



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar de cuatro niveles  
en Lima- Lince, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Huallpa Vargas, Eder Jhimy (ORCID: 0000-0001-8294-7617)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (código ORCID 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo de investigación a Dios y a todas las personas, agradecerles su apoyo en la consecución de cada meta, porque son mi fuerza para seguir adelante, y agradecerles el logro de mis metas.

## **Agradecimiento**

Agradecer a toda la familia el reconocimiento de este gran logro, todos son la base para culminar con éxito este proyecto, una persona que se ha convertido con éxito en el motor y la fuerza para lograr la meta a través del trabajo, la dedicación y la dedicación continua.

El título tan esperado y merecido es el primer paso en el largo camino de nuestras vidas, y estamos listos para continuar. Un agradecimiento muy especial a nuestro consultor: Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal,

## Índice de contenidos

Carátula .....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de contenidos .....	IV
Índice de tablas .....	V
Índice de figuras.....	VII
Resumen .....	IX
Abstract.....	X
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	14
III. METODOLOGÍA.....	57
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	57
3.2. Variables y operacionalización .....	57
3.3. Población, muestra y muestreo .....	58
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
3.5. Procedimientos .....	59
3.6. Método de análisis de datos.....	60
3.7. Aspectos éticos .....	60
IV. RESULTADOS .....	61
V. DISCUSIÓN .....	97
VI. CONCLUSIONES.....	99
VII. RECOMENDACIONES .....	100
REFERENCIAS .....	101
ANEXOS .....	104

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Dimensionamiento de losa aligerada en una dirección .....	33
<b>Tabla 2</b>	Losa aligerada en una dirección .....	33
<b>Tabla 3</b>	Consideración de sobrecarga y factor $\alpha$ .....	34
<b>Tabla 4</b>	Coeficiente en base a la ubicación de columnas.....	36
<b>Tabla 5</b>	Clases de ladrillos según la resistencia a la compresión.....	43
<b>Tabla 6</b>	Proporciones en volumen .....	44
<b>Tabla 7</b>	Características físicas de los aceros de refuerzo .....	45
<b>Tabla 8</b>	Fórmulas para determinar las fuerzas internas en las columnas de confinamiento del primer nivel.....	50
<b>Tabla 9</b>	Operacionalización de variables .....	58
<b>Tabla 10</b>	Matriz de consistencia del proyecto de investigación .....	59
<b>Tabla 11</b>	Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad en “X-X” .....	69
<b>Tabla 12</b>	Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad en “Y-Y” .....	69
<b>Tabla 13</b>	Resumen de cargas gravitacionales por nivel (ton) en dirección “X-X” ..	71
<b>Tabla 14</b>	Resumen de cargas gravitacionales por nivel (ton) en dirección “Y-Y” ..	72
<b>Tabla 15</b>	Centro de masas de los muros del 1° al 4° nivel .....	73
<b>Tabla 16</b>	Centro de rigidez de los muros del 1° al 4° nivel .....	73
<b>Tabla 17</b>	Momento polar de inercia de los muros y del piso 1° .....	73
<b>Tabla 18</b>	Peso total de la edificación .....	74
<b>Tabla 19</b>	Peso de cada nivel de la edificación .....	74
<b>Tabla 20</b>	Cálculo de las fuerzas inerciales $F_i$ y de las fuerzas cortantes por cada piso .....	75
<b>Tabla 21</b>	Cortante de traslación en la dirección X-X .....	76
<b>Tabla 22</b>	Cortante de traslación en la dirección Y-Y .....	76
<b>Tabla 23</b>	Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 1 .....	77
<b>Tabla 24</b>	Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 2.....	78
<b>Tabla 25</b>	Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 3.....	79
<b>Tabla 26</b>	Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 4.....	80
<b>Tabla 27</b>	Cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “X-X” en el 1° piso.....	81
<b>Tabla 28</b>	Cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “Y-Y” en el 1° piso.....	81

<b>Tabla 29</b> Cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “X-X” del 1° nivel .....	82
<b>Tabla 30</b> Cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “Y-Y” del 1° nivel .....	82
<b>Tabla 31</b> Tabla de diseño de muro por sismo severo en la dirección “X-X” en el 1° piso .....	83
<b>Tabla 32</b> Tabla de diseño de muro por sismo severo en la dirección “Y-Y” en el 1° piso .....	83
<b>Tabla 33</b> Expresiones para poder determinar las fuerzas internas en las columnas de confinamiento de los muros del 1° piso .....	84
<b>Tabla 34</b> Cálculo de fuerzas internas en los muros y en las columnas en la dirección X .....	84
<b>Tabla 35</b> Cálculo de fuerzas internas en los muros y en las columnas en la dirección Y .....	85
<b>Tabla 36</b> Diseño por corte – fricción y estribos de las columnas .....	86
<b>Tabla 37</b> Diseño por compresión de las columnas.....	87
<b>Tabla 38</b> Diseño de las vigas soleras en los muros X. ....	88
<b>Tabla 39</b> Diseño de las vigas soleras en los muros Y. ....	88
<b>Tabla 40</b> Peso de cada muro que recibe la cimentación de los muros X .....	93
<b>Tabla 41</b> Peso de cada muro que recibe la cimentación de los muros Y .....	93
<b>Tabla 42</b> Cálculo de la obtención del ancho de cimentación requerida de los muros X .....	94
<b>Tabla 43</b> Cálculo de la obtención del ancho de cimentación requerida de los muros Y .....	94

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Conversión de una estructura irregular (izquierda) a una regular (derecha)	23
<b>Figura 2</b> Rigidez y ductilidad	24
<b>Figura 3</b> Disposición hiperestática	24
<b>Figura 4</b> Discontinuidad de columna	25
<b>Figura 5</b> Rigidez lateral	25
<b>Figura 6</b> Esfuerzo a tracción	26
<b>Figura 7</b> Esfuerzo a compresión	27
<b>Figura 8</b> Esfuerzo flexión	27
<b>Figura 9</b> Esfuerzo torsión	28
<b>Figura 10</b> Esfuerzo de corte	28
<b>Figura 11</b> Estructura aporticada	29
<b>Figura 12</b> Estructura de acero	30
<b>Figura 13</b> Estructura de albañilería	30
<b>Figura 14</b> Estructura de madera	31
<b>Figura 15</b> Vivienda de adobe	32
<b>Figura 16</b> Muro portante	35
<b>Figura 17</b> Elementos de confinamientos	35
<b>Figura 18</b> Área tributarias para el predimensionamiento de columnas	36
<b>Figura 19</b> Escalera	37
<b>Figura 20</b> Fuerzas de inercia	41
<b>Figura 21</b> Modelamiento en el programa Etabs 2018	61
<b>Figura 22</b> Distribución de los muros portantes del 1° nivel	62
<b>Figura 23</b> Distribución de los muros portantes del 2° al 4° nivel	63
<b>Figura 24</b> Características del edificio	65
<b>Figura 25</b> Altura para calcular el espesor efectivo del muro	67
<b>Figura 26</b> Área tributaria de los muros en ambos sentidos del 1° al 4° nivel	68
<b>Figura 27</b> Densidad mínima de muros reforzados en cada dirección	70
<b>Figura 28</b> Parámetros para el cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal	74
<b>Figura 29</b> las cortantes de piso	75
<b>Figura 30</b> Modelo matemático de la escalera	90
<b>Figura 31</b> Diagrama de momento flector	90

<b>Figura 32</b> Diseño aligerado en una dirección un tramo.....	92
<b>Figura 33</b> Diseño aligerado en una dirección dos tramos .....	92
<b>Figura 34</b> Detalle cimiento corrido Corte 1 y 2.....	95
<b>Figura 35</b> Detalle cimiento corrido intermedio Corte 3, 4 y 5. ....	95
<b>Figura 36</b> Detalle cimiento corrido intermedio Corte 3, 4 y 5. ....	96



## Resumen

El propósito de este trabajo de investigación es describir los procesos del diseño de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince. El edificio se proyecta sobre un área rectangular de aproximadamente 123 metros cuadrados, distribuidos con un departamento en cada planta. El terreno sobre el que se ubica la edificación corresponde a una mezcla mal graduada de grava en una matriz arenosa, medianamente compactado que alcanza una capacidad admisible de 6.0 kg / cm<sup>2</sup> y una profundidad de desplante mínimo de 1.20 m. En cuanto al diseño del edificio, se utilizó albañilería confinada que corresponde a los muros reforzados con elementos estructurales tales vigas soleras y columnas de amarre (albañilería confinada). En cuanto al diseño de viviendas multifamiliares, se consideró suficiente densidad de muros portantes en ambas direcciones ("X" e "Y"), lo que permite controlar los desplazamientos laterales y evitar el problema de torsión. De igual forma, antes de que colapse el muro, se consideraron los elementos que disipan la energía sísmica y se refuerza completamente la parte superior de la puerta con el uso de dinteles. Se inicia con el dimensionamiento de los elementos estructurales, como espesores de pared limitados, placas macizas, vigas, pilares, etc. Según los estándares de las normativas nacionales de construcción vigentes. En el análisis estructural, la Norma E.020 (cargas) se usa para la cuantificación de carga por gravedad y la Norma sísmica E.030 se usa para el análisis sísmico donde se realizó el análisis estático y dinámico. Además, la Norma de albañilería E.070 para el diseño de los muros portantes, considerando el método de rotura, según E.060 (concreto armado), el método de rotura también se denomina método de resistencia última. Finalizando con el diseño de los elementos estructurales como losas aligeradas, escaleras y cimentaciones. Este último utiliza la Norma E.050 (suelo y cimentación). También se diseñaron los elementos no estructurales, como muros no portantes (tabiques, parapetos, etc.)

**Palabras claves:** Albañilería confinada, análisis sísmico, soleras, columna de amarre, cimentación corrida.

## **Abstract**

The purpose of this research work is to describe the confined masonry design processes for a four-level multi-family dwelling in Lima- Lince. The building is projected on a rectangular area of approximately 123 square meters, distributed with an apartment on each floor. The land on which the building is located corresponds to a poorly graded mixture of gravel in a sandy matrix, moderately compacted that reaches an admissible capacity of 6.0 kg / cm<sup>2</sup> and a minimum depth of 1.20 m. Regarding the design of the building, confined masonry was used, which corresponds to the walls reinforced with structural elements, such floor beams and tie columns (confined masonry). Regarding the design of multi-family homes, a sufficient density of bearing walls in both directions ("X" and "Y") was considered, which allows controlling lateral displacements and avoiding the problem of torsion. Similarly, before the wall collapses, the elements that dissipate seismic energy were considered and the upper part of the door was completely reinforced with the use of lintels. It begins with the dimensioning of structural elements, such as limited wall thicknesses, solid plates, beams, columns, etc. According to the standards of the current national building regulations. In structural analysis, Standard E.020 (loads) is used for gravity load quantification and Seismic Standard E.030 is used for seismic analysis where static and dynamic analysis was performed. In addition, the Masonry Standard E.070 for the design of bearing walls, considering the failure method, according to E.060 (reinforced concrete), the failure method is also called the ultimate strength method. Finishing with the design of structural elements such as lightened slabs, stairs and foundations. The latter uses Standard E.050 (soil and foundations). Non-structural elements were also designed, such as non-bearing walls (partitions, parapets, etc.)

**Keywords:** Confined masonry, seismic analysis, screeds, tie column, continuous foundation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Con el tiempo, la informalidad de la mampostería y la arquitectura popular ha ido creciendo. El lugar donde se malinterpreta el diseño y la construcción del edificio es la estructura de mampostería. Por ejemplo, en lugar de prestar más atención a las paredes de mampostería, proporcionaron vigas y bolardos inferiores de hormigón armado. Aquí, los ladrillos y otras unidades de mampostería son igualmente importantes porque son los componentes básicos de la pared. Incluyen ladrillos tubulares como panderetas en muros de carga, en lugar de ladrillos sólidos como diamantes de 18 hoyos. El mismo fabricante ha ido reduciendo gradualmente su tamaño, lo que pone en riesgo su resistencia y rigidez.

Con base en la experiencia y lecciones de terremotos anteriores, una gran cantidad de pruebas periódicas de carga lateral y análisis teóricos de edificios que utilizan estructuras de muros de mampostería de carga han encontrado que es necesario proponer nuevos esquemas de diseño constructivo para hacer frente a desastres sísmicos.

En Perú, la estructura de mampostería es la estructura más utilizada en la industria de la construcción, en los últimos años, debido a la falta de un concepto claro, no se incluye el refuerzo de acero corrugado, por lo que la tecnología de ingeniería. Además, la configuración incorrecta de la estructura aumenta su inseguridad. Por otro lado, los muros de mampostería de nuestro edificio son gruesos, lo que encarece el proyecto (Arango Ortiz, 2009).

Los edificios de mampostería deben construirse en áreas con bajo riesgo de terremotos. Sin embargo, en los últimos años se han construido en zonas sísmicamente activas, como Lima a finales del siglo XIX, donde la población se ha disparado debido al crecimiento exponencial. (FEMA, 2009).

Según él, la construcción de vivienda informal representa el 60%, por lo que la informalidad de la vivienda conducirá, por ejemplo, a edificaciones de mampostería que aumentan la vulnerabilidad a los terremotos. Además, existe el riesgo de causar víctimas y daños materiales. (INEI, 2017).

Para varios materiales como el hormigón armado y el acero estructural, la investigación realizada en otros países puede modificarse con especificaciones

técnicas apropiadas para crear estructuras más seguras y económicas (en este orden). Sin embargo, es diferente a la situación de los edificios de mampostería. Se debe considerar la tecnología de construcción, unidades de mampostería (ladrillos) y configuración estructural para que cada país pueda desarrollar sus propias especificaciones para lograr un diseño más realista, garantizando así seguridad y economía.

Con lo mencionado podemos formular el siguiente **problema general**: ¿Por qué es necesario un adecuado en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en 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- Lince?, ¿Cómo se diseñan los elementos de refuerzo, losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince?

Las características de la mampostería restringida son simples, hermosas, duraderas y particularmente económicas. La desventaja de tales estructuras es que no pueden soportar adecuadamente las cargas sísmicas por sí mismas. Por lo tanto, se debe buscar una tecnología mejorada para mejorar la respuesta de la estructura a los terremotos. Esto significa encontrar un equilibrio en la seguridad, y lo más importante es encontrar la economía en este orden. Para minimizar este cambio, la arquitectura y la configuración estructural, así como todas las demás especialidades, deben ir de la mano. En base a las consideraciones anteriores, podemos decir que cada vez en más casos, la estructura debe estar adecuadamente diseñada y supervisada por profesionales idóneos para estas tareas. Esta rama es una de las ramas más exigentes y complejas de la ingeniería estructural. Por lo tanto, se presentarán sugerencias para mejorar el diseño de mampostería cerrada.

El **objetivo general** del presente trabajo de investigación es: Diseñar el sistema estructural de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en 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- Lince, Diseñar los

elementos de refuerzo losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.

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

## II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos a:

Según García Giraldo (2018), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: Los países en desarrollo deben establecer un mecanismo de crecimiento eficaz que proporcione condiciones competitivas suficientes para la globalización de la economía mundial. La infraestructura vial juega un papel muy importante en el crecimiento económico y social de cualquier país, proporcionando el vínculo necesario entre su desarrollo comercial y la diversidad cultural de su gente. Muchos proyectos de infraestructura vial actualmente en construcción utilizan hormigón armado como materia prima básica y, en ocasiones, subestiman las ventajas de la mampostería estructural en términos de estructura y construcción. Desde la antigüedad, la estructura de mampostería siempre ha sido un factor importante para que la civilización humana construya casas y el pilar básico de los imperios históricos. Hoy en día, la mayoría de las culturas en el mundo utilizan estructuras de mampostería. Sin embargo, en comparación con materiales como el acero y el hormigón armado, su comportamiento en tensión de tracción es pobre, por lo que se ha marginado su aplicación en la construcción de componentes no estructurales y pequeñas edificaciones. El método de postesado puede mejorar significativamente el rendimiento estructural de la mampostería, lo que la convierte en una opción viable para la construcción de infraestructura vial en los países en desarrollo, especialmente la construcción de estructuras de cerramiento en el suelo, lo que puede acortar el tiempo de construcción y reducir el desperdicio de material. Estándares de seguridad más bajos, en comparación con los sistemas tradicionales, el costo total de construcción se reduce en casi un 30%. El enfoque de esta investigación es evaluar las propiedades mecánicas de flexión de la mampostería postesada sin rejuntado para verificar su aplicación futura en diversos proyectos como la construcción de muros de tierra y piedra y la construcción de infraestructura vial. Para determinar esto, llevamos a cabo una serie de pruebas de laboratorio integrales en elementos de vigas y muros en voladizo simplemente apoyados, y realizamos pruebas de carga fuera del plano. A partir de los resultados obtenidos de estos experimentos se puede observar la influencia de las principales variables que controlan el diseño de deflexión de la mampostería postesada, como la tensión inicial de las barras de acero, la resistencia a la compresión y la geometría

de la mampostería. Albañilería. Rebar. Elementos estructurales, excentricidad de cables, etc. Los resultados obtenidos ayudarán a revisar las expresiones de código de mampostería pretensada postensada más representativas del mundo, y luego establecer un modelo de análisis para predecir la capacidad portante última del sistema estructural. Todos estos resultados muestran las ventajas estructurales de la mampostería postesada que no requiere rejuntado y calafateo cuando se somete a cargas de flexión, así como su viabilidad económica para su uso en muros de contención y otro tipo de proyectos comunes de ingeniería vial. Asimismo, los resultados muestran que la versatilidad de esta estructura puede soportar cargas equivalentes a la fuerza lateral del suelo en condiciones estáticas y pseudodinámicas, y tiene un nivel de deformación suficiente para ser utilizada en este tipo de estructuras. Se estima que la compresión generada por el método de postesado del muro vertical del muro establece suficientes condiciones de impermeabilidad en la estructura, minimizando así la posibilidad de entrada de agua al interior del muro y protegiendo la varilla de postensado de la corrosión. Debido a sus condiciones de exposición extremadamente bajas, se espera que tenga un grado de degradación muy bajo, por lo que debe tener una alta durabilidad en términos de integridad de la pared. En proyectos de ingeniería a gran escala que han experimentado condiciones ambientales extremas, los buenos registros de desempeño de bloques de hormigón y acero postensados a lo largo del tiempo nos han permitido estimar empíricamente que la vida útil en aplicaciones prácticas supera los 50 años. Mampostería tensada de la estructura del cerramiento del terreno. Los ensayos realizados también mostraron que la curva carga-deflexión puede aproximarse mediante simplificación bilineal, y existe una tendencia lineal entre el aumento de la tensión del cable y la relación de deformación máxima del elemento estructural.

