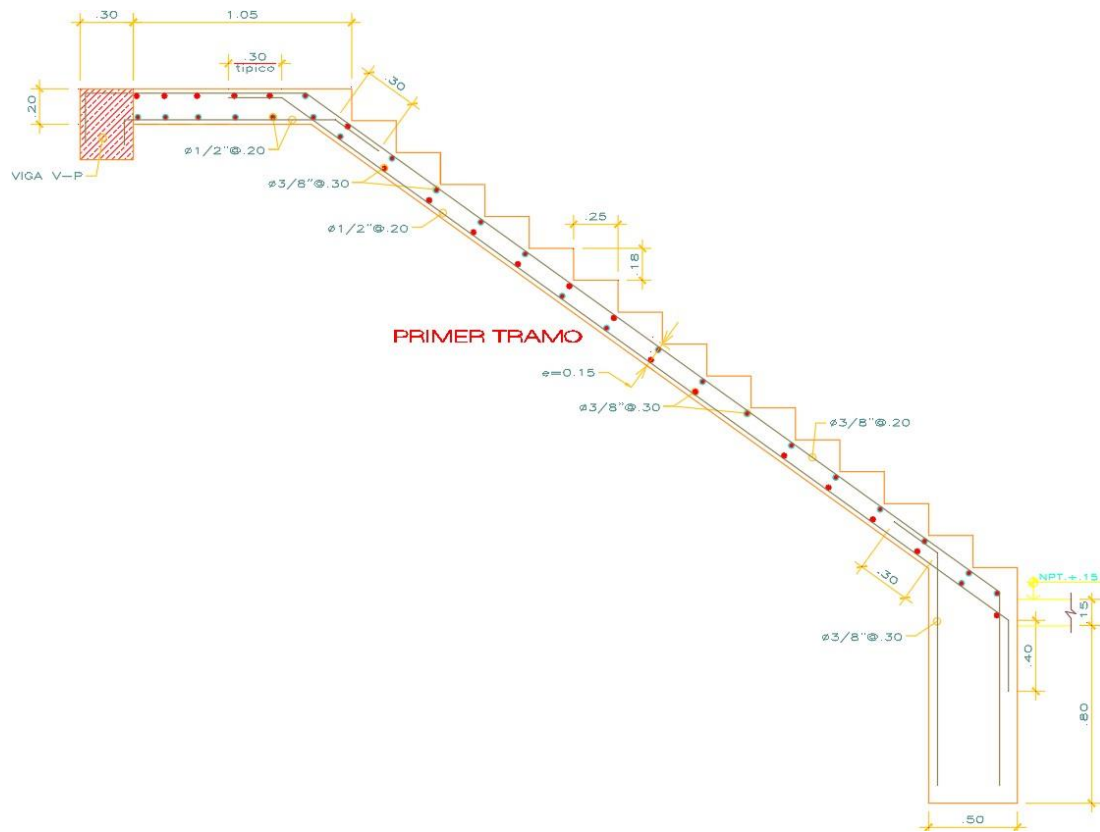
$W_L$ : Sobrecarga:  $500 \times 1 = 500 \text{ kg/m}$

### • Carga última ( $W_U$ )

$W_{U1}$ :  $1.40 \times 580 + 1.70 \times 500 = 1\,662 \text{ kg/m} \approx 1.66 \text{ ton/m}$

$W_{U2}$ :  $1.40 \times 460 + 1.70 \times 500 = 1\,494 \text{ kg/m} \approx 1.50 \text{ ton/m}$

DISEÑO POR FLEXIÓN										
b(cm)	120	fy	4200							
h(cm)	15	fr	29							
f'c(kg/cm <sup>2</sup> )	210	ξcu	0.003							
β(para menores de 280)	0.85	Ec(kg/cm <sup>2</sup> )	217000							
					0.0018*b*h					
Mu (ton*m)	d estimado (cm)	Mcr (ton*m)	Mumin/Mcr	pmin (%)	As min (cm <sup>2</sup> )	cb (cm)	Asb (cm <sup>2</sup> )	As max (cm <sup>2</sup> )	a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
1.5	12	1.30	1.5	0.24	3.48	7.06	30.6	23.0	0.67	3.40
1.64	12	1.30	1.5	0.24	3.48	7.06	30.6	23.0	0.73	3.73



**Figura 40 Detalle de la escalera**

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Inicialmente, considere las dimensiones cilíndricas de todas las paredes cerradas de 0,15 m de espesor. De acuerdo con las condiciones para el diseño de muros agrietados y no agrietados en la norma de mampostería E-070, se deben cumplir las siguientes condiciones: el área de diseño comprimida debe ser mayor que el área de diseño de corte por fricción. Utilice la fórmula que se muestra en el presente trabajo de investigación para los cálculos. Se observó que no cumplía con los requisitos, por lo que se decidió aumentar le incluyó placas de 0.15 m de espesor. Además, considerando la varilla de 3/8" y 1/2" de pulgada, satisface la condición de longitud de desarrollo. Para determinar el número de estribos, realice los cálculos según la Norma de Albañilería E 070.