Según Ayala Moya (2016), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: Este artículo describe el comportamiento de llenado de celda parcial (PG-RMW) de diez paredes de ladrillo a escala real probadas bajo cargas laterales cíclicas. Considere tres relaciones de aspecto  $H_{ef} / B = 0.44$  (pared plana),  $H_{ef} / B = 0.97$  (pared cuadrada) y  $H_{ef} / B = 1.95$  (pared delgada); dos barras de acero horizontales  $\rho_H = 0.04\%$  y  $\rho_V = 0.09\%$ ;  $\sigma_C =$  El esfuerzo de compresión de 8.4%  $f'_m$  puede simular el edificio más alto de tres pisos, excepto los muros M7 y M10,

que no soportan carga axial, solo el peso de la viga superior,  $\sigma_C = 0.5\% f'm$ . Como base de comparación, se probaron dos paredes bajo las mismas condiciones de carga, la copia M2 de M1 y la copia M4 de M3. Además, para PG-RMW, se propone un modelo de celosía no lineal (MC), que puede expresar la disminución de resistencia, rigidez y retracción provocada por el agrietamiento de una pared rectangular. Para paredes planas, se pueden obtener resultados aceptables, pero no para paredes alargadas. El modelo se verifica comparándolo con las respuestas periódicas de tres PG-RMW obtenidas mediante experimentos.

Según Ayala Moya (2016), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: El propósito de esta investigación es estudiar la estructura patrimonial de la estructura de mampostería simple de acuerdo con la normativa chilena de diseño antisísmico de edificaciones, y utilizar tecnología de análisis no lineal para simular numéricamente la destrucción actual del Palacio de Pereira. El estudio de caso eligió el Palacio de Pereira en Santiago, que sufrió graves daños en los terremotos de 1985 y 2010. Con base en la combinación de análisis de espectro modal (AME) y análisis de historial de tiempo (TH) basado en el espectro de aceleración sísmica estándar, los estándares de diseño de edificios se analizan en base a tres análisis estáticos del terremoto de Chile. Para considerar los requisitos sísmicos de la estructura de manera más realista, AME y TH se calculan en base al espectro de aceleración del movimiento sísmico registrado cerca del Palacio de Pereira durante el terremoto de febrero de 2010. El esfuerzo cortante máximo obtenido en el análisis se compara con el valor de la prueba de campo de la resistencia al cortante de la mampostería. Estos resultados proporcionan el primer método de diagnóstico estructural y revelan las limitaciones de la normativa chilena actual sobre análisis de estructuras genéticas. De acuerdo con los requerimientos registrados en 1985 y 2010, se simuló numéricamente el daño del edificio mediante análisis no lineal, y se consideraron las componentes longitudinales y laterales de los dos sismos registrados cerca del edificio. Utilizando el modelo de elementos finitos previamente calibrado, el análisis se realiza en dos etapas. El análisis estructural se realiza mediante el software de elementos finitos DIANA



Como **antecedentes nacionales**, tenemos a:

Según (Hernández Pinedo (2012), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: El propósito de este trabajo es analizar y diseñar un edificio residencial de cinco pisos con tanques de agua elevados en Lima. El proyecto se desarrolló utilizando el sistema constructivo de Perú: muros de mampostería limitados y elementos de hormigón armado. El edificio se proyecta sobre una superficie rectangular de unos 260 metros cuadrados, cubriendo una superficie de 235 metros cuadrados, y su distribución es que son cuatro viviendas de unos 50 metros cuadrados en todas las plantas. La entrada está ubicada en la zona lateral del edificio en el primer piso, que conduce a una escalera que conecta los cinco pisos. El terreno sobre el que se ubica el edificio es de grava típica de Lima, con una capacidad de carga permisible de 4.0 kg / cm<sup>2</sup> a una profundidad de 1.50 m. En el diseño del edificio se utilizó mampostería cerrada y muros de corte de hormigón armado. Buscar una distribución que asegure una rigidez suficiente en ambas direcciones para controlar el desplazamiento lateral y evitar los problemas de torsión asociados al uso de dinteles y vigas en las áreas correspondientes del hueco de la escalera. Una vez definido lo anterior, se premarcan los principales elementos estructurales (losas macizas, vigas, pilares, muros de mampostería y hormigón armado) según las normas y recomendaciones del manual de construcción utilizado en esta obra. Luego, realice la medición de carga vertical para análisis sísmico, de manera que cumpla con las normas E.020 y E.030 para carga o diseño sísmico, con énfasis en los requisitos de la norma E.070. Albañilería de los respectivos muros. Después de analizar y verificar si cumple con los requisitos y la verificación sísmica global del edificio, se diseñaron los elementos estructurales según la norma E.060 para hormigón armado y, en el caso de muros de mampostería limitada, según la E.070 estándar. Los elementos de diseño son los siguientes: losas macizas, vigas, muros de corte de hormigón (tableros), muros de mampostería, escaleras, depósitos de agua elevados y cimentaciones, estas últimas teniendo en cuenta la norma de cimentación E.050. Finalmente, se propuso un presupuesto correspondiente al marco estructural y se actualizó el precio a septiembre de este año.

Según Barrueto Zamora (2019), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: El propósito de esta investigación es comparar el comportamiento sísmico entre edificios de apartamentos construidos principalmente con hormigón armado y edificios de apartamentos mezclados con elementos limitados de mampostería y hormigón armado. El propósito es evaluar los parámetros sísmicos y la respuesta inelástica de las dos estructuras y averiguar qué modelo de construcción se ve menos afectado por la carga sísmica. La principal motivación para realizar este estudio fue determinar las principales diferencias sísmicas entre diseños basados en industrias poblacionales. Las personas con altos recursos económicos pueden pagar casas de hormigón armado, mientras que el resto solo puede comprar casas de ladrillo. Debido a construcción ineficiente y / o análisis sísmico. A lo largo de los años, la gente ha visto que la casa de mampostería fue la primera casa en colapsar por el terremoto. La hipótesis de esta investigación señaló que si el diseño es razonable, el edificio de mampostería cerrado puede ser tan resistente a los terremotos como el edificio de hormigón armado. Para ello, se establecieron dos modelos estructurales tridimensionales en el software estructural ETABS 2016, con período, desplazamiento y deriva máxima como los principales datos de salida. Los resultados muestran que aunque el período del sistema de estructura de hormigón armado es de hecho corto y muy por debajo de los requisitos de la norma sísmica E.030, el sistema de estructura de mampostería restringida no está lejos de sus oponentes, e incluso se desplaza mucho más pequeño. Que el máximo permitido. Por tanto, la principal conclusión es que los edificios cerrados de mampostería son tan resistentes a las cargas sísmicas como los edificios de hormigón armado.

Según Barrueto Zamora (2019), en su trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: Este estudio se realizó para comparar el comportamiento sísmico de un edificio residencial multifamiliar construido principalmente de hormigón armado y otro edificio residencial que mezcla elementos de mampostería restringida con hormigón armado. El propósito es evaluar los parámetros sísmicos y la respuesta inelástica de las dos estructuras, y averiguar qué modelo de construcción está menos dañado por la carga sísmica. La principal motivación de esta investigación es encontrar las principales diferencias sísmicas entre diferentes tipos de edificaciones según el sector económico de la población. Aunque las

personas con ricos recursos económicos pueden pagar casas de hormigón armado, otras solo pueden pagar casas de ladrillo. Debido a la baja eficiencia de la construcción y / o análisis sísmico, se ha visto durante muchos años que la casa de mampostería fue la primera casa en colapsar bajo la acción de una carga sísmica. La hipótesis de esta investigación indica que si el diseño es razonable, el edificio de mampostería cerrado tendrá la misma capacidad sísmica que el edificio de hormigón armado. Para ello, se establecieron dos modelos estructurales tridimensionales en el software estructural ETABS 2016, con período, desplazamiento y deriva máxima como los principales datos de salida. Los resultados muestran que aunque el período del sistema de estructura de hormigón armado es de hecho corto y muy por debajo de los requisitos de la norma sísmica E.030, el sistema de estructura de mampostería restringida no está lejos de sus oponentes, e incluso se desplaza mucho más pequeño. Que el máximo permitido. Por este motivo se llega a la conclusión principal que los edificios de albañilería confinada pueden ser tan resistentes a cargas sísmicas como lo son los edificios de concreto armado.

Como **bases teóricas**, tenemos:

### **Reglamento nacional de edificaciones**

La normativa nacional de edificación incluye las normas técnicas obligatorias del Perú, que tienen como objetivo regular las normas y requisitos mínimos para el diseño y construcción de instalaciones y edificaciones urbanas, y regular los derechos y responsabilidades de los mencionados participantes. Consta de tres títulos, el primero de generalidades, el segundo de habilitaciones urbanas y el tercero de edificaciones, de este último se empleará las normas E.020 “Cargas”, E.030 “Diseño sismorresistente”, E.050 “Suelos y cimentaciones”, E.060 “Concreto armado” y E.070 “Albañilería”.

### **Norma técnica E.020 “Cargas”**

En la norma del código nacional de edificación E.020, indica que el edificio y todas sus partes deben ser capaces de soportar la carga que se le impone debido al uso previsto, y cuando se usan en combinación, no deben causar ningún trabajo o deformación causará deformación. Supera el valor indicado por cada material

estructural. Además, la carga utilizada en el diseño no debe ser menor que el valor mínimo especificado en la norma bajo ninguna circunstancia. La carga mínima establecida se da en las condiciones de uso.

En este trabajo, se consideró la carga móvil mínima: se utilizaron 200 kgf / m<sup>2</sup> para la casa, y la inclinación del techo con respecto a los 100 kgf / m<sup>2</sup> horizontales fue de hasta 3 °. Además, también se consideró un tabique móvil de 50 kgf / m<sup>2</sup>. También se considera una carga muerta, y el peso unitario del hormigón preparado con agregado ordinario varía de 2300 a 2500 kg / m<sup>3</sup>, dependiendo del tamaño máximo del agregado. El peso medio es 2400 kg / m<sup>3</sup>. Como se especifica en el Apéndice 1 "Peso unitario", el peso unitario del hormigón simple (grava) es 2300 kg / m<sup>3</sup>, y el peso unitario se incrementa en 100 kg / m<sup>3</sup>.

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U = 1.25 (CM+CV) \pm CS$$

$$U = 0.9CM \pm CS$$

$$U = 1.4CM + 1.7CV + 1.7CE$$

Donde:

CM : carga muerta.

CV : carga viva.

CS : carga correspondiente al sismo.

CE : empuje lateral del suelo y del agua.

### **Norma técnica E.030 "Diseño sismorresistente"**

El Código Nacional de Edificación E.030 estipula las condiciones mínimas para diseñar el comportamiento sísmico de los edificios, que es aplicable al diseño de todos los edificios nuevos, el refuerzo de los edificios existentes y la restauración de los edificios que serán dañados. Afectado por el terremoto. La norma también toma precauciones para prevenir desastres provocados por terremotos: tsunamis, incendios, fugas de materiales peligrosos, deslizamientos de tierra a gran escala u otros.

Por la ubicación del edificio, el Distrito Lince, Provincia de Lima, Provincia de Lima, pertenece a la zona sísmica considerada como Zona 4 en la norma, y su coeficiente es  $Z = 0.45$ , el cual se interpreta como una fracción de la aceleración causada por gravedad. Debido a las características del terreno, se determina que el perfil del suelo es de tipo S1, es decir, suelo rígido, por lo que podemos obtener los parámetros del sitio, por ejemplo: factor de suelo  $S = 1,00$ , período  $T_P = 0,6$  y  $T_L = 2,0$ , durante el cual se obtendrá el factor de amplificación sísmica  $C$ .

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$$

Al ser una vivienda la categoría de edificación corresponde a una edificación común (C), por lo que le corresponde un factor  $U = 1,0$ .

El peso estimado (P) se obtiene sumando la carga permanente total del edificio al porcentaje de la carga activa, para la categoría C equivale al 25%. El análisis básico de vibraciones se estima con base en la expresión  $T = (h_n / C_T)$ , donde  $C_T = 60$ , porque para edificios de mampostería, este valor se considera.

### **Norma técnica E.050 “Suelos y cimentaciones”**

El Estándar del Código Nacional de Construcción E.050 especifica los requisitos para la investigación de la mecánica del suelo (EMS) para cimientos de edificios y otros propósitos de ingeniería designados. Estas actividades se llevan a cabo para asegurar la estabilidad y durabilidad del proyecto y promover el uso racional de los recursos. Este es un edificio ordinario y no hay obligación de establecer un sistema de gestión ambiental.

### **Norma técnica E.060 “Concreto armado”**

El Código Nacional de Edificación E.060 especifica los requisitos mínimos y los requisitos para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y supervisión de hormigón armado, hormigón pretensado y estructuras de hormigón simple. Teniendo en cuenta la norma E.060, para la resistencia de diseño, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, la resistencia

nominal debe multiplicarse por el factor de reducción de resistencia especificado a continuación ( $\phi$ ):

Flexión sin carga axial: 0.90

Carga axial y carga axial con flexión:

(a) Para carga axial de tracción con o sin flexión: 0.90

(b) Para carga axial de compresión con o sin flexión:

– Para elementos con refuerzo en espiral: 0.75

– Para otros elementos: 0.70

Corte y torsión: 0.85

Aplastamiento del concreto: 0.70

Concreto simple, para flexión, compresión corte y aplastamiento: 0.65

### **Norma técnica E.070 “Albañilería”**

El código de construcción nacional E.070 estándar especifica los requisitos mínimos para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de edificios de mampostería basados en muros cerrados y estructuras de muros reforzados. Además, el artículo 23.2 estipula que su diseño se llevará a cabo mediante resistencias para evitar daños a la estructura por eventos sísmicos frecuentes (terremotos moderados) y brindar la capacidad sísmica necesaria para resistir fuertes terremotos, limitando así la extensión de la estructura. Los daños en las paredes se pueden reparar de forma económica de esta manera. Cabe señalar que los componentes de hormigón y tabiques fallan debido a su ductilidad a los muros de mampostería. Este último debe fallar debido a la cizalladura en un terremoto mayor, y su diseño debe diseñarse de acuerdo con su capacidad para proporcionar una resistencia a la cizalladura mayor o igual a la carga generada por un terremoto mayor.

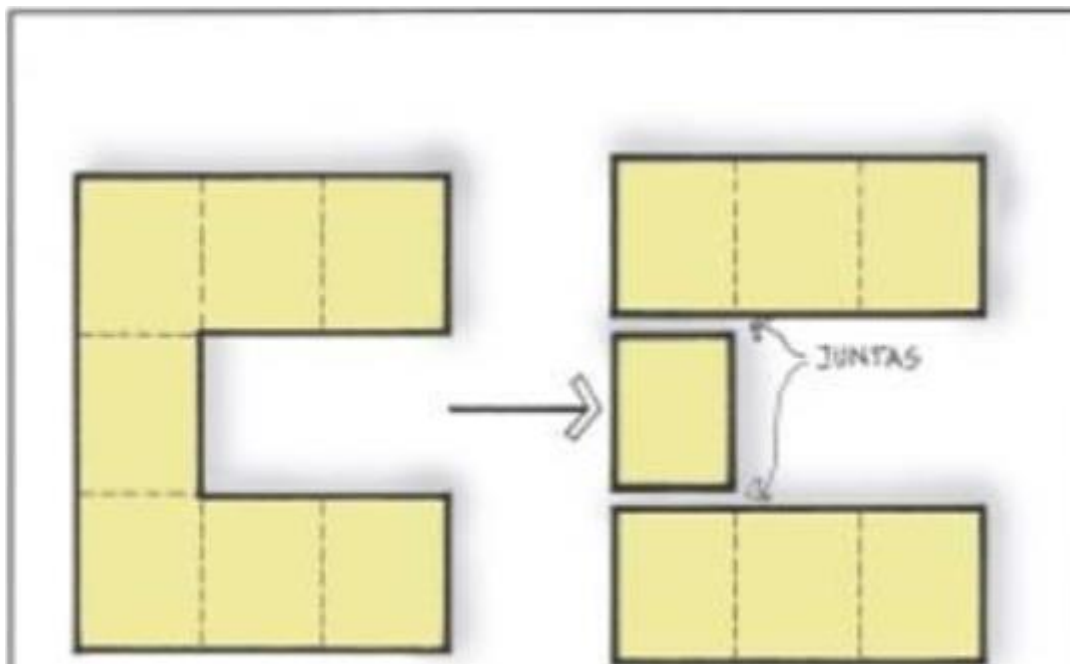
## Criterios para estructuración sismorresistente

A continuación, se detallará cuáles son los criterios para tomar en cuenta para que la edificación sea sismorresistente.

### Simplicidad y simetría

En aras de la simplicidad, las estructuras simples se comportan mejor antes de un terremoto, y es más fácil predecir este comportamiento para este tipo de estructura, mientras que las estructuras complejas no lo son. También enfatiza la importancia de la simetría en las dos direcciones, porque la falta de simetría producirá un efecto de torsión, el cual es difícil de evaluar si no se cree que este efecto causará mucho daño.

**Figura 1** Conversión de una estructura irregular (izquierda) a una regular (derecha)



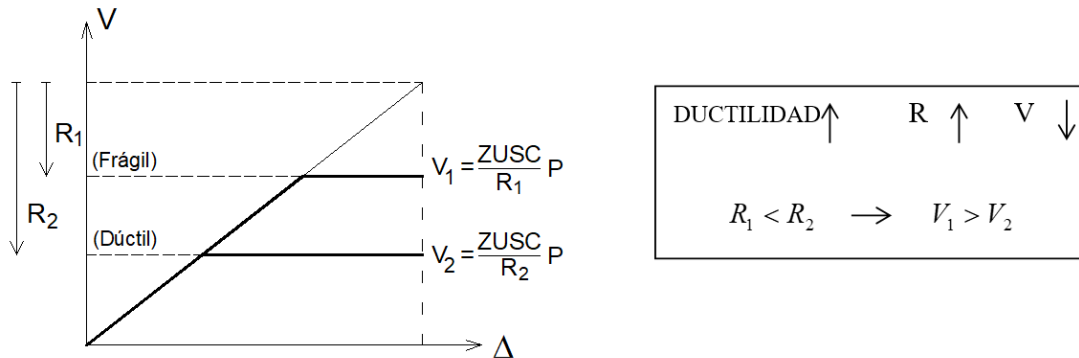
Fuente: (Montalbetti, 2020)

### Resistencia y ductilidad

Para tener suficiente resistencia sísmica, debe tener al menos dos direcciones ortogonales para asegurar la estabilidad de toda la estructura y cada unidad. Para preparar la estructura para la fase plástica no destructiva, la fuerza

sísmica debe transmitirse a la estructura, y su resistencia debe ser menor que el máximo requerido para que sea equilibrada y dúctil.

**Figura 2 Rigidez y ductilidad**

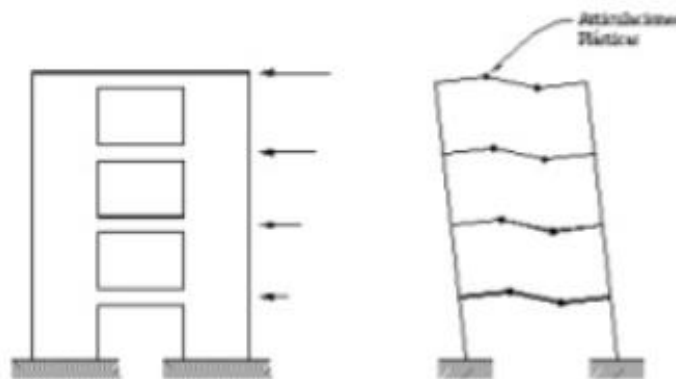


Fuente: (Piqué del Pozo, 2014)

### Hiperestaticidad y monolitismo

De acuerdo con el concepto de diseño antisísmico, la estructura debe tener un diseño súper estático, de modo que la estructura pueda lograr una mayor capacidad sísmica.

**Figura 3 Disposición hiperestática**



Fuente: Elaboración propia

### Uniformidad y continuidad de la estructura

Una estructura debe ser continua, en planta como en elevación, y los elementos no deben cambiar bruscamente su rigidez, así evitar concentración de esfuerzos.



**Figura 4** Discontinuidad de columna

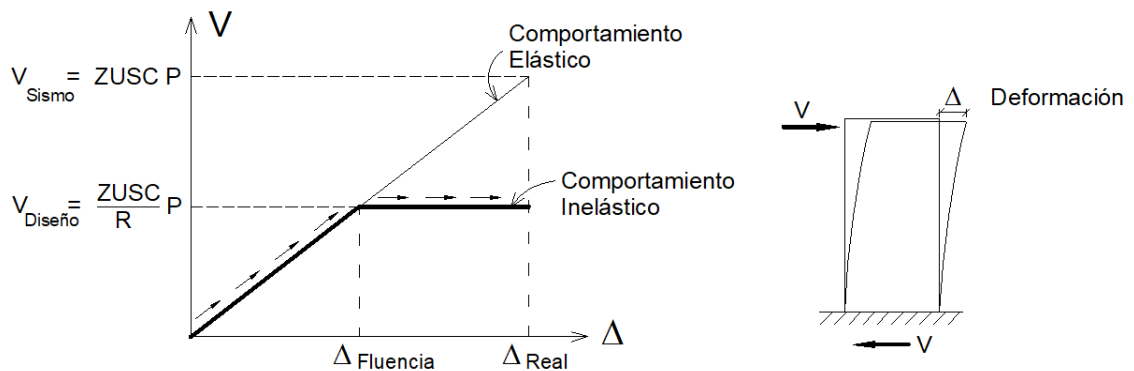


Fuente: (AROQUIPA VELASQUEZ , 2012)

### Rigidez lateral

Si la estructura está compuesta por elementos estructurales que proporcionan rigidez lateral en dos direcciones, la estructura puede resistir fuerzas horizontales sin deformaciones significativas. Las estructuras rígidas también tienen ventajas porque no causan mayores problemas de construcción y pueden evitar el apiñamiento de las barras de acero en las juntas, pero también tienen desventajas como la imposibilidad de lograr una alta ductilidad, y su análisis es más complicado.

**Figura 5** Rigidez lateral



Fuente: (Piqué del Pozo, 2014)

### **Diafragma rígido**

Para el análisis, solemos considerar la existencia de una placa rígida, de modo que la estructura se pueda idealizar como una unidad, en la que las fuerzas horizontales se puedan distribuir en el cilindro y la placa según su rigidez lateral.

### **Elementos no estructurales**

El elemento secundario es importante porque si la estructura está compuesta principalmente por pórticos, la rigidez que aporta el tabique será considerable. En cambio, si la estructura está compuesta por pórticos y muros de hormigón, la rigidez que aporta el tabique será considerable. Muy pequeño en comparación con los elementos de hormigón.

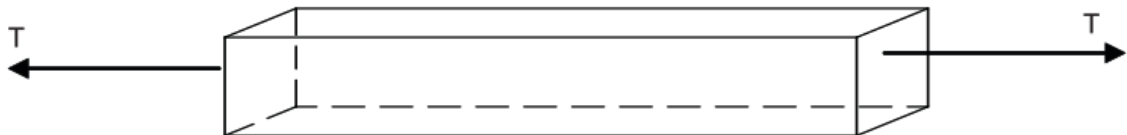
### **Tipos de esfuerzos en las estructuras**

Los tipos de esfuerzos dependen de la posición y de las fuerzas que actúen sobre una estructura.

#### **Tracción**

Cuando un elemento estructural es sometido a una fuerza que tiende a estirarse, provoca que las partículas que lo componen se separen.

***Figura 6 Esfuerzo a tracción***

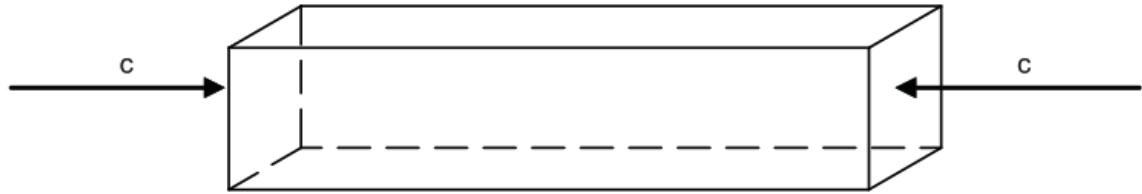


Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

#### **Compresión**

Cuando el elemento estructural es sometido a fuerzas que intentan aplastarlo, haciendo que las partículas que lo componen se aproximen.

**Figura 7** Esfuerzo a compresión

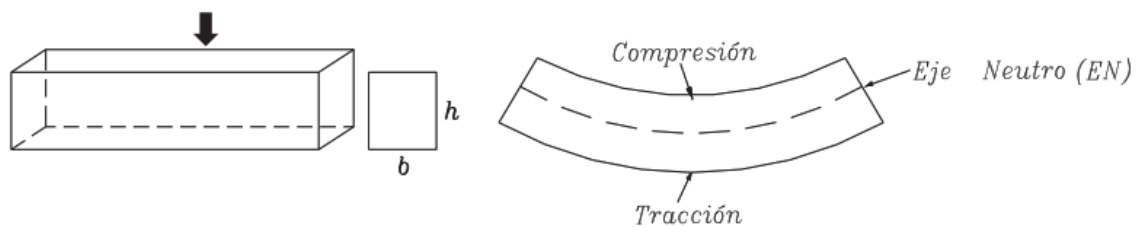


Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

### **Flexión**

Cuando un elemento estructural se somete a una fuerza que intenta doblarlo, se combinan compresión y tracción. La fibra superior del elemento doblado se acorta y la fibra inferior se alarga.

**Figura 8** Esfuerzo flexión

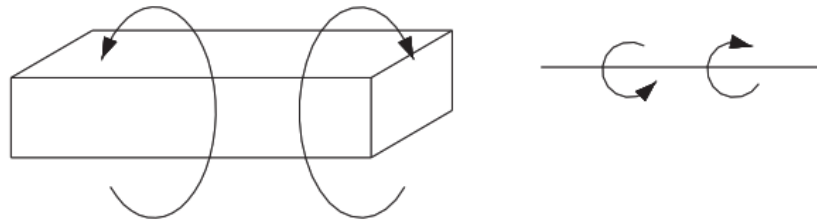


Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

### **Torsión**

Cuando un elemento estructural se somete a una fuerza que intenta girar alrededor de su eje.

**Figura 9** Esfuerzo torsión

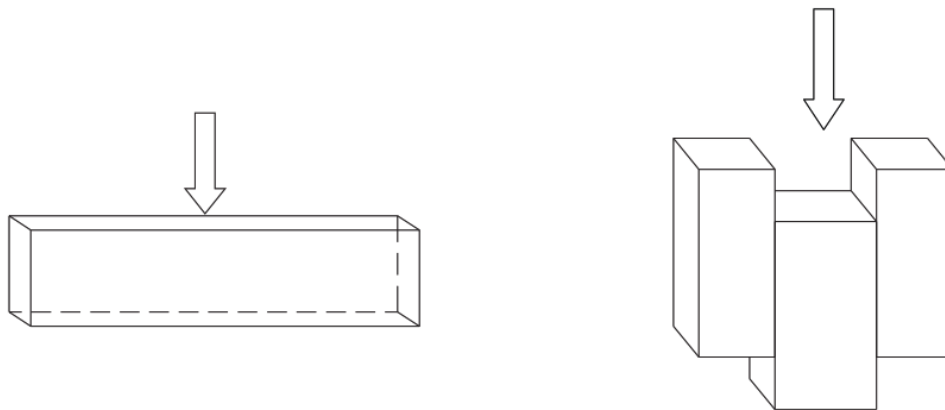


Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

### **Corte**

Cuando un elemento estructural se somete a una fuerza perpendicular al elemento, esto hace que las partículas del material se muevan entre sí, provocando que se corten.

**Figura 10** Esfuerzo de corte



Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

### **Configuración estructural y planificación**

Estos aspectos son muy importantes para el diseño de estructuras sismorresistentes, lo que significa determinar las principales características de la estructura, tales como: la forma y ubicación de los elementos estructurales, y asegurar que la estructura sea segura, bella y económica. tan simple como eso. Cómo considerar la continuidad y el diseño Debe haber una cierta simetría.

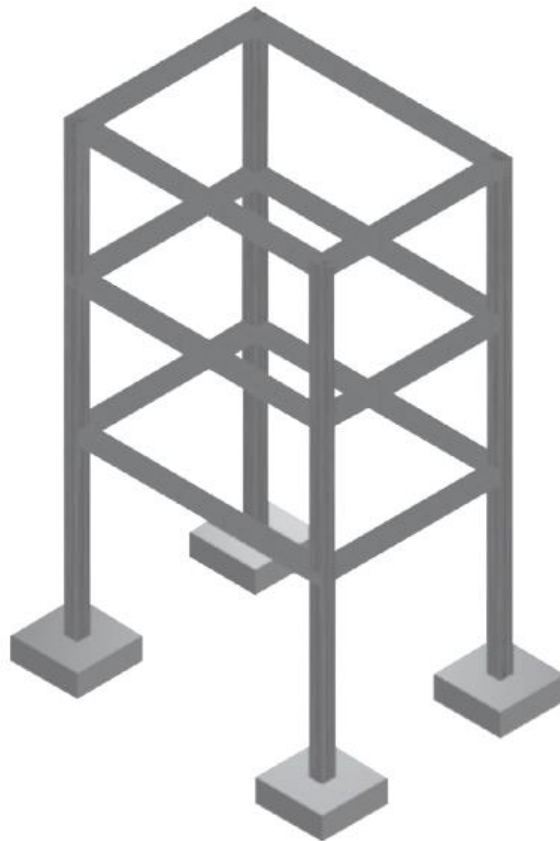
## **Sistemas estructurales**

Según la norma técnica peruana E.030, existen cinco sistemas estructurales, los cuales son: de concreto armado, de acero, de albañilería, de madera y de tierra.

### **Estructuras de concreto armado**

Conjunto de elementos conectados para soportar la carga. El código nacional de edificación reconoce los siguientes sistemas estructurales de hormigón armado: pórticos, doble capa, muros estructurales, muros con ductilidad limitada, doble capa I, doble capa II.

***Figura 11 Estructura aporticada***



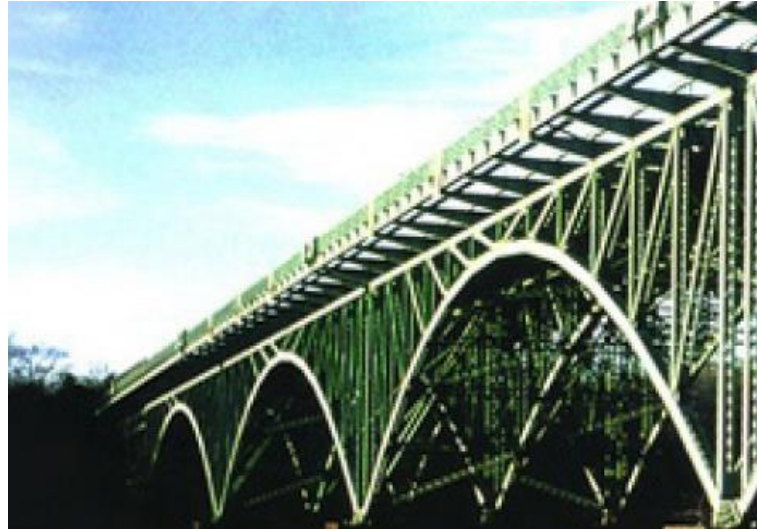
Fuente: Elaboración propia

### **Estructuras de acero**

El Código Nacional de Construcción reconoce los siguientes sistemas estructurales relacionados con las estructuras de acero, tales como: marco medio

con momento flector, marco general con momento flector, marco especial de soporte concéntrico y marco general de soporte concéntrico.

**Figura 12 Estructura de acero**

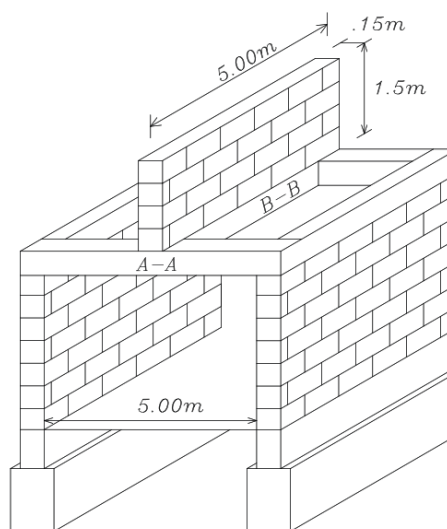


Fuente: (Mc Cormac, 2012)

### Estructuras de albañilería

El código de construcción nacional estipula que un edificio con esta estructura se compone de elementos sísmicos, a saber, muros de mampostería de arcilla o hormigón.

**Figura 13 Estructura de albañilería**



Fuente: (Delgado Contreras, 2017)

## Estructuras de madera

El Código Nacional de la Edificación considera que este tipo de estructura es una estructura compuesta por elementos de madera resistente, incluyendo sistemas de celosía, pilares y estructuras de soporte de vigas.