Para determinar la cantidad de refuerzo de las vigas planas y las vigas de las puertas de los dos sistemas estructurales de mampostería, se realizaron los siguientes cálculos de acuerdo con la norma de mampostería E-0.70, teniendo en cuenta las cuantías. La menor cantidad de acero se obtiene en la viga de 4 $\phi$ 3 / 8 pulgadas.

Teniendo en cuenta la combinación de, se consideró el diseño de muros de mampostería reforzada de acuerdo con lo establecido en la norma E-070. Del mismo modo, teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma, las barras de 3/8 están espaciadas menos a 45 cm. Siga el diagrama interactivo bidireccional del software Etabs V18.

El diseño de la cimentación corrida y la cimentación aislada se realiza en el software Etabs V18. Se supone que el tamaño inicial de la cimentación corrida es de 0,50 x 0,80 m. De acuerdo con lo establecido en la norma E-060, se considera el 80% de la capacidad sísmica y de servicio. De manera similar, muestra que la presión permitida se puede aumentar al 30% debido a la consideración de las fuerzas sísmicas. El análisis realizado en el programa cumple las condiciones antes mencionadas y es inferior a 5,2 kg / cm<sup>2</sup>.

Siguiente. Según el libro "Análisis y Diseño de Edificios Cerrados de Mampostería" de Flavio Abanto Castillo, se considera que el diseño de la escalera es el ancho mínimo del paso. La altura de paso inverso obtenida según el tamaño



predeterminado obtenido es de 0,20 m. Para obtener la cantidad de acero, se midió la sección inclinada y la sección horizontal para la carga, y luego se utilizó el software SAP2000 para el análisis estructural. Considere el acero más pequeño para determinar la cantidad de acero positivo y negativo.

De acuerdo con las instrucciones de la norma E-060, se toma en cuenta la combinación de cargas para el diseño del muro estructural (tablero), considerando las varillas con un intervalo de 3/8 pulgadas menos a 45 cm, y entrando al software Etabs, se encuentra que el diagrama de interacción de combinación de carga es consistente.

En el trabajo publicado por Daniela Cecilia Páliz Hidalgo (2014): "La factibilidad de mezclar palmeras africanas con agregados de construcción para la producción de ladrillos ecológicos", se llevó a cabo el proceso de fabricación de 4 muestras diferentes, incluyendo palmeras (residuo de yuca). Materiales orgánicos), obtuvo la prueba de resistencia de la unidad de ladrillo, y obtuvo la resistencia de la muestra A = 14.38 Mpa; B = 4.4 MPa; C = 3.34

Mpa; D = 11.2 Mpa, cada dosis contiene un cierto porcentaje de palmera africana, lo que determina que la palmera africana pueda ser un sustituto de los agregados en la producción de ladrillos ecológicos, por ser una especie de producto de menor contaminación y fuerte innovación.

Por lo tanto, es cierto que el uso de materiales orgánicos puede ser la mejor fuente para la realización o el acabado de unidades de ladrillo, porque los materiales orgánicos tienen buena resistencia a los materiales y pueden usarse en la construcción de viviendas, pero no es seguro que sean derivados de materiales orgánicos. Los residuos o compuestos en los ladrillos tendrán el mejor efecto en la fabricación de ladrillos, porque cada material orgánico reacciona de manera diferente con los componentes o agregados de la construcción.

En el trabajo de Adriana Camacho y María José Mena, (2018) "Diseñar y fabricar eco-ladrillos como materiales de construcción sostenibles y comparar sus propiedades mecánicas con los ladrillos tradicionales" pretende hacer una comparación físico-mecánica. La unidad de mampostería de piedra convencional

tiene un modelo ecológico inusual, en este modelo mezclé materiales arcillosos, cemento, cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de arroz en diferentes porcentajes, y obtuve resultados satisfactorios, alcanzando la mampostería requerida. Luego de determinar su desempeño para determinar el mejor En el objetivo de mezcla, el uso de materiales orgánicos de cenizas de cascarilla de arroz ha obtenido resultados desfavorables en comparación con los modelos convencionales, lo que incide en la disminución de la resistencia de los ladrillos ecológicos.

En el trabajo de Celeste Stefani Ibañez Neciosup y Yoel Kin Rodríguez

Morales (2018) "Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de hormigón al sustituir ladrillos y tejas

Las cenizas de aserrín representaron el 10%, 15% y 20% del cemento Nuevo Chimbote-2018 "Según concluyeron, utilizando diferentes porcentajes de cenizas de astillas de madera de pino calcinadas, la resistencia a la dosis supera los 180 kg / cm<sup>2</sup> f'c, esto es la resistencia del diseño de la mezcla de ladrillos. Sus porcentajes son 5%; 10%; 15% de ceniza de aserrín, lo que demuestra que la materia orgánica del pino calcinado aumenta la resistencia de los ladrillos de hormigón y es beneficiosa para la construcción de muros de carga en edificaciones. finalidad, utilizada La buena reacción de los materiales orgánicos y el clínker puede reducir la cantidad de cemento y obtener una mayor resistencia.

En un trabajo de Ana Victoria Guerra León y Dimas Odul Serrano Ortiz (2018), "Utilizar ladrillos de cemento para piso para evaluar el desempeño estructural de muros de ladrillo a presión en casas de dos pisos" es la resistencia a la compresión obtenida al fabricar ladrillos de cemento. El área de construcción del área es de 32,9 kg / cm<sup>2</sup>, debido a que las normas técnicas del país no estipulan la compresión mínima de las unidades de mampostería, por lo que comparé con la unidad utilizada en la segunda fase del proyecto Taixin, que es de 23 kg / cm<sup>2</sup>. Esto demuestra que la resistencia se incrementó en un 2.8%.

Compárelo con la resistencia a la compresión de la mampostería f'm y compárelo con los resultados del proyecto TAISHIN En este proyecto, su

resistencia a la compresión promedio es de 11,63 kg / cm<sup>2</sup>, que es más que su relación de resistencia a la compresión diagonal El resultado proporcionado por el TAISHIN El proyecto es 39% más bajo que el muro v Usé el valor propuesto por el proyecto TAISHIN porque el muro no fue probado. Es comprensible que el resultado obtenido debido a la ausencia de resultados positivos continuos sea irregular, pero el comportamiento estructural del muro Se ha evaluado que la mampostería restringida ha jugado un papel científico, comparado con el modelo propuesto con diferentes condiciones de carga fuera del plano, se recomienda realizar una investigación más profunda y probar y analizar más modelos.

## VI. CONCLUSIONES

- Se propuso la mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, la cual cumple cabalmente lo especificado en la norma técnica de albañilería E.070. Obteniendo un diseño racional de todos los elementos estructurales.
- Se determinó la densidad mínima de los muros en la dirección X que fue de  $(\Sigma Lt)_{X-X}/A_p = 0.0373 < ZUSN/56 = 0.03375$  de esta manera cumplió y en la dirección Y  $(\Sigma Lt)_{Y-Y}/A_p = 0.0623 > ZUSN/56 = 0.03375$ , así mismo el esfuerzo axial máximo de los muros en dirección X y Y son menores al esfuerzo axial teórico de 165 Tonf/m<sup>2</sup>.
- Se determinó la deriva de entrepisos con el análisis sísmico con el método estático siendo un valor menor al 5/1000 que indica la norma E.0.30 Sismorresistente. De esta manera la vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince tuvo una adecuada respuesta frente al sismo moderado.
- Diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles los muros portantes se optimizó puesto que se usaron muros de ancho efectivo igual a 13 cm de tal manera que se guardó armonía con la especialidad de la arquitectura propuesta, así como sus elementos confinados tales como vigas soleras VP, VP 1, y VP 2 (0.25x0.30 m) y VP 3 (0.15x0.40 m) que se diferencian en la cantidad de acero y columnas de amarre C-1 (0.25x0.25 m) , C-2 (0.25x0.25 m), C-3 (0.15x0.40 m), C-4 (0.15x0.30 m), C-5 (0.15x0.25 m). La losa maciza de 20cm tiene doble malla 3/8" @0.20m. La losa aligerada en una dirección tiene 20 cm y tuvo refuerzos positivos negativos (bastones de 3/8" y balancines de 1/2") y positivos de 1/2". La única placa que se tuvo fue de espesor de 20 cm y 1.20 m de largo el cual lleva refuerzos horizontales de 3/8" @.15 m y verticales 3/8" @.30 m
- Se diseñó la base de la vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince teniendo en cuenta la Norma E 0.60 de Concreto y E 0.50 Suelos y Cimentaciones llegando a la conclusión que solo es necesaria una cimentación corrida de espesor de 50 cm y altura de 0.80 m.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se propuso la mejora en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince, la cual cumple cabalmente lo especificado en la norma técnica de albañilería E.070. Obteniendo un diseño racional de todos los elementos estructurales.
- Se determinó la densidad mínima de los muros en la dirección X que fue de  $(\rho_{Lt})_{X-X}/A_p = 0.0373 < ZUSN/56 = 0.03375$  de esta manera cumplió y en la en la dirección Y  $(\rho_{Lt})_{Y-Y}/A_p = 0.0623 > ZUSN/56 = 0.03375$ , así mismo el esfuerzo axial máximo de los muros en dirección X y Y son menores al esfuerzo axial teórico de 165 Tonf/m<sup>2</sup>.
- Se determinó la deriva de entrepisos con el análisis sísmico con el método estático siendo un valor menor al 5/1000 que indica la norma E.0.30 Sismorresistente. De esta manera la vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince tuvo una adecuada respuesta frente al sismo moderado.
- Diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles los muros portantes se optimizó puesto que se usaron muros de ancho efectivo igual a 13 cm de tal manera que se guardó armonía con la especialidad de la arquitectura propuesta, así como sus elementos confinados tales como vigas soleras VP, VP 1, y VP 2 (0.25x0.30 m) y VP 3 (0.15x0.40 m) que se diferencian en la cuantía de acero y columnas de amarre C-1 (0.25x0.25 m) , C-2 (0.25x0.25 m), C-3 (0.15x0.40 m), C-4 (0.15x0.30 m), C-5 (0.15x0.25 m). La losa maciza de 20cm tiene doble malla 3/8" @0.20m. La losa aligerada en una dirección tiene 20 cm y tuvo refuerzos positivos negativos (bastones de 3/8" y balancines de 1/2") y positivos de 1/2". La única placa que se tuvo fue de espesor de 20 cm y 1.20 m de largo el cual lleva refuerzos horizontales de 3/8" @.15 m y verticales 3/8" @.30 m
- Se diseñó la base de la vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lima- Lince teniendo en cuenta la Norma E 0.60 de Concreto y E 0.50 Suelos y Cimentaciones llegando a la conclusión que solo es necesario una cimentación corrida de espesor de 50 cm y altura de 0.80 m.

## REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2012). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Arango Ortiz, J. (2009). *Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería*. Lima, Perú: ACI PERU.
- Borja Suarez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
- Comité de la Norma E.070. (2006). *Albañilería*. Lima, Perú.
- Comité Norma E 060. (21 de Julio de 2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Obtenido de Slide share: <https://es.slideshare.net/EdgarRomero6/e060-concreto-armado>
- Comité Técnico Norma E 030. (2018). *Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Corporación Aceros Arequipa. (14 de Mayo de 2015). *Manual de construcción para maestros de obra*. Obtenido de Aceros Arequipa: [http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/manual\\_MAESTRO\\_OBRA.pdf](http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/manual_MAESTRO_OBRA.pdf)
- Galvez Villacorta, A. G. (2010). *Viviendas Económicas de Concreto Armado con Mallas Electrosoldadas*. Obtenido de PDF Slide: <https://pdfslide.tips/documents/pro-2010-adolfo-galvez.html>
- Harsem, T. E. (2014). *Diseño en concreto armado*. Lima, Perú: Ediciones PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta Edición)*. México D.F.: Mac Graw Hill Education.

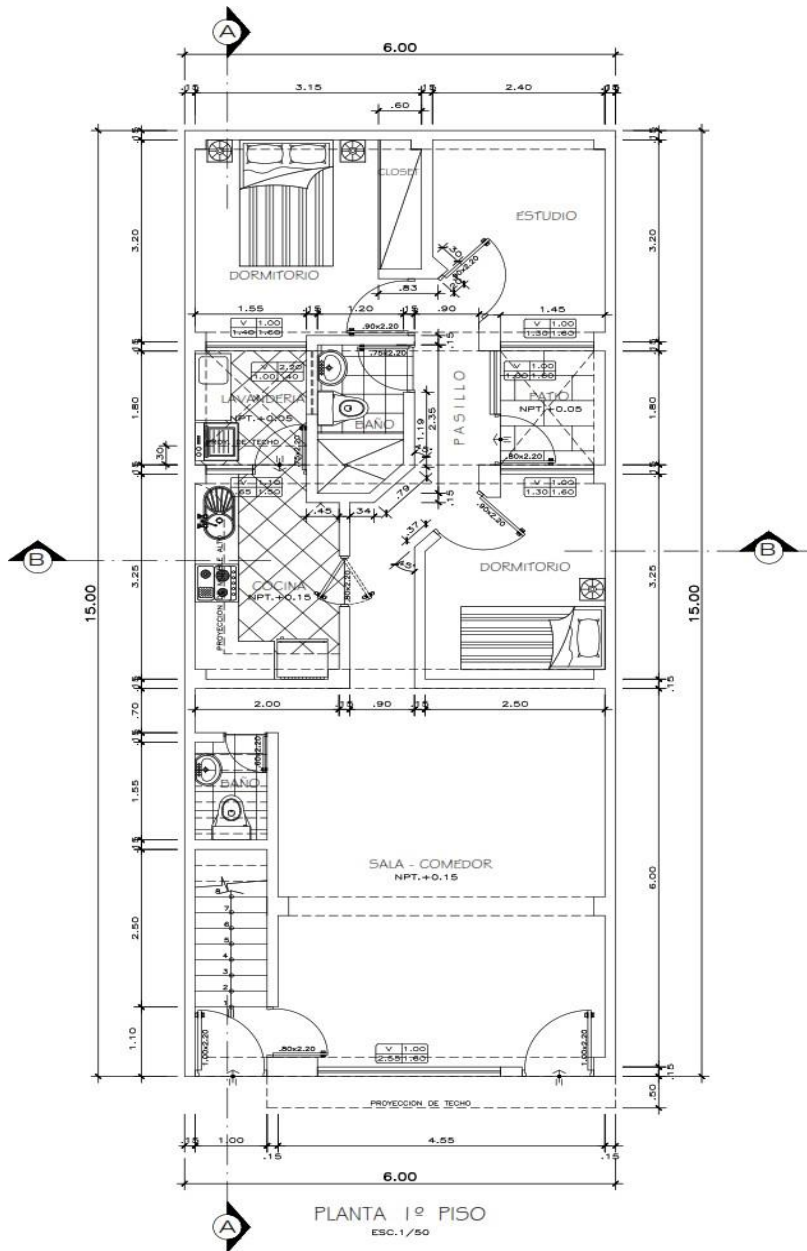
INEI. (2017). *Características de las viviendas particulares censadas*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf)