**Figura 14** Estructura de madera



Fuente: (Apuntes, 2019)

## Estructuras de tierra

El Código Nacional de Edificación considera que los elementos que componen estas estructuras son muros de barro y piedra o muros hechos in situ con tierra apisonada.

**Figura 15** Vivienda de adobe



Fuente: Elaboración propia

### **Predimensionamiento**

De acuerdo con la norma E.0.60 sobre "hormigón armado" y los requisitos de construcción y ocupación del edificio, este es un cálculo realizado antes de determinar el tamaño del elemento estructural. Después del análisis, puede verificar si la hipótesis es adecuada o si se ha modificado el tamaño.

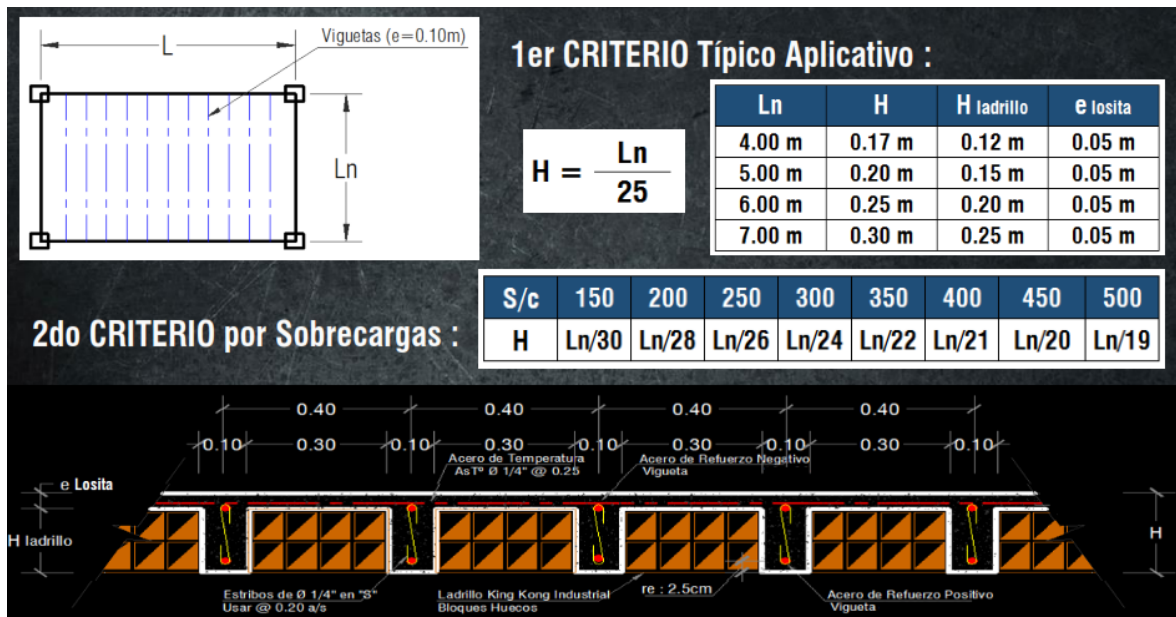
Para determinar el tamaño de antemano, se requiere la medición de la carga. Todo edificio debe estar diseñado para soportar todas las cargas que soportará durante su vida. La carga se refiere a la fuerza externa que actúa sobre diferentes elementos estructurales. Para edificios, considere dos tipos de cargas: carga estática y carga viva.

### **Losa Aligerada**

Para el tamaño predeterminado de la placa adelgazada, en la práctica, se debe considerar que el tramo libre no suele superar los 7,00m, porque se recomienda utilizar placas rigidizadas para más de este tamaño, porque la placa adelgazada ya no es económica.

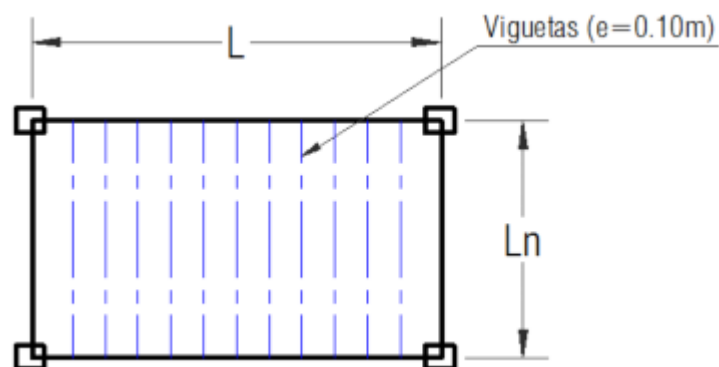


**Tabla 1** Dimensionamiento de losa aligerada en una dirección



Fuente: Cersa (2015), Predimensionamiento de elementos estructurales

**Figura 16** Losa aligerada en una dirección



Fuente: (Cersa, 2015)

## Vigas

Cuando no hay suficiente densidad de muro en ambas direcciones debido a la distribución del edificio, a veces es necesario insertar marcos y / o losas de hormigón armado. Por lo tanto, para las vigas, se debe considerar lo siguiente:

b : ancho de viga (m)

B : ancho tributario (m)

$$b = \frac{B}{20} \geq 0.25 \text{ m}$$

Para la viga principal se considera:

L : luz libre (m)

h : peralte de viga (m)

$$h = \frac{L}{\alpha}$$

**Tabla 2** Consideración de sobrecarga y factor  $\alpha$

W s/c	$\alpha$
s/c $\leq$ 200	12
200 < s/c $\leq$ 350	11
350 < s/c $\leq$ 600	10
600 < s/c $\leq$ 750	9

Fuente: Elaboración propia

Para la viga secundaria se considera:

L : luz libre (m)

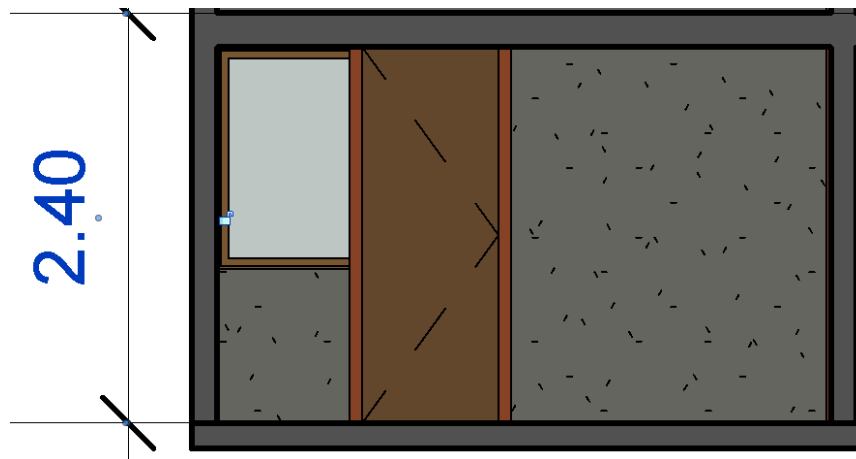
h : peralte de viga (m)

$$h = \frac{L}{14}$$

### Muros portantes

De acuerdo con el código de construcción nacional E.070 estándar "Albañilería", para ciertas zonas sísmicas, se debe considerar el espesor mínimo. Para las zonas sísmicas 2, 3 y 4,  $t \geq h / 20$ ;  $t \geq h / 25$ , para la zona sísmica 1.

**Figura 17 Muro portante**

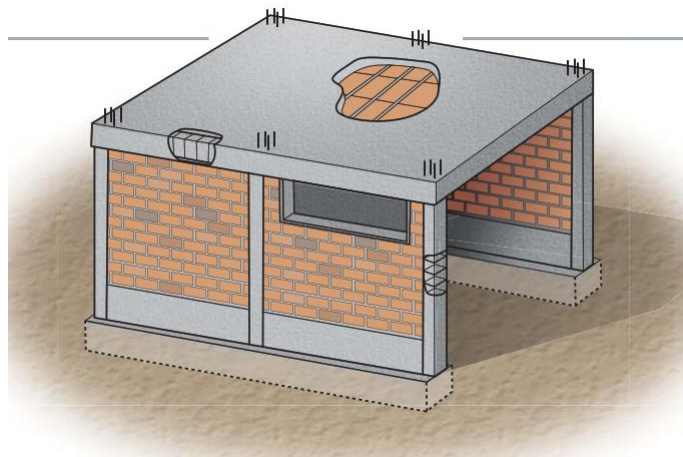


Fuente: Elaboración propia

### **Elementos de confinamiento**

El espesor efectivo de la viga de cimentación y la columna de restricción es igual al espesor efectivo de la pared, la profundidad mínima de la viga de cimentación es igual al espesor de la losa del techo, la profundidad mínima de la columna de restricción es de 15 cm y el área mínima de la columna cerrada es  $(15 * t)$  cm<sup>2</sup>.

**Figura 18 Elementos de confinamientos**



Fuente: (Aceros Arequipa, 2015)

## Columnas

El tamaño de la columna está diseñado de manera que la tensión axial máxima en la sección de la columna esté bajo la tensión de servicio y sea menor o igual a 0.45 f'c. El área mínima del área de alta actividad sísmica es de 1000 centímetros cuadrados.

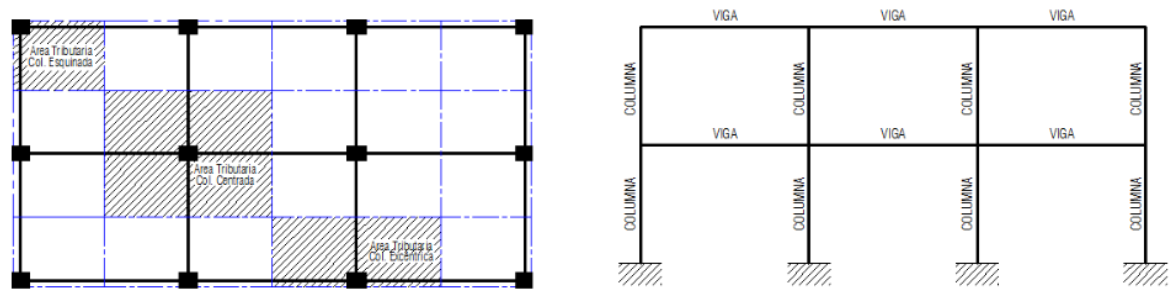
La carga de servicio es igual a:  $P = \text{número de pisos} \times \text{zona impositiva} \times \text{carga unitaria}$ .

**Tabla 3** Predimensionamiento de columnas

Columnas Centradas (Para los primeros pisos)	$P = 1.10 \times P_G$ $n = 0.30$	$b \times D = \frac{1.10 \times P_G}{n \times F_c}$	$b \times D = \frac{1.25 \times P_G}{n \times F_c}$	$b \times D = \frac{1.50 \times P_G}{n \times F_c}$
Columnas Centradas (Para los 4 últimos pisos)	$P = 1.10 \times P_G$ $n = 0.25$	$b \times D = \text{cm}^2$		
Columnas Excéntricas	$P = 1.25 \times P_G$ $n = 0.25$	$P_G = (\text{Carga Muerta} + \text{Carga Viva}) \times (A_{\text{Trib}}) \times (N_{\text{Pisos}})$		
Columnas Esquinadas	$P = 1.50 \times P_G$ $n = 0.20$	$A_{\text{Trib}} = \text{Área Tributaria}$ $N_{\text{Pisos}} = \text{Número de Pisos}$		

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19** Área tributarias para el predimensionamiento de columnas



Fuente: Cersa, 2015

## Escaleras

Las escaleras se consideran losas sólidas compuestas de escalones, cubiertas y barandas, mientras que los escalones se componen de escalones o escalones, y los escalones se componen de escalones y escalones de retroceso.

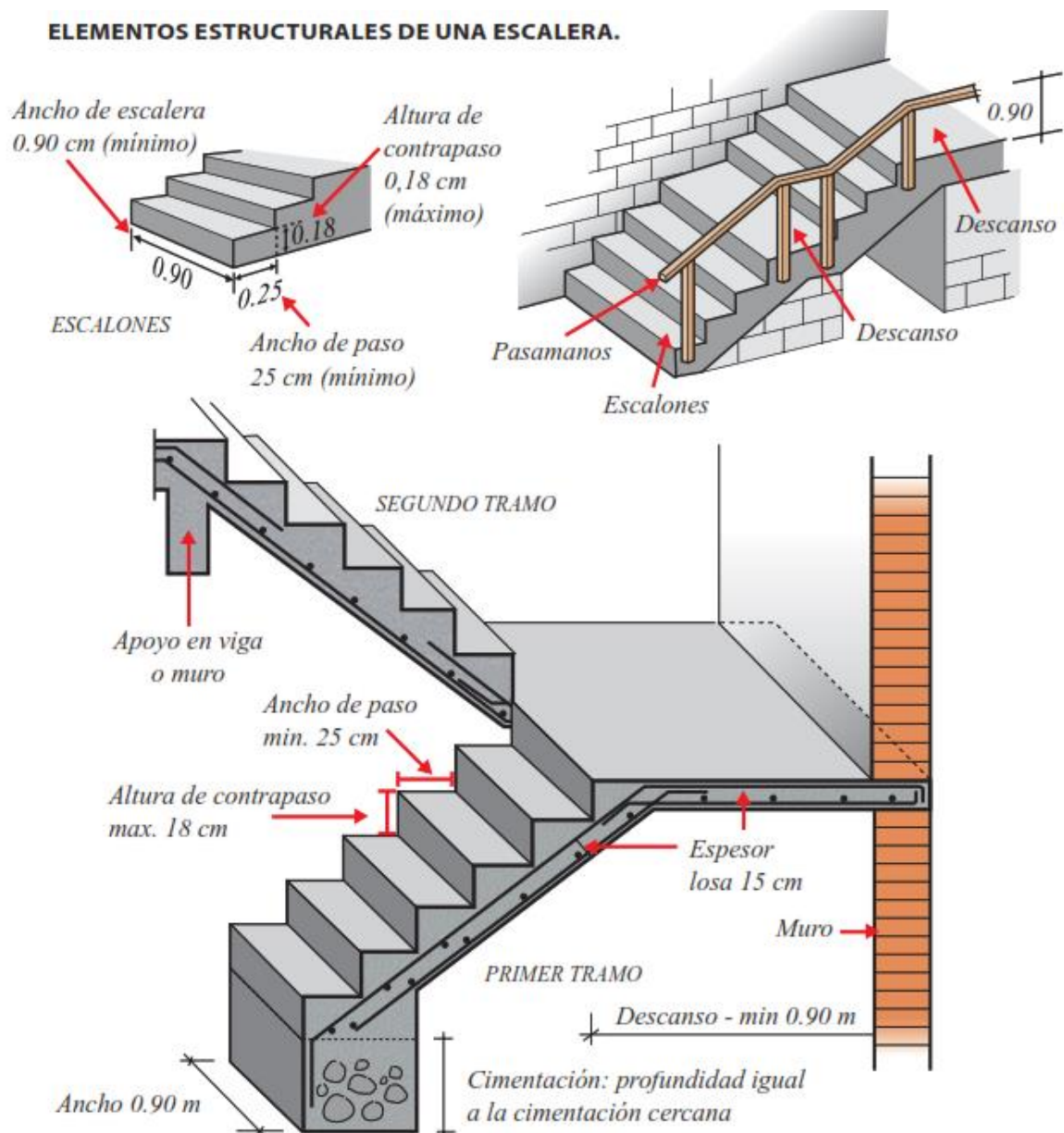
Para el paso y el paso inverso, las recomendaciones son las siguientes:  $0.60m \leq 2C + P \leq 0.64m$ , preste atención al paso  $P \geq 0.25m$  y el paso inverso  $C \leq 0.18m$ .

Para el grosor de la garganta:  $t \geq (1/25 \sim 1/20) * L_n$ , toma el valor promedio.

Por lo demás, hay que considerar que la longitud mínima de la escalera lineal es igual a 0,90 m y el ancho es de 1,20 m".

**Figura 20** Escalera

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE UNA ESCALERA.**

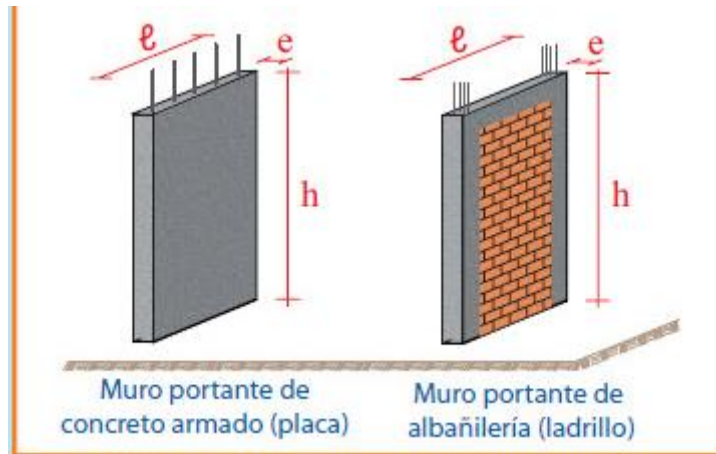


Fuente: (Aceros Arequipa, 2015)

## Placas

Cuando el muro de mampostería en cualquier dirección del edificio sea insuficiente, se usarán placas gruesas, el espesor debe ser de al menos 0.10 m, generalmente se usa 0.15 m, y la longitud varía de 1.20 m a 3.50 m.

**Figura 21** Muros de concreto concreto armado y albañilería



Fuente: (Aceros Arequipa, 2015)

## Análisis estructural

El departamento de física puede determinar el comportamiento de la estructura en estudio y debe resistir diferentes fuerzas internas. Para utilizar la teoría de la mecánica estructural para el análisis estructural, debe definir el sistema estructural, la geometría, los materiales y las cargas aplicadas.

## Análisis por carga vertical

Proviene de la medición de la carga estática y carga adicional en la pared. Se han desarrollado los siguientes pasos para este análisis:

- En cada muro se evalúa las cargas que actuarán, mediante el metrado del área tributaria.
- Se determina el esfuerzo actuante por carga vertical ( $\bar{\sigma}_a$ ).

$$\sigma_a = \frac{(P_D + P_L)}{A}$$

- Se determina el esfuerzo admisible por carga vertical ( $\sigma_n$ ).

$$\sigma_m = 0.20 f'm \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

$$\sigma_m \leq 0.15 f'm$$

- Con base en los resultados obtenidos, compare la tensión aplicada con la tensión admisible, si  $\sigma_a < \sigma_n$ , la sección del muro se considera suficiente, en caso contrario, si  $\sigma_a > \sigma_n$ , la sección del muro se considera insuficiente. Debe aumentar el espesor de la pared o aumentar la resistencia a la compresión de la mampostería (unidades de mampostería de alta calidad), o utilizar muros de hormigón armado.
- Finalmente, se debe confirmar que el espesor del muro de mampostería cerrado cumple con los siguientes requisitos:  $t \geq h / 20$  (para zona sísmica 2, 3, 4) y  $t \geq h / 25$  (para zona sísmica 1).

### **Análisis por carga horizontal (sismo)**

De acuerdo con la norma del código de construcción nacional E.070 "mampostería", una estructura de mampostería se refiere a un edificio de hasta 5 pisos o 15 metros de altura. Para ello, los métodos de análisis estáticos son suficientes. Utilice un conjunto de tensiones para representar la tensión de un terremoto. La fuerza que actúa sobre el centro de gravedad de cada piso del edificio.

El edificio de mampostería consta de muros de ladrillo armado, cimientos y losas de hormigón armado utilizadas como tabiques horizontales. Para el modelado de edificios, se puede considerar que las paredes están incrustadas en la base y conectadas por particiones rígidas. La fuerza cortante en la parte inferior

del edificio se determinará de acuerdo con el estándar de diseño de terremotos del código nacional de construcción E.030 y se distribuirá en cada piso del edificio.

### **Rigidez de un muro de albañilería**

Esta es la relación entre la fuerza aplicada y la deformación producida por esa fuerza, y el desplazamiento total consiste en la deformación producida por flexión y cizallamiento. Obtenga la siguiente fórmula de rigidez de la pared:

$$K = \frac{E_m * t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)}$$

Donde:

K : rigidez lateral en kg/cm.

$E_m$  : módulo de elasticidad de la albañilería en kg/cm<sup>2</sup> ( $E_m = 500 * f'm$ ).

t : dimensión del muro perpendicular a la dirección analizada (cm).

l : dimensión del muro paralela a la dirección analizada (cm).

h : altura del muro en (cm).

f'm : resistencia a compresión axial de la albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

### **Metodología de análisis estático**

En el análisis estático, se ha verificado que la sección transversal de cada capa del muro es suficiente para resistir el esfuerzo cortante. El análisis incluye los siguientes pasos: determinar el peso del edificio (aumentando la carga permanente y una cierta proporción de la carga activa); calcular el esfuerzo cortante en la parte inferior del edificio causado por la carga. Por lo tanto, se utilizará la fórmula establecida en el Código Nacional de Edificación E.030 "Diseño Sísmico" para distribuir el esfuerzo cortante de la parte inferior del edificio a la altura del edificio. Construyendo, como fuerza sísmica horizontal, en dos direcciones (X, Y), existen las siguientes fórmulas:

$$F_i = \alpha_i * V ; \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^h}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:



n : número de pisos del edificio.

k : exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección en que se considere. En donde se tiene que: si  $T \leq 0,5$  segundos entonces  $k : 1,00$ , y si  $T > 0,5$  segundos entonces  $k = (0,75 + 0,5T) \leq 2,0$ .

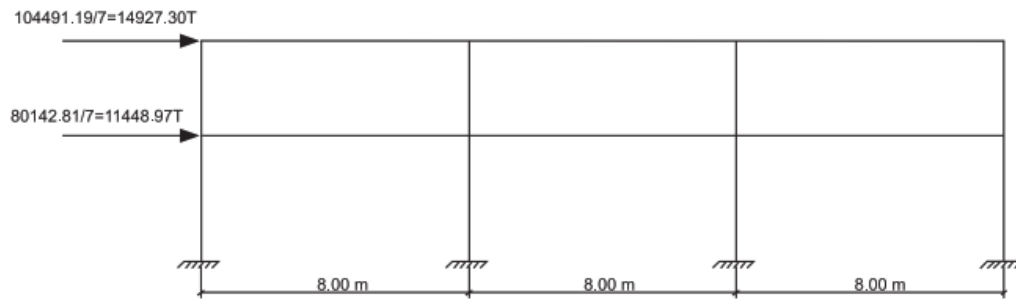
$F_i$  : fuerza sísmica horizontal en el nivel i.

$P_i$  : peso en el nivel i.

$h_i$  : Altura del nivel i con relación al nivel de terreno.

V : fuerza cortante en la base de la estructura.

**Figura 22** Fuerzas de inercia



Fuente: (Delgado Contreras, 2014)

La distribución del esfuerzo cortante horizontal de cada muro. Para ello, es necesario calcular la rigidez transversal y el esfuerzo cortante de traslación correspondiente de cada muro en cada dirección, realizar la corrección de torsión, considerar el cálculo del centro de gravedad, calcular la rigidez del centro de gravedad y calcular la efecto de torsión (calcular el aumento de fuerza debido al par) y fuerza de corte de diseño ( $V_{design} = V_{translation} + \Delta V_{torsion}$ ).

### **Diseño en albañilería confinada**

#### **Diseño estructural**

Una vez obtenidos los esfuerzos internos de los elementos estructurales, comenzamos a diseñar y determinar el acero y la geometría de la sección

transversal de cada elemento estructural, que se indicará en los planos y especificaciones técnicas.

### **Albañilería confinada**

Es un sistema constructivo en el que se superponen unidades de mampostería y se conectan mediante mortero para formar un muro. Se originó en los muros delimitados por elementos de hormigón armado en los cuatro lados del muro.

En Perú, el sistema es más adecuado para edificaciones formales e informales, según el código nacional de edificación, el sistema puede ser utilizado para edificaciones de no más de 5 pisos, y el número de usos en edificios informales excede el número de grados.

### **Componentes de la albañilería confinada**

- Consta de cuatro elementos: unidades de mampostería, mortero, acero y hormigón.
- Las unidades de mampostería construidas de acuerdo con el Código Nacional de Construcción E.070 "Mampostería" son ladrillos. Estas unidades pueden ser macizas, huecas, alveolares y tubulares, y pueden fabricarse de forma manual o industrial.

### **Unidad de albañilería sólida**

Son unidades que solo pueden tener agujeros en la superficie vertical de la superficie del asiento, y el área de los agujeros no puede ser mayor al 30% del área total de la superficie del asiento. Se utilizan para construir muros de carga.

**Tabla 4** Clases de ladrillos según la resistencia a la compresión

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

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

### **Unidad de albañilería hueca**

Este tipo de ladrillo, al igual que el ladrillo macizo, debe tener agujeros en la superficie vertical de la superficie del asiento. El área de los agujeros no puede ser mayor al 30% del área total de la superficie del asiento y el tamaño de los orificios son demasiado pequeños para poder rellenarlos con hormigón fluido. De acuerdo con las regulaciones nacionales de construcción, solo se pueden usar para muros de carga en la zona sísmica 1 y muros no portantes en las zonas 2, 3 y 4.

### **Unidad de albañilería tubular (pandereta)**

Los ladrillos con agujeros paralelos a la superficie del asiento a menudo se denominan panderetas. De acuerdo con la normativa nacional de construcción, se puede utilizar para construir muros no portantes en zonas sísmicas de magnitud 2, 3 y 4; aplicable a la zona sísmica 1, y se puede utilizar para muros de carga de edificios con dos pisos o menos.

### **Unidad de albañilería alveolar**

- Los orificios para ladrillos deben ser perpendiculares a la superficie del asiento y ocupar más del 30% del área total de la superficie del asiento. Los agujeros grandes se pueden rellenar con mampostería en líquido y, si se completan durante la construcción, se tratarán como una unidad sólida. Se utilizan para construir muros de carga y los compartimentos se llenan total o parcialmente

con hormigón fluido (lechada) para formar un muro reforzado. Sus propiedades son:

- Resistencia a la compresión axial, que determina la resistencia a la compresión axial ( $f'm$ ) de la mampostería, según la normativa nacional de edificación, este valor varía de 50 a 180 kg / cm<sup>2</sup>. De acuerdo con el código de construcción nacional E.070 estándar "Albañilería", se recomienda utilizar tres tipos de proporciones en el sitio.

**Tabla 5** Proporciones en volumen

TIPO	PROPORCIONES		USOS	MEDICIÓN PRÁCTICA
	CEMENTO	ARENA GRUESA (A.G.)		
P1	1	3 a 3.5	Muros portantes	1 bolsa de cemento / 1.0 buggy .AG.
P2	1	4 a 5	Muros portantes	1 bolsa de cemento / 1.5 buggies .AG.
NP	1	Hasta 6	Muros no portantes	1 bolsa de cemento / 2 buggies .AG.

1 bolsa cemento = 1 pie 3, 1 buggy al ras = 3 pie 3

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

Para el cálculo del volumen de mortero ( $m^3$ ) por  $m^2$  de muro de ladrillo se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$V_m = V_t - V_l ; V_l = C * V_1$$

Donde:

$V_m$  : volumen de mortero en ( $m^3$ ) por  $m^2$  de muro.

$V_t$  : volumen total del muro por  $m^2$ .

$V_l$  : volumen ocupado por la cantidad de ladrillos que entran en 1  $m^2$  de muro.

$V_1$  : volumen de un ladrillo.

$C$  : cantidad de ladrillos por  $m^2$  de muro.

El acero utilizado en la estructura de mampostería está limitado por varillas de acero corrugado (rectas, redondas, con protuberancias), que se pueden adherir adecuadamente al hormigón. En Perú se utilizan barras de acero para construcción grado 60, con un límite elástico de 4200 kg / cm<sup>2</sup>.

**Tabla 6 Características físicas de los aceros de refuerzo**

N.º	Diámetro	Sección nominal		Perímetro nominal		Peso nominal		Longitud barra	Límite de fluencia fy	Resistencia a la tracción
		mm	mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm	kg/m	Barra (kg)			
	pulg.	6	28	0.28	18.8	0.222	1.980	9	4200	6330
		8	50	0.50	25.1	0.395	3.555			
3	3/8"		71	0.71	17.2	0.560	5.040			
		12	113	1.13	21.3	0.888	7.992			
4	1/2"		129	1.29	26.9	0.994	8.946			
5	5/8"		199	2.00	33.7	1.552	13.968			
6	3/4"		284	2.84	42.4	2.235	20.115			
8	1"		510	5.10	48.3	3.973	35.757			
11	1 3/8"		1006	10.6	60.3	7.907	71.163			

Nota: 1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: Abanto Castillo (2017)

## Concreto

Es una mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, y su contenido es suficiente para cumplir con la resistencia necesaria.

El hormigón utilizado para sellar la estructura de mampostería es hormigón monolítico y hormigón armado. El hormigón ciclópeo es una mezcla de cemento, hormigón y piedra que se utiliza para construir cimientos y revestimientos. El hormigón armado en la estructura de mampostería cerrada se utiliza para los componentes cerrados, y se requiere que la resistencia a la compresión sea de al menos 175 kg / cm<sup>2</sup>. Para otros componentes no cerrados (como paneles livianos), el requisito mínimo es 210 kg / cm<sup>2</sup>.

## Albañilería frente a un sismo

Cuando ocurre un terremoto, la mampostería que soporta carga experimentará algunos daños, como fallas por cizallamiento, fallas por flexión y fallas en el asentamiento desigual de los cimientos.

### **Falla por corte**

Cuando una pared cerrada se somete a una fuerza horizontal, se desprenderá de las dos esquinas, y esto sucederá. Puede idealizarse como una carga diagonal concentrada, lo que provoca la deformación por cortante de la pared.

### **Falla por flexión**

Según su plan de desarrollo, existen dos tipos:

Cuando el muro no está restringido por el desplazamiento vertical, se producirá una falla por flexión en el plano del muro y se producirán grietas horizontales en la junta inferior del muro en el lado de la fuerza horizontal.

En este sentido, el fallo de flexión perpendicular al plano de la pared se debe a la pequeña inercia de la pared, incluso si la parte superior de la pared no está suficientemente apoyada. Cuando se somete a un terremoto, genera fuerzas de tracción y compresión que parecen ser verticales. Grietas para evitar la colocación de dichos elementos estructurales horizontales (por ejemplo, vigas).

### **Falla por asentamiento diferencial de la cimentación**

Esto sucede cuando la capacidad de carga del terreno es baja y no hay suficiente base de diseño, aparecen grietas verticales a lo largo de la altura de la pared.

### **Diseño de albañilería confinada**

Los procedimientos para el diseño correcto de mampostería presurizada se detallan en el Código Nacional de Construcción No. E.070 "Albañilería". Esta regulación tiene en cuenta el comportamiento elástico de los muros en terremotos moderados y el impacto de terremotos severos. El estándar tiene como objetivo cumplir dos objetivos:

En cada dirección (X, Y) del análisis arquitectónico, la suma de la resistencia proporcionada por el muro de carga es al menos igual a la suma del cortante de la cimentación.

Los elementos de contención deben ser capaces de soportar las cargas provocadas por las fisuras diagonales del muro.

El diseño de mampostería constreñida se divide en 5 etapas: verificación de la densidad mínima del muro en ambas direcciones del edificio, diseño de carga vertical, análisis elástico ante sismos moderados, cálculo y diseño de la resistencia al cortante del muro.

### **Verificación de la densidad mínima de muros**

Esta etapa puede evitar fallas por resistencia insuficiente a la carga lateral, y debe verificarse en dos direcciones (X, Y) para asegurar que exista un número mínimo de muros para satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

L : longitud total del muro incluyendo columnas (L > 1,20 m).

t : espesor efectivo.

A<sub>p</sub> : área de la planta típica del edificio.

Z : zona sísmica.

U : factor de uso.

S : factor de suelo.

N : número de niveles del edificio.

Cuando la ecuación no se satisface, puede optar por aumentar el espesor (t) de uno o más muros de mampostería o reemplazar uno o más muros con muros de hormigón armado (losas).

Reemplace el muro de mampostería con concreto reforzado. Al verificar la fórmula anterior, el espesor debe convertirse de acuerdo con la relación del módulo de elasticidad, utilizando la siguiente fórmula.

$$n = \frac{E_c}{E_m} ; E_c = 1500\sqrt{f'_c} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} ; E_m = 500f'_m \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$f'_m$ : resistencia a compresión axial de la albañilería.

$E_c$ : módulo de elasticidad del concreto.

$f'_c$ : resistencia a la compresión axial del concreto.

### Diseño por carga vertical

El diseño de carga vertical debe cumplir con tres pasos:

Para evaluar la carga axial causada por la gravedad que actúa sobre cada pared, la fuerza axial que actúa sobre cada pared debe ser menor o igual a 0,15 ( $f'_m$ ).

$$\sigma_a = \frac{P_g}{L * t}$$

Determinar el esfuerzo admisible por carga vertical, en donde  $t \geq h/20$  (para zonas sísmicas 2, 3, 4), y  $t \geq 25$  (para la zona sísmica 1).

$$\sigma_m = 0.20 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]; \sigma_m \leq 0.15 f'_m$$

$h$  : altura del muro

Comparar el esfuerzo actuante con el admisible, si  $\sigma_a < \sigma_m$ , la sección de muro es adecuada, y si  $\sigma_a > \sigma_m$ , la sección de muro no es suficiente, entonces se debe aumentar de espesor o la resistencia a la compresión.

### Análisis elástico ante sismo moderado

Se considera que los terremotos moderados producen la mitad de la fuerza sísmica que causa los terremotos severos. Cualquier método especificado en el Código Nacional de Edificación Estándar E.030 "Diseño Sísmico" se puede utilizar para el análisis sísmico.

Luego de determinar la fuerza interna generada por un sismo moderado, se debe verificar que la fuerza cortante de cada muro no exceda el 55% de la fuerza cortante de fisuración diagonal, por lo que la pared es elástica.



## Cálculo de la resistencia al corte de los muros

Esta evaluación se realiza al agrietamiento diagonal de muros confinados construidos con ladrillos de arcilla, con la fórmula siguiente:

$$V_m = 0.5v'_m * \alpha * t * L + 0.23P_g$$

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1$$

En donde los valores de  $M_e$  y  $V_e$ , son fuerzas internas obtenidas en el análisis sísmico moderado. Y el valor de  $V_m$  se calcula en cada muro de la edificación.