Loayza León, J. L., & Chavez Porras, R. F. (2015). *Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6106>

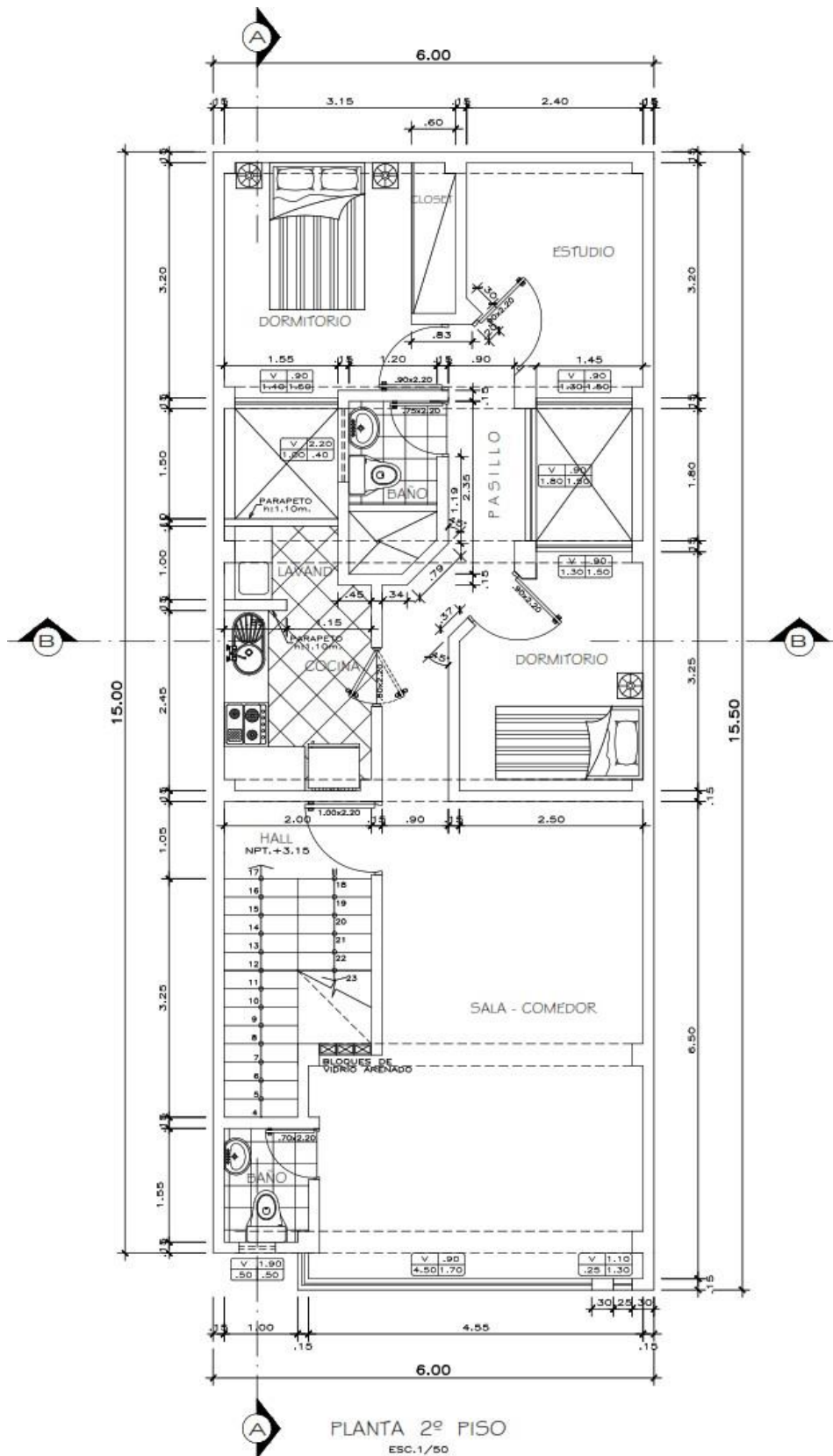
Piqué del Pozo, J. R. (2010). *Apuntes del curso de Diseño Estructural con Madera (Diapositiva PowerPoint)*.