## Controles para diseño sismo severo

Utilice el valor  $V_m$  calculado para comprobar la resistencia general del edificio y obtener la suma de cada dirección (X, Y). La suma debe ser mayor que la fuerza cortante ( $V_e$ ) del terremoto mayor para que sea suficiente para definir el muro. Si no cumple con los requisitos, se debe reemplazar el muro de hormigón armado, o se debe aumentar el grosor del muro de mampostería o se debe mejorar la calidad de la mampostería. Si  $\sum V_m > 3 * V_e$ , la estructura desempeñará un papel elástico y la mampostería podrá apoyarse lateralmente con un mínimo de barras de acero.

Calcule el factor de aumento y verifique si hay grietas diagonales en la pared horizontal sobre el primer piso. Suponiendo que el edificio ha resistido un fuerte terremoto y la pared del primer piso está afectada por grietas oblicuas, se verifica la siguiente fórmula:

$$2 \leq \left( \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \right) \leq 3$$

Calcule la fuerza interna dentro del rango del primer piso, porque el primer piso de cada edificio es el piso que soporta la mayor carga y generalmente falla debido al cizallamiento. Por lo tanto, el código de construcción nacional en la norma E.070 "Albañilería" utiliza la siguiente fórmula para determinar la resistencia interna de esta columna de nivel de restricción.

**Tabla 7** Fórmulas para determinar las fuerzas internas en las columnas de confinamiento del primer nivel

Columna	$V_e$ (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} * L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{m1} \left(\frac{h}{L}\right) - P_c$	$P_c - V_{m1} \left(\frac{h}{2L}\right)$
Externa	$1.5 \frac{V_{m1} * L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Fuente: Abanto Castillo (2017)

Donde:

$M$  :  $M_{u1} - \frac{1}{2} * V_{m1} * h$  (h: altura del primer piso).

$F$  :  $M/L$ , carga axial en las columnas producidas por el momento flector.

$N_c$  : número de columnas de confinamiento en el muro de análisis (en muros de un paño se considera este valor como 2).

$L_m$  : longitud de paño mayor o 0,5 L, se toma el mayor valor, para muros de un paño considerar  $L_m = L$ .

$V_{n1}$  : cortante de agrietamiento diagonal en el primer nivel.

$L$  : longitud total del muro, que incluye a las columnas de confinamiento.

$P_c$  : carga vertical tributaria en cada columna que incluye la carga transversal que proviene de los muros.

$M_{u1}$  : momento flector ante sismo severo.

### Diseño de los confinamientos del primer nivel

Determine la sección de hormigón (diseño de compresión por fricción), refuerzo vertical y estribos cerrados (se pueden utilizar estribos cerrados con ganchos de 135 ° o estribos de 3/4 de vuelta o correas de 180 °).

$$A_n = A_s + \frac{\frac{C}{\phi} - A_s f_y}{0.85 * f'_c * \delta}$$

Donde:

$\Phi$  : 0.70 ó 0.75, según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

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

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

Diseño por corte - fricción, determinación de la sección transversal de la columna de confinamiento,  $\Phi = 0.85$ .

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.20 * f'_c * \delta} \geq A_c \geq 15t \text{ (cm}^2\text{)}$$

Para el refuerzo vertical se utilizan las siguientes fórmulas:

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y * u * \delta}$$

$$A_{st} = \frac{T}{f_y * \delta}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq 0.1 \frac{f'_c * A_c}{f_y} \text{ (Área mínima } 4 \phi 8 \text{ mm)}$$

Donde:

$\Phi$  : 0.85 (coeficiente de reducción de resistencia).

u : Coeficiente de fricción (u = 0.8 para juntas sin tratamiento y u = 1.0 para juntas intencionalmente rugosas).

Fórmula para el cálculo de estribos de confinamiento:

$$s_1 = \frac{A_v * f_y}{0.3t_n * f'_c * \left(\frac{A_c}{A_n} - 1\right)}$$

$$s_1 = \frac{A_v * f_y}{0.12t_n * f'_c}$$

$$s_1 = \frac{d}{4} \geq 45 \text{ cm}$$

$$s_1 = 10 \text{ cm}$$

Donde:

d : peralte de la columna.

t<sub>n</sub> : espesor del núcleo confinado.

$A_v$  : suma de las ramas paralelas del estribo.

Se colocará como mínimo estribos de diámetro ¼": 1 @ 5, 4 @ 10, rto. @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera – columna y estribos cada 10 cm en el sobrecimiento.

Las vigas soleras se diseñan a tracción para soportar una fuerza  $T_s$ , en donde el área de la sección transversal de la viga solera tiene que ser suficiente para contener el refuerzo longitudinal, también se puede emplear vigas chatas cuyo peralte sea igual al espesor de la losa de techo, colocar estribos mínimos:  $\phi$  ¼": 1 @ 5, 4 @ 10, rto. @ 25 cm.

$$T_s = V_{m1} * \left( \frac{L_m}{2L} \right)$$

$$A_s = \left( \frac{T_s}{\phi * f_y} \right) \geq 0.1 \frac{f'_c * A_{cs}}{f_y} \text{ (Mínimo } 4 \phi 8 \text{ mm)}$$

Como **definición de términos**, tenemos:

**Albañilería o Mampostería.** Materiales estructurales constituidos por "unidades de mampostería" colocadas con mortero o "unidades de mampostería" apiladas, en este caso se combinan con hormigón líquido. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Albañilería Armada.** La estructura interna de mampostería reforzada, en la que las barras de acero se distribuyen vertical y horizontalmente, se combina con hormigón líquido para permitir que diferentes componentes trabajen juntos para resistir esta tensión. Muro de mampostería reforzada (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Albañilería Confinada.** El entorno de la mampostería está reforzado con elementos de hormigón armado, y la parte trasera de la mampostería está vacía. La cimentación de hormigón se considerará como la restricción horizontal del primer muro. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Albañilería No Reforzada.** Mampostería no reforzada (mampostería ordinaria) o mampostería reforzada que no cumple con los requisitos mínimos de esta norma. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Rebar o mampostería cerrada que cumpla con los requisitos de esta norma. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Altura Efectiva.** La distancia libre vertical que existe entre los elementos de soporte horizontales. Para paredes sin soporte en la parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Arriostre.** Los elementos armados (horizontales o verticales) o muros transversales pueden realizar las funciones de estabilidad y resistencia de los muros portantes y no portantes, y soportan cargas perpendiculares a sus planos. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Borde Libre.** El extremo horizontal o vertical sin apoyo de la pared (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Concreto Líquido o Grout.** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Columna.** Los elementos de hormigón armado están diseñados y construidos para transferir cargas horizontales y verticales a los cimientos. La columna se puede utilizar como soporte o al mismo tiempo. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Confinamiento.** Conjunto de elementos horizontales y verticales de hormigón armado cuya función es dotar de ductilidad al muro de carga (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 8).

**Construcciones de Albañilería.** Un edificio cuya estructura es principalmente muros de mampostería de carga. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Espesor Efectivo.** Es equivalente a un espesor de pared sin patrones u otros recubrimientos, sin profundidad de lijado u otras profundidades equivalentes. Para muros de mampostería reforzada parcialmente llenos de hormigón líquido, el espesor efectivo es igual al área de la sección transversal neta dividida por la longitud del muro. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Muro Arriostrado.** Muro con elementos de soporte (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9)

**Muro de Arriostre.** Los muros de carga a lo largo del muro brindan estabilidad y resistencia lateral (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Muro No Portante.** El muro diseñado y construido solo puede soportar la carga de su propio peso y carga lateral al avión. Por ejemplo, son barandillas y vallas. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Muro Portante.** La pared está diseñada y construida de tal manera que puede transferir cargas horizontales y verticales desde el primer piso a un piso inferior o cimentación. Estos muros forman la estructura del edificio de mampostería y deben tener continuidad vertical. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Mortero.** Materiales para la adhesión horizontal y vertical a unidades de mampostería. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Placa.** Muro de carga de hormigón armado, diseñado según los requisitos de la norma técnica de edificación E.060 (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Tabique.** Muros de carga verticales no portantes, utilizados para subdividir habitaciones o como vallas perimetrales (Comisión NTE 0.70, 2006, p. 9). Dado que no tiene función estructural, debe estar separado del tecknopor de ½ pulgada o elementos estructurales similares.

**Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, hormigón o sílice-cal. Puede ser macizo, hueco, alveolar o tubular. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Unidad de Albañilería Alveolar.** Para unidades de mampostería sólida o hueca, la rejilla o el panal es lo suficientemente grande para acomodar el refuerzo vertical. Estas unidades se utilizan para reforzar la estructura de la pared. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 9).

**Unidad de Albañilería Apilable:** Es una unidad de mampostería alveolar sin mortero (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 10).

**Unidad de Albañilería Hueca.** En cualquier plano paralelo a la superficie del asiento, el área equivalente de la sección transversal es menos del 70% del área total del mismo plano. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 10).

**Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).** Unidades de mampostería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie del asiento sea igual o superior al 70% del área total del mismo plano. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 10).

**Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de mampostería, el orificio es paralelo a la superficie del asiento (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 10).

**Viga Solera.** Las vigas de hormigón armado se colocan en la pared de mampostería para proporcionar soporte y sujeción. (Comité NTE 0.70, 2006, pág. 10).

### **Albañilería confinada**

Este es el nombre del muro, es una combinación de ladrillo y mortero, el muro está reforzado con elementos de hormigón armado como vigas y bolardos. Para la primera capa, sus restricciones de nivel básico serán la base.

### **Carga de servicio**

Son aquellas cargas que no se ven afectadas por el factor de amplificación. Y debe cumplir con la norma de carga E.0.20 del "Código Nacional de Edificación". Suelen utilizarse para obtener preanotaciones de diferentes elementos, etc.

### **Carga factorizada**

Son cargas afectadas por el factor de amplificación y son adecuadas para el diseño de resistencias. Estas precauciones se pueden encontrar en la "Norma de hormigón armado E.0.60", que forma parte del "Código Nacional de Construcción". El diseño de diferentes componentes de hormigón se completa bajo esta carga.

### **Concreto armado**

Este es el nombre de la combinación de barras de hormigón y acero, que suelen ser corrugadas.

## **Columna**

Se utilizan principalmente para absorber fuerzas axiales y de flexión. La relación entre la altura y la dimensión horizontal mínima es superior a 3.

## **Losa**

Son elementos estructurales con un espesor relativamente delgado, también llamados entrepiso o techo.

## **Muro de corte o placa**

Se considera un elemento estructural sustancialmente vertical diseñado para resistir la acción combinada de flexión y fuerzas axiales.

## **Viga**

Se considera un elemento estructural generalmente horizontal diseñado para resistir una combinación de esfuerzo de flexión y esfuerzo cortante.



### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **Tipo de investigación**

Este proyecto de investigación pertenece al tipo de investigación aplicada. A partir de la formulación de la hipótesis y la explicación de la matriz de consistencia, se utilizan diferentes métodos de auscultación para el objeto de investigación, que se refieren al fortalecimiento estructural y expansión de nivel de los soportes teóricos que constituyen el marco teórico.

Además, el proyecto de investigación actual relacionado con el nivel de investigación corresponde al nivel descrito y sección transversal relacionada; es decir, se describen sistemáticamente la variable independiente correspondiente al refuerzo sísmico y la variable dependiente correspondiente a la expansión horizontal; debido a que la correlación entre Se establecerán las dos variables. Finalmente, el corte transversal se refiere al hecho de que la información relevante será analizada en un período específico (es decir, 2020).

##### **Diseño de investigación**

En cuanto al diseño de este proyecto de investigación, es no experimental, transversal y relevante. Debido a la primera característica, las variables no se pueden manipular. Debido a la segunda característica, la información generada se utilizará dentro de un cierto período de tiempo. Y a través de la última característica, determinará la relación significativa entre el refuerzo sísmico y la expansión horizontal.

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

Como variables del proyecto de investigación tenemos:

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

- Diseño en albañilería confinada.

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

- Vivienda multifamiliar.

## Objeto de estudio:

- Vivienda de cuatro niveles.

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

**Tabla 8** Operacionalización de variables

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala de medición
<i>Variable Independiente</i> : Diseño en albañilería confinada	En el diseño de las estructuras de albañilería confinada se busca obtener las dimensiones, longitudes adecuadas; además, de la cantidad de refuerzo longitudinal y transversal cada uno los elementos estructurales que lo conforman como por ejemplo vigas, columnas, losas, placas, cimentación, etc. Garantizando la seguridad estructural y una estructura económica Abanto (2017)	Se medirá a través de softwares computacionales para poder extraer la información necesaria para el diseño de albañilería confinada de la estructura. Asimismo se realizará el análisis sísmico, respetando las consideraciones del reglamento nacional de edificaciones.	Predimensionamiento de elementos estructurales	Espesor (m)	De razón
				Peralte (m)	
			Análisis sísmico	Derivas de entrepiso	
				Desplazamiento lateral (cm)	
			Diseño de vigas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	
			Diseño de columnas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	
			Diseño de losas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo de temperatura (cm <sup>2</sup> )	
Diseño de cimentación	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )				
	Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )				
<i>Variable dependiente</i> : Vivienda multifamiliar	Es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común (Juan de Dios 2020)	Se respetarán los parámetros urbanísticos del distrito de Miraflores. Así como también las sugerencias de la Norma de Edificaciones del Perú.	Construcción horizontal	Área de terreno (m <sup>2</sup> )	De razón
			Construcción vertical	Altura de la edificación (m)	

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Todas las viviendas multifamiliares de albañilería de la Av. Arequipa del distrito de Lince.

#### Muestra

Vivienda multifamiliar de cuatro niveles en la Av. Arequipa 2544 del distrito de Lince.

## Muestreo

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

**Tabla 9** Matriz de consistencia del proyecto de investigación de investigación

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>		Predimensionamiento de elementos estructurales	Espesor (m) Peralte (m)		
¿Por qué es necesario un adecuado en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince?	Diseñar el sistema estructural de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.		Análisis sísmico	Derivas de entrepiso Desplazamiento lateral (cm)		
<b>Problemas específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>		Diseño de vigas	Aceros de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Aceros de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )		
¿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- Lince?	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- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo al determinar la densidad de muro y esfuerzo axial en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño en albañilería confinada	Diseño de columnas	Aceros de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Aceros de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	Fichas técnicas	Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo  Población: Todas las viviendas multifamiliares de albañilería del la Av. Arequipa del distrito de Lince  Muestra: Vivienda multifamiliar de cuatro niveles en la Av. Arequipa 2544 del distrito de Lince  Técnica: Observación  Instrumentos: Fichas técnicas
¿Cómo se diseñan los elementos de refuerzo, losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince?	Diseñar los elementos de refuerzo losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo al diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.		Diseño de losas	Aceros de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Aceros de refuerzo de temperatura (cm <sup>2</sup> )		
				Diseño de cimentación	Aceros de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Aceros de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )		
			VARIABLE DEPENDIENTE: Vivienda multifamiliar	Construcción horizontal	Área de terreno (m <sup>2</sup> )		
				Construcción vertical	Altura de la edificación (m)		

Fuente: Elaboración propia

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

Este trabajo de investigación se basará en observaciones, realizadas de manera minuciosa y registrada, para que pueda ser analizado con el objetivo de la investigación en el futuro, y el instrumento de recolección de datos se medirá a través de la libreta en sitio, cámara. y USB. Además, se realizarán entrevistas estructuradas con usuarios habituales y se utilizarán formularios gratuitos como herramienta de recopilación de datos.

### 3.5. Procedimientos

- El procedimiento es:
- Recibir planos de construcción e investigación de suelos.

- La estructura considera el sistema de porche, y considera el sistema de mampostería de las casas multifamiliares de acuerdo con la construcción del proyecto.
- De acuerdo con la construcción del proyecto, considerar el sistema de pórtico y el sistema de mampostería de las casas multifamiliares al mismo tiempo, predeterminar, medir la carga aplicada y realizar análisis sísmicos.
- Considerar los elementos estructurales del sistema de porche de acuerdo con el diseño arquitectónico del proyecto, así como el sistema de mampostería de las casas multifamiliares.
- Exportar los resultados del software Etabs 2018 a los formatos de Excel.