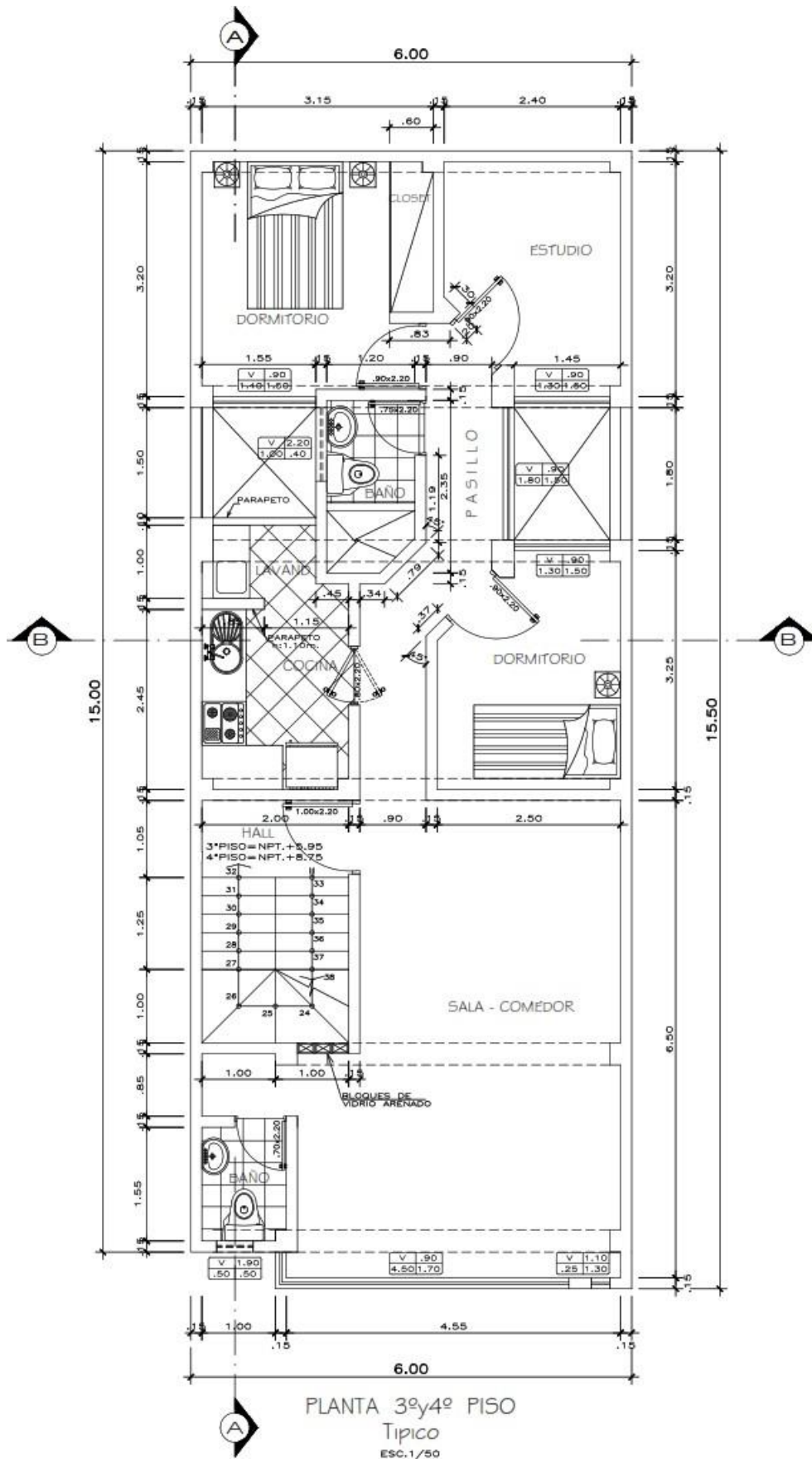
Quiun, D. (2020). *Apuntes de clase de Maestría en Ingeniería Civil (Archivo PDF)*.