### **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**

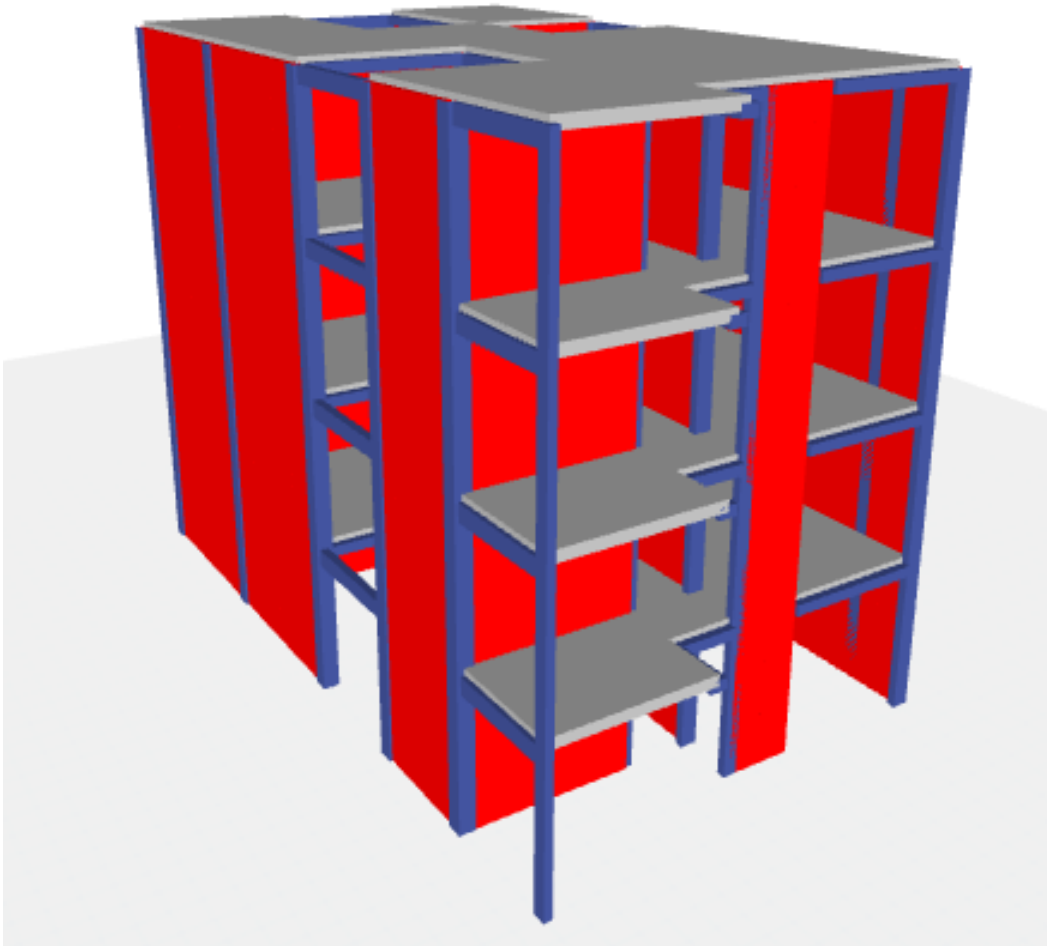
Se tendrá en cuenta lo que indica la Oficina de Investigación Lima (UCV, 2016), menciona que: “El investigador debe tener el compromiso de exponer los resultados con veracidad, respecto por la propiedad intelectual, responsabilidad y ética” (p.12). Por tal motivo, se ha tenido un control exhaustivo de calidad en cada uno de los procesos para la elaboración de este trabajo de investigación y así evitar algún tipo de copia.

#### IV. RESULTADOS

##### Diseño del proyecto.

El proyecto corresponde a una vivienda multifamiliar de 4 niveles en el distrito de Lince, cuyo sistema estructural es de albañilería confinada, compuesta de unidades de albañilería de del tipo King Kong de arcilla.

**Figura 23** Modelamiento en el programa Etabs 2019

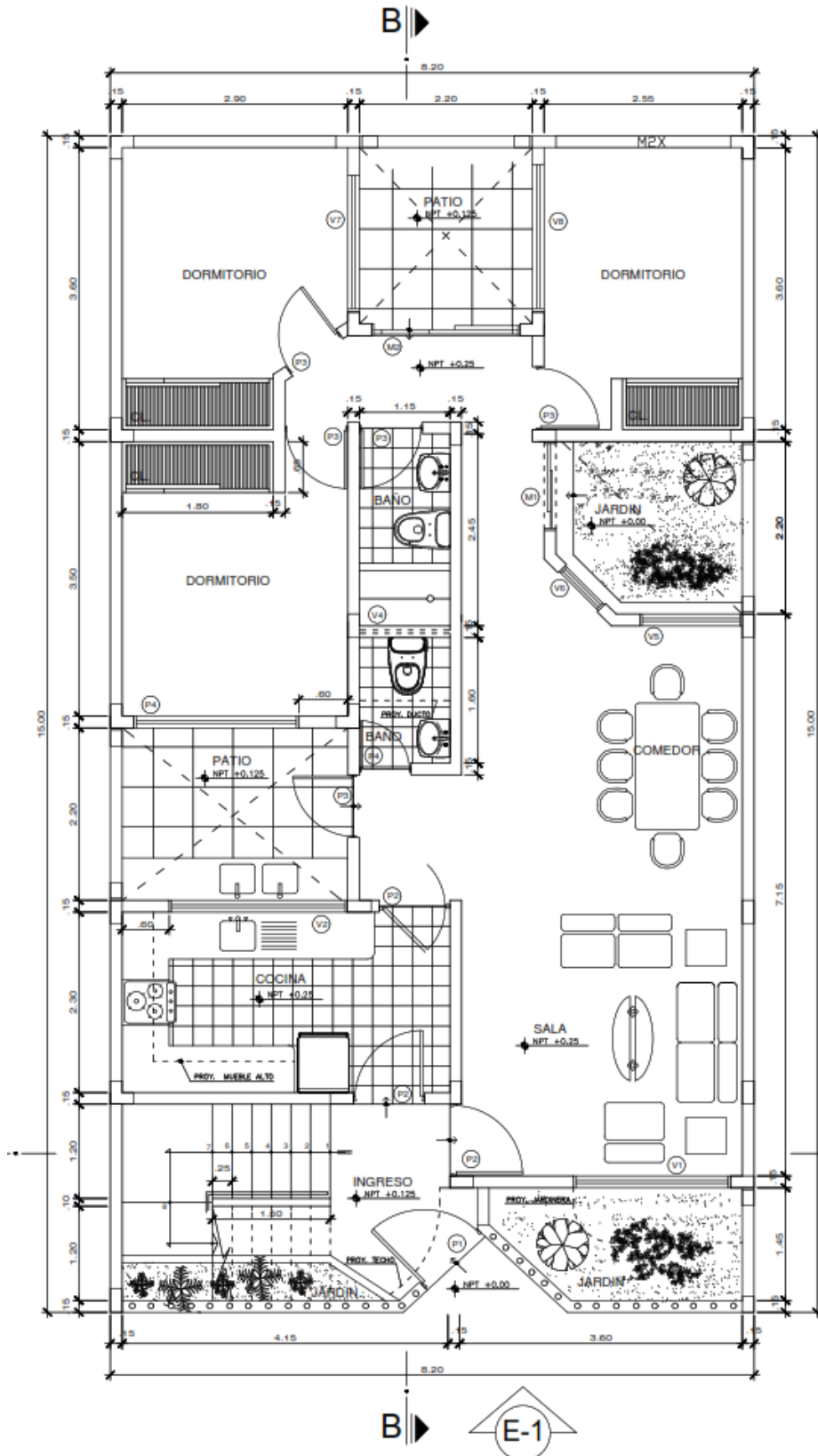


Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrará las distribuciones de este:

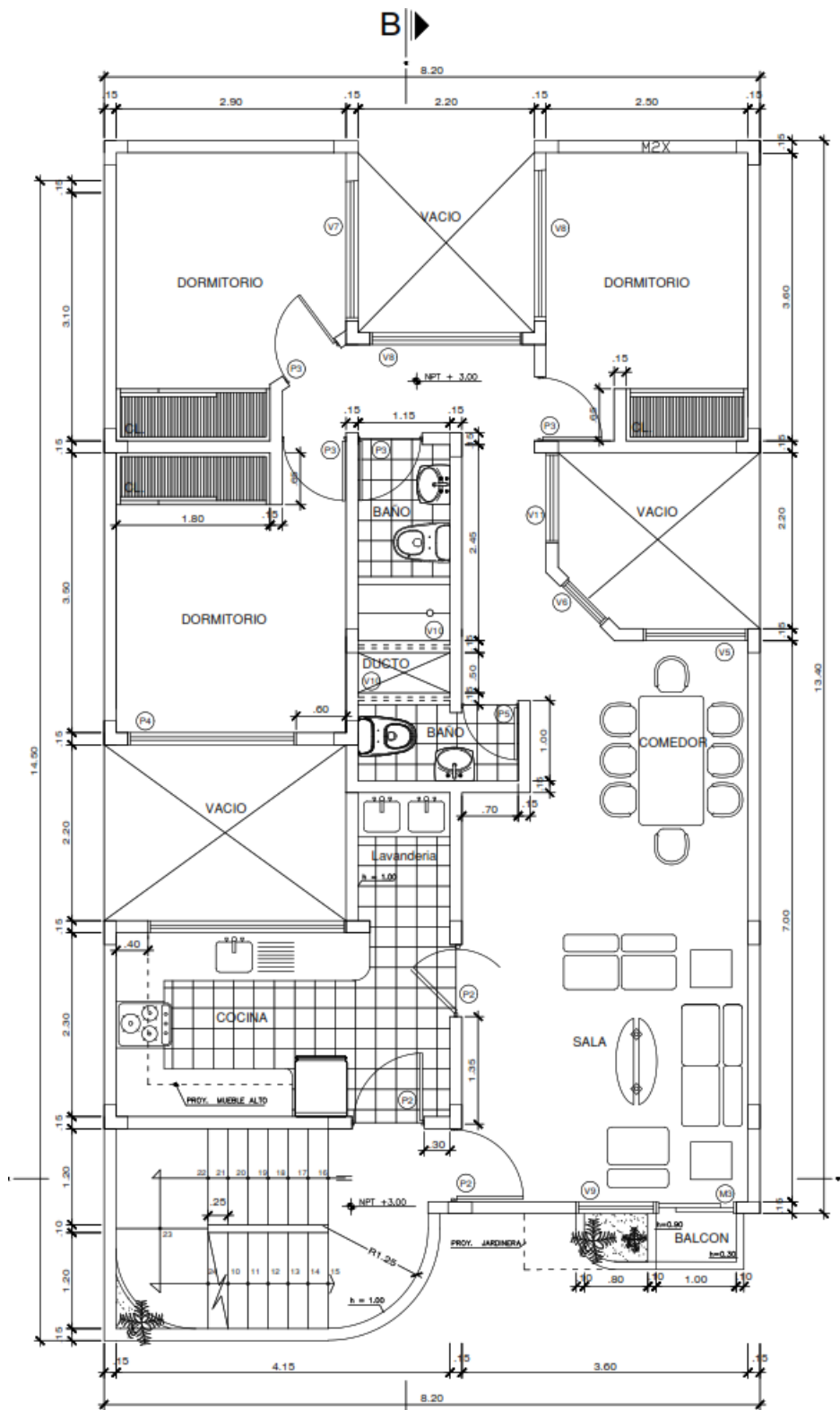
- Tiene un área total de 123 m<sup>2</sup>.
- Área techada del 1° al 4° nivel es de 86.10 m<sup>2</sup> (por nivel).

**Figura 24** Distribución de los muros portantes del 1° nivel



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25** Distribución de los muros portantes del 2° al 4° nivel



Fuente: Elaboración propia

De las Figuras 24 y 25. Se muestran la longitud y el número de los muros de carga de cada nivel, lo cual es muy importante para evaluar la densidad del muro. Las características generales del proyecto de edificación se muestran en la Figura 26:



**Figura 26 Características del edificio**

A) Características geométricas:		Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	
Distancia de la edificación en x por piso:	$L_x =$	8.20	8.20	8.20	8.20	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:	$b =$	0.30	m	$h =$	0.2	m $A =$ 0.06
Alfeizar y parapetos en la azotea:	$h =$	0.90	m			
Losa maciza:	$t =$	0.00	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 fl            0	$f_y =$	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	Vivienda			
Factor de tipo de suelo:	$S =$	1	Suelo rígido			
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:	$T_s =$	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	$q_{terreno} =$	6	kgf/cm <sup>2</sup>	=	60	ton/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

- A continuación, se muestra el proceso de diseño de la estructura de mampostería a presión según la norma técnica E.070. Este proceso tiene

en cuenta el comportamiento elástico del muro de mampostería frente a los terremotos moderados más frecuentes y el efecto de cizallamiento cuando ocurren terremotos severos. La situación de destrucción. Esto preparará la estructura.

- El método previsto en la norma técnica E.070 persigue dos objetivos básicos:
- En cada una de las direcciones "X-X" e "Y-Y" del análisis del edificio, la resistencia total ( $\Sigma V_m$ ) proporcionada por el muro de carga es la más pequeña en la cizalladura (V).
- Los elementos de contención deben poder soportar la carga generada por las fisuras diagonales ( $V_m$ ) del muro.
- El proceso de diseño incluye cinco etapas:
- Verifique la densidad mínima de la pared del edificio en las direcciones "X-X" e "Y-Y".
- Diseñado para carga vertical.
- Realizar análisis de elasticidad en caso de terremoto moderado.
- Calcule la resistencia al corte ( $V_m$ ) del muro.
- Fuerte diseño sísmico.

### **Verificación de la densidad mínima de muros en ambas direcciones "X-X" y "Y-Y" del edificio.**

Para la estructuración se tuvo en cuenta la siguiente información:

- **Muros**

La estructura está compuesta en sus 2 direcciones principalmente por muros confinados.

#### **Escalera**

Será de concreto armado con una garganta de 15 cm.

- **Alféizares**

Los alféizares de ventanas serán aislados de la estructura principal.

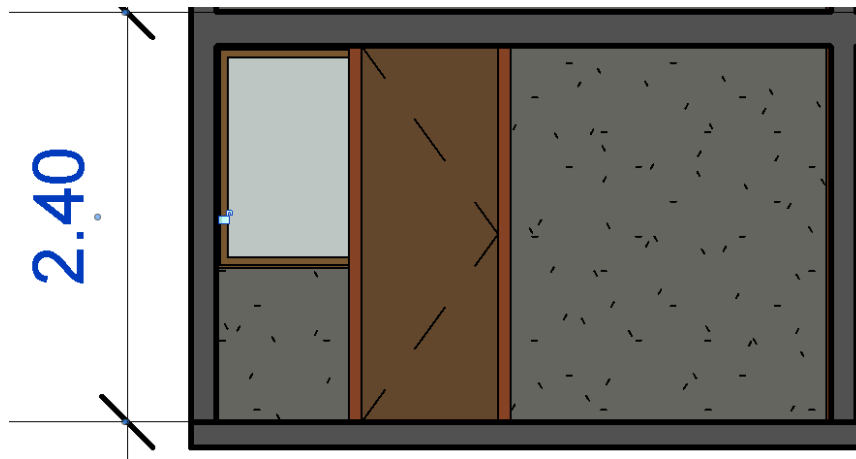
Para los predimensionamientos de los elementos estructurales se ha considerado los siguientes:

- Espesor efectivo del muro:

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

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

**Figura 27** Altura para calcular el espesor efectivo del muro



Fuente: Elaboración Propia

- Densidad mínima de muros reforzados y verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad.

Además, la Figura 28 a continuación muestra las áreas tributarias donde cada muro trabajará en dos direcciones de acuerdo con las Tablas 10 y 11, lo que nos permite verificar el esfuerzo axial debido a la carga gravitacional. Análisis bidireccional (X e Y).

Por ejemplo, el muro X2 del primer muro corresponde a un área tributaria de 2.85 m<sup>2</sup>, que corresponde según la **Tabla 10**. El muro Y2 del primer muro corresponde a un área tributaria de 3.95 m<sup>2</sup>, que corresponde a la figura rosa según la **Tabla 11**. Por analogía, estas áreas se calculan utilizando el software Autocad 2021.