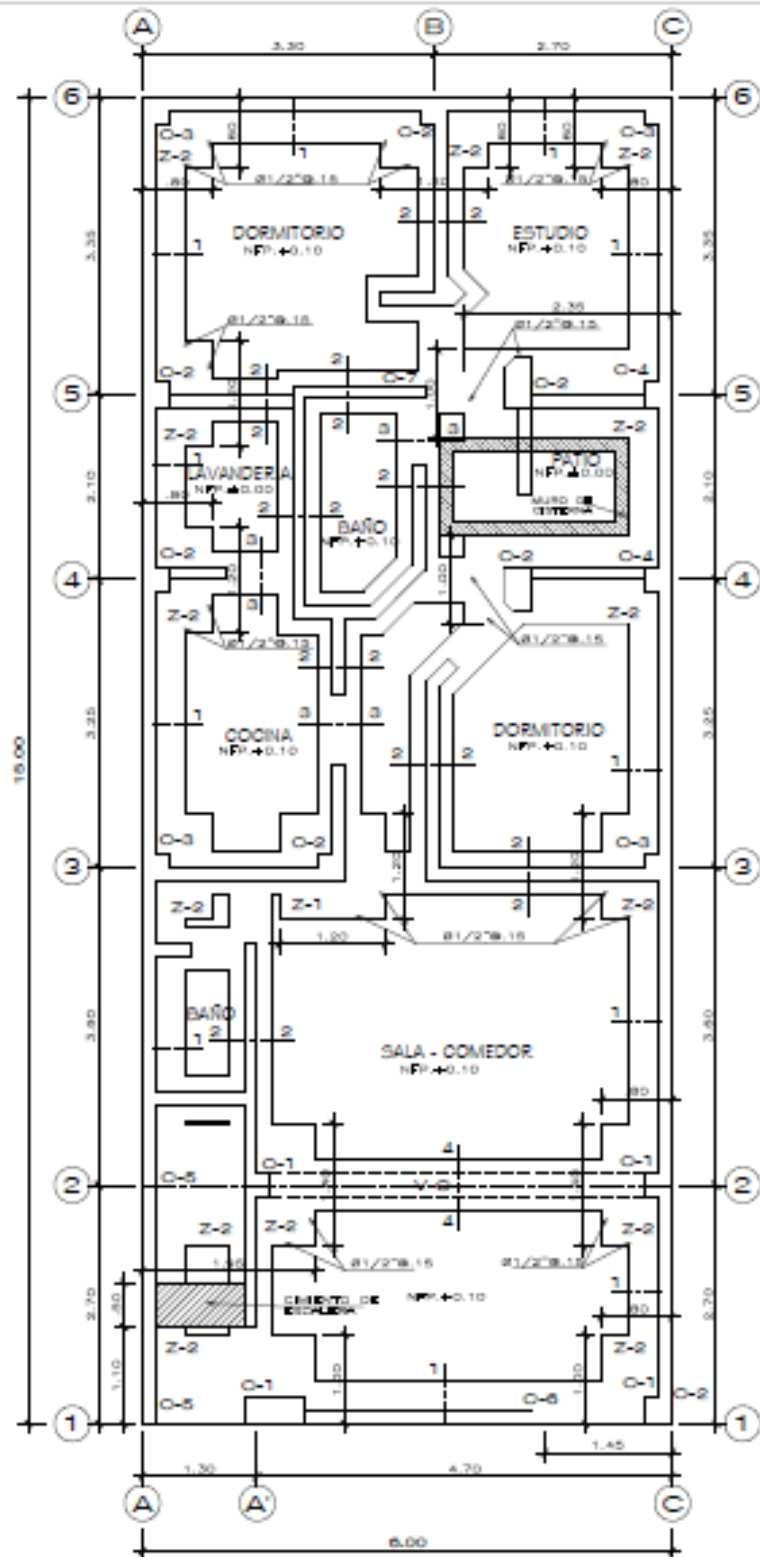
## **ANEXOS**



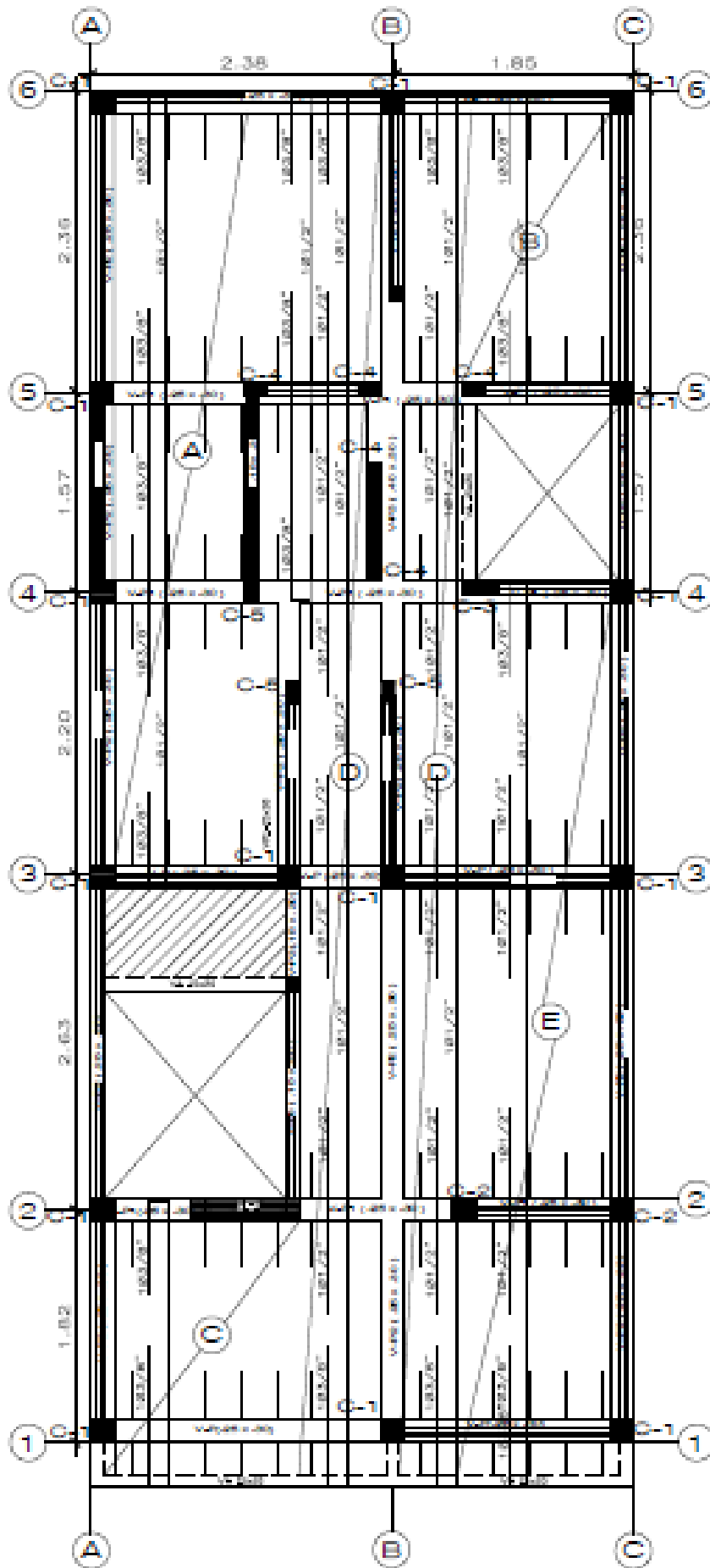




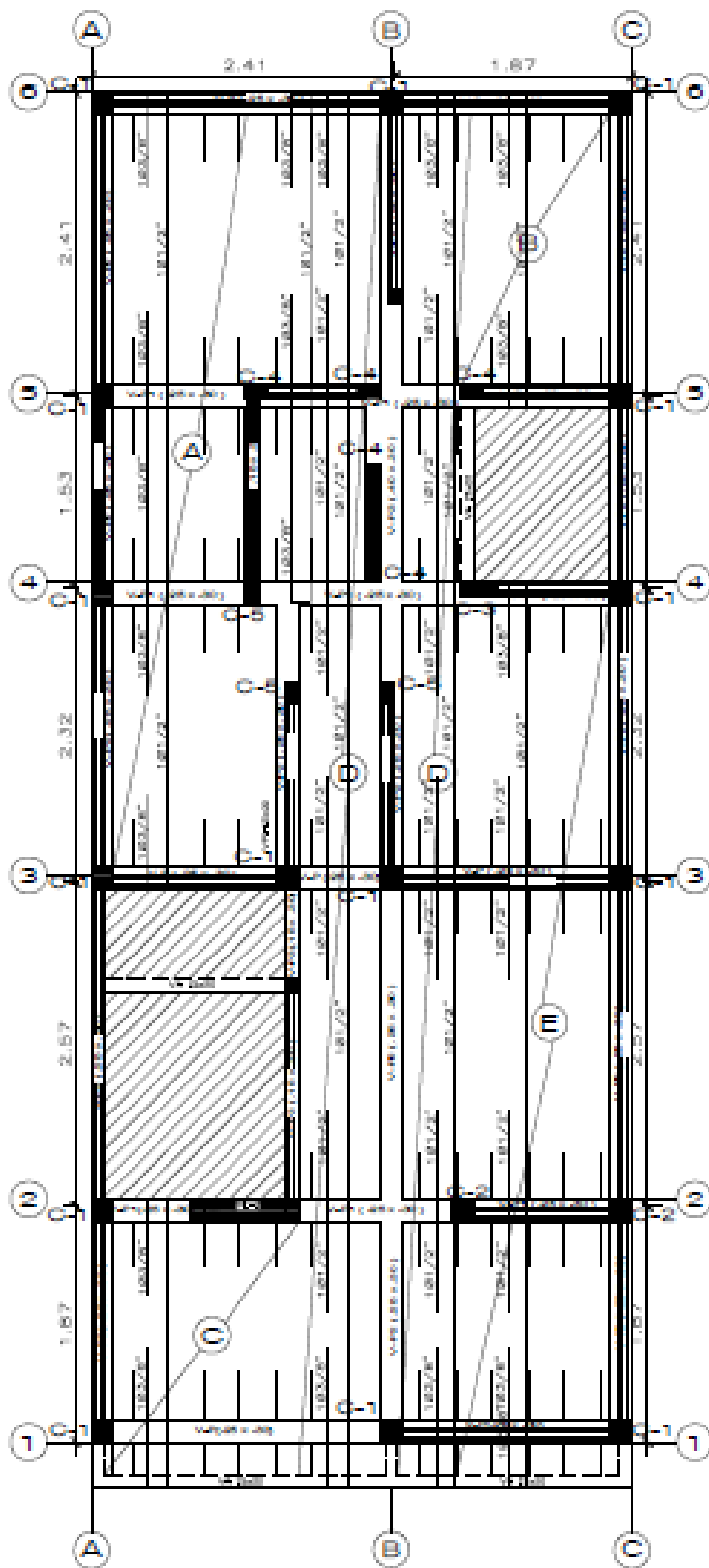




CIMENTACION  
 ESC. 1/80



1, 2 y 3º PISO



4° PISO  
 ALIGERADO h= .20m. S/C=200 Kg/m<sup>2</sup>