**Tabla 10 Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad en “X-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	3.20	3.63	8.76	1.84	5.52	3.63	19.75	47.47	(Cumple)
2	X2	2.85	3.02	7.80	1.64	4.59	3.02	17.05	46.02	(Cumple)
3	X3	2.23	6.05	6.10	1.28	9.20	6.05	22.63	78.07	(Cumple)
4	X4	2.83	3.65	7.74	1.63	5.55	3.65	18.57	50.48	(Cumple)
5	X5	1.58	0.64	4.32	0.91	0.97	0.64	6.85	33.33	(Cumple)
6	X6	1.45	1.40	3.97	0.84	2.13	1.40	8.33	44.19	(Cumple)
7	PL1X	3.10	1.40	8.48	1.79	2.13	1.40	13.80	34.23	(Cumple)
<b>Piso 2, 3 y 4</b>										
1	X1	3.20	3.63	8.76	1.84	5.52	3.63	19.75	47.47	(Cumple)
2	X2	2.85	3.02	7.80	1.64	4.59	3.02	17.05	46.02	(Cumple)
3	X3	2.23	6.05	6.10	1.28	9.20	6.05	22.63	78.07	(Cumple)
4	X4	2.83	3.65	7.74	1.63	5.55	3.65	18.57	50.48	(Cumple)
5	X5	1.58	0.64	4.32	0.91	0.97	0.64	6.85	33.33	(Cumple)
6	X6	1.45	1.40	3.97	0.84	2.13	1.40	8.33	44.19	(Cumple)
7	PL1X	3.1	1.4	8.4816	1.7856	2.128	1.4	13.80	34.23	(Cumple)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11 Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad en “Y-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	3.40	2.50	9.30	1.96	3.80	2.50	17.56	39.73	(Cumple)
2	Y2	3.95	4.25	10.81	2.28	6.46	4.25	23.79	46.33	(Cumple)
3	Y3	2.60	2.56	7.11	1.50	3.89	2.56	15.06	44.56	(Cumple)
4	Y4	3.90	3.45	10.67	2.25	5.24	3.45	21.61	42.62	(Cumple)
5	Y5	3.80	4.40	10.40	2.19	6.69	4.40	23.67	47.92	(Cumple)
6	Y6	3.51	4.05	9.60	2.02	6.16	4.05	21.83	47.84	(Cumple)
7	Y7	3.90	3.45	10.67	2.25	5.24	3.45	21.61	42.62	(Cumple)
8	Y8	1.30	3.45	3.56	0.75	5.24	3.45	13.00	76.92	(Cumple)
9	Y9	4.50	11.67	6.70	2.59	17.74	11.67	38.70	66.15	(Cumple)
10	Y10	2.60	11.45	7.11	1.50	17.40	11.45	37.47	110.84	(Cumple)
<b>Piso 2, 3 y 4</b>										
1	Y1	3.40	2.50	9.30	1.96	3.80	2.50	17.56	39.73	(Cumple)
2	Y2	3.95	4.25	10.81	2.28	6.46	4.25	23.79	46.33	(Cumple)
3	Y3	2.60	2.56	7.11	1.50	3.89	2.56	15.06	44.56	(Cumple)
4	Y4	3.90	3.45	10.67	2.25	5.24	3.45	21.61	42.62	(Cumple)
5	Y5	3.80	4.40	10.40	2.19	6.69	4.40	23.67	47.92	(Cumple)
6	Y6	3.51	4.05	9.60	2.02	6.16	4.05	21.83	47.84	(Cumple)
7	Y7	3.90	3.45	10.67	2.25	5.24	3.45	21.61	42.62	(Cumple)
8	Y8	1.30	3.45	3.56	0.75	5.24	3.45	13.00	76.92	(Cumple)
9	Y9	4.50	11.67	12.31	2.59	17.74	11.67	44.31	75.75	(Cumple)
10	Y10	2.60	11.45	7.11	1.50	17.40	11.45	37.47	110.84	(Cumple)

Fuente: Elaboración propia

De las Tablas 10 y 11 se aprecia que todos los muros cumplen el requisito:  $\sigma_m = P_m/t < 0,15f'_m=165 \text{ t/m}^2$ , lo cual implica que no es necesario cambiar el espesor de ningún muro en ambos sentidos y niveles.

**Figura 29 Densidad mínima de muros reforzados en cada dirección**

**Densidad mínima de muros reforzados en cada dirección:  $(\Sigma Lt)/A_p \geq ZUSN/56$**

Factor de zona:	Z =	0.45	Lima	ZUSN/56 =	0.0321	
Factor de uso para edificaciones:	U =	1	Vivienda			
Factor de tipo de suelo:	S =	1	Grava			
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> =	123	m <sup>2</sup>			
Longitud de muro confinado en X-X:	L <sub>X-X</sub> =	14.14	m (soga)	( $\Sigma Lt$ ) <sub>X-X</sub> /A <sub>p</sub> =	0.0349	(Sí cumple con la densidad mínima en X-X)
	L <sub>X-X</sub> =	3.10	m (placa)			
Longitud de muro confinado en Y-Y:	L <sub>Y-Y</sub> =	33.46	m (soga)	( $\Sigma Lt$ ) <sub>Y-Y</sub> /A <sub>p</sub> =	0.0354	(Sí cumple con la densidad mínima en Y-Y)
	L <sub>Y-Y</sub> =	0.00	m (cabeza)			

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 29 se verificó que todos los muros, satisficieron la densidad de muros siendo el valor  $0.0349 > 0.0321$  en “X-X” y  $0.0354 > 0.0321$  “Y-Y”; razón por la cual dichos muros serán placas de concreto armado de espesor  $t=0.15 \text{ m}$ .

**Metrado de cargas.**

De las Tablas 12 y 13 se calcularon el peso que reciben los muros en ambas direcciones. Además, se consideró la combinación de cargas muertas (PD) más vivas (PL) para efectos gravitacionales y la combinación de cargas muertas (PD) más el 25% de cargas vivas (PL) para efectos sísmicos.

**Tabla 12 Resumen de cargas gravitacionales por nivel (ton) en dirección "X-X"**

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	3.20	3.63	0.91	0.56	1.38	0.00	2.85	0.24	0.91	0.00	1.15	4.00	3.14
2	X2	2.85	3.02	0.81	0.50	1.15	0.00	2.46	0.21	0.76	0.00	0.97	3.42	2.70
3	X3	2.23	6.05	0.64	0.64	2.30	0.00	3.57	0.28	1.51	0.00	1.79	5.36	4.02
4	X4	2.83	3.65	0.81	0.49	1.39	0.00	2.69	0.21	0.91	0.00	1.12	3.81	2.97
5	X5	1.58	0.64	0.51	0.27	0.24	0.00	1.03	0.12	0.16	0.00	0.28	1.31	1.10
6	X6	1.45	1.40	0.41	0.41	0.53	0.00	1.35	0.18	0.35	0.00	0.53	1.88	1.49
7	PL1X	3.10	1.40	0.88	1.23	0.53	0.00	2.64	0.53	0.35	0.00	0.88	3.52	2.86
8														
9														
10														
<b>Piso 2</b>														
1	X1	3.20	3.63	0.91	0.56	1.38	0.00	2.85	0.24	0.91	0.00	1.15	4.00	3.14
2	X2	2.85	3.02	0.81	0.50	1.15	0.00	2.46	0.21	0.76	0.00	0.97	3.42	2.70
3	X3	2.23	6.05	0.64	0.64	2.30	0.00	3.57	0.28	1.51	0.00	1.79	5.36	4.02
4	X4	2.83	3.65	0.81	0.49	1.39	0.00	2.69	0.21	0.91	0.00	1.12	3.81	2.97
5	X5	1.58	0.64	0.51	0.27	0.24	0.00	1.03	0.12	0.16	0.00	0.28	1.31	1.10
6	X6	1.45	1.40	0.41	0.41	0.53	0.00	1.35	0.18	0.35	0.00	0.53	1.88	1.49
7	PL1X	3.10	1.40	0.88	1.23	0.53	0.00	2.64	0.53	0.35	0.00	0.88	3.52	2.86
8														
9														
10														
<b>Piso 3</b>														
1	X1	3.20	3.63	0.91	0.56	1.38	0.00	2.85	0.24	0.91	0.00	1.15	4.00	3.14
2	X2	2.85	3.02	0.81	0.50	1.15	0.00	2.46	0.21	0.76	0.00	0.97	3.42	2.70
3	X3	2.23	6.05	0.64	0.64	2.30	0.00	3.57	0.28	1.51	0.00	1.79	5.36	4.02
4	X4	2.83	3.65	0.81	0.49	1.39	0.00	2.69	0.21	0.91	0.00	1.12	3.81	2.97
5	X5	1.58	0.64	0.51	0.27	0.24	0.00	1.03	0.12	0.16	0.00	0.28	1.31	1.10
6	X6	1.45	1.40	0.41	0.41	0.53	0.00	1.35	0.18	0.35	0.00	0.53	1.88	1.49
7	PL1X	3.10	1.40	0.88	1.23	0.53	0.00	2.64	0.53	0.35	0.00	0.88	3.52	2.86
8														
9														
10														
<b>Piso 4</b>														
1	X1	3.20	3.63	0.91	0.56	1.38	0.00	2.85	0.24	0.91	0.00	1.15	4.00	3.14
2	X2	2.85	3.02	0.81	0.50	1.15	0.00	2.46	0.21	0.76	0.00	0.97	3.42	2.70
3	X3	2.23	6.05	0.64	0.64	2.30	0.00	3.57	0.28	1.51	0.00	1.79	5.36	4.02
4	X4	2.83	3.65	0.81	0.49	1.39	0.00	2.69	0.21	0.91	0.00	1.12	3.81	2.97
5	X5	1.58	0.64	0.51	0.27	0.24	0.00	1.03	0.12	0.16	0.00	0.28	1.31	1.10
6	X6	1.45	1.40	0.41	0.41	0.53	0.00	1.35	0.18	0.35	0.00	0.53	1.88	1.49
7	PL1X	3.10	1.40	0.88	1.23	0.53	0.00	2.64	0.53	0.35	0.00	0.88	3.52	2.86

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13** Resumen de cargas gravitacionales por nivel (ton) en dirección “Y-Y”

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	Y1	3.40	2.50	0.97	0.59	0.95	0.00	2.51	0.26	0.63	0.00	0.88	3.39	2.73
2	Y2	3.95	4.25	1.13	0.90	1.62	2.01	5.65	0.39	1.06	0.43	1.88	7.53	6.12
3	Y3	2.60	2.56	0.74	0.86	0.97	0.00	2.58	0.37	0.64	0.00	1.01	3.59	2.83
4	Y4	3.90	3.45	1.11	0.86	1.31	0.00	3.28	0.37	0.86	0.00	1.23	4.52	3.59
5	Y5	3.80	4.40	1.08	0.66	1.67	0.00	3.42	0.29	1.10	0.00	1.39	4.80	3.76
6	Y6	3.51	4.05	1.00	0.77	1.54	0.00	3.31	0.33	1.01	0.04	1.38	4.69	3.65
7	Y7	3.90	3.45	1.11	0.81	1.31	0.00	3.23	0.35	0.86	0.04	1.25	4.48	3.54
8	Y8	1.30	3.45	0.37	0.23	1.31	0.00	1.91	0.10	0.86	0.00	0.96	2.87	2.15
9	Y9	4.50	11.67	1.28	0.94	4.43	0.00	6.66	0.41	2.92	0.00	3.32	9.98	7.49
10	Y10	2.60	11.45	0.74	1.66	4.35	0.00	6.75	0.72	2.86	0.00	3.58	10.33	7.65
11														
12														
13														
14														
15														
16														
<b>Piso 2</b>														
1	Y1	3.40	2.50	0.97	0.59	0.95	0.00	2.51	0.26	0.63	0.00	0.88	3.39	2.73
2	Y2	3.95	4.25	1.13	0.90	1.62	2.01	5.65	0.39	1.06	0.43	1.88	7.53	6.12
3	Y3	2.60	2.56	0.74	0.86	0.97	0.00	2.58	0.37	0.64	0.00	1.01	3.59	2.83
4	Y4	3.90	3.45	1.11	0.86	1.31	0.00	3.28	0.37	0.86	0.00	1.23	4.52	3.59
5	Y5	3.80	4.40	1.08	0.66	1.67	0.00	3.42	0.29	1.10	0.00	1.39	4.80	3.76
6	Y6	3.51	4.05	1.00	0.77	1.54	0.00	3.31	0.33	1.01	0.04	1.38	4.69	3.65
7	Y7	3.90	3.45	1.11	0.81	1.31	0.00	3.23	0.35	0.86	0.04	1.25	4.48	3.54
8	Y8	1.30	3.45	0.37	0.23	1.31	0.00	1.91	0.10	0.86	0.00	0.96	2.87	2.15
9	Y9	4.50	11.67	1.28	0.94	4.43	0.00	6.66	0.41	2.92	0.00	3.32	9.98	7.49
10	Y10	2.60	11.45	0.74	1.66	4.35	0.00	6.75	0.72	2.86	0.00	3.58	10.33	7.65
11														
12														
13														
14														
15														
16														
<b>Piso 3</b>														
1	Y1	3.40	2.50	0.97	0.59	0.95	0.00	2.51	0.26	0.63	0.00	0.88	3.39	2.73
2	Y2	3.95	4.25	1.13	0.90	1.62	2.01	5.65	0.39	1.06	0.43	1.88	7.53	6.12
3	Y3	2.60	2.56	0.74	0.86	0.97	0.00	2.58	0.37	0.64	0.00	1.01	3.59	2.83
4	Y4	3.90	3.45	1.11	0.86	1.31	0.00	3.28	0.37	0.86	0.00	1.23	4.52	3.59
5	Y5	3.80	4.40	1.08	0.66	1.67	0.00	3.42	0.29	1.10	0.00	1.39	4.80	3.76
6	Y6	3.51	4.05	1.00	0.77	1.54	0.00	3.31	0.33	1.01	0.04	1.38	4.69	3.65
7	Y7	3.90	3.45	1.11	0.81	1.31	0.00	3.23	0.35	0.86	0.04	1.25	4.48	3.54
8	Y8	1.30	3.45	0.37	0.23	1.31	0.00	1.91	0.10	0.86	0.00	0.96	2.87	2.15
9	Y9	4.50	11.67	1.28	0.94	4.43	0.00	6.66	0.41	2.92	0.00	3.32	9.98	7.49
10	Y10	2.60	11.45	0.74	1.66	4.35	0.00	6.75	0.72	2.86	0.00	3.58	10.33	7.65
11														
12														
13														
14														
15														
16														
<b>Piso 4</b>														
1	Y1	3.40	2.50	0.97	0.59	0.95	0.00	2.51	0.26	0.63	0.00	0.88	3.39	2.73
2	Y2	3.95	4.25	1.13	0.90	1.62	2.01	5.65	0.39	1.06	0.43	1.88	7.53	6.12
3	Y3	2.60	2.56	0.74	0.86	0.97	0.00	2.58	0.37	0.64	0.00	1.01	3.59	2.83
4	Y4	3.90	3.45	1.11	0.86	1.31	0.00	3.28	0.37	0.86	0.00	1.23	4.52	3.59
5	Y5	3.80	4.40	1.08	0.66	1.67	0.00	3.42	0.29	1.10	0.00	1.39	4.80	3.76
6	Y6	3.51	4.05	1.00	0.77	1.54	0.00	3.31	0.33	1.01	0.04	1.38	4.69	3.65
7	Y7	3.90	3.45	1.11	0.81	1.31	0.00	3.23	0.35	0.86	0.04	1.25	4.48	3.54
8	Y8	1.30	3.45	0.37	0.23	1.31	0.00	1.91	0.10	0.86	0.00	0.96	2.87	2.15
9	Y9	4.50	11.67	1.28	0.94	4.43	0.00	6.66	0.41	2.92	0.00	3.32	9.98	7.49
10	Y10	2.60	11.45	0.74	1.66	4.35	0.00	6.75	0.72	2.86	0.00	3.58	10.33	7.65

Fuente: Elaboración propia

**Análisis elástico ante sismo moderado.**

Se presentarán diferentes tablas previas para poder obtener la información necesaria para realizar el análisis elástico ante sismo moderado.



Para los valores de los centros de masas calculadas en las Tablas 14 de cada nivel se usó la siguiente fórmula:

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

**Tabla 14** Centro de masas de los muros del 1° al 4° nivel

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
P <sub>i</sub> (ton)	3.14	2.70	4.02	2.97	1.10	1.49	2.86	2.73	6.12	2.83	3.59	3.76	3.65	3.54	2.15	7.49	7.65
x <sub>i</sub> (m)	1.69	4.65	2.45	1.23	4.60	5.05	5.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.38	3.13	1.78	2.23	3.28
y <sub>i</sub> (m)	14.93	14.93	11.68	6.23	6.23	11.68	9.48	1.35	4.42	7.85	10.55	13.28	13.83	10.25	10.58	7.30	7.30
ΣP <sub>i</sub> =	61.79	ΣP <sub>i</sub> ·x <sub>i</sub> =	128.84	ΣP <sub>i</sub> ·y <sub>i</sub> =	564.73	x =	2.09	y =	9.14	m							

Fuente: Elaboración propia

Para los valores de los centros de rigideces calculados en las Tablas 15 de cada nivel se usó la siguiente fórmula:

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

**Tabla 15** Centro de rigidez de los muros del 1° al 4° nivel

Piso del 1ero al 4to																	
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
L <sub>i</sub> (m)	3.20	2.85	2.23	2.83	1.58	1.45	3.10	3.40	3.95	2.60	3.90	3.80	3.51	3.90	1.30	4.50	2.60
K <sub>ix</sub> (ton/m)	18,158.73	14,547.30	8,703.58	14,346.31	3,849.02	3,094.77	17,110.54	74.14	86.13	56.69	85.04	82.86	76.53	85.04	28.35	98.12	56.69
K <sub>iy</sub> (ton/m)	69.77	62.14	48.62	61.71	34.45	31.62	67.59	20,286.41	26,286.65	12,087.22	25,734.85	24,634.24	21,471.52	25,734.85	3,328.43	32,399.64	12,087.22
x <sub>i</sub> (m)	1.69	4.65	2.45	1.23	4.60	5.05	5.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.38	3.13	1.78	2.23	3.28
y <sub>i</sub> (m)	14.93	14.93	11.68	6.23	6.23	11.68	9.48	1.35	4.42	7.85	10.55	13.28	13.83	10.25	10.58	7.30	7.30

Fuente: Elaboración propia

Para los valores de los momentos polares de inercia de los muros y del piso calculados en las Tablas 16 de cada nivel se usó la siguiente fórmula:

$$J_{muro i} = K_{ix} \cdot y_i^2 + K_{iy} \cdot x_i^2 \quad J_{piso i} = \sum (K_{ix} \cdot y_i^2) + \sum (K_{iy} \cdot x_i^2)$$

**Tabla 16** Momento polar de inercia de los muros y del piso 1°

Piso 1ero al 4to																	
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
K <sub>ix</sub> (ton/m)	18,158.73	14,547.30	8,703.58	14,346.31	3,849.02	3,094.77	17,110.54	74.14	86.13	56.69	85.04	82.86	76.53	85.04	28.35	98.12	56.69
K <sub>iy</sub> (ton/m)	69.77	62.14	48.62	61.71	34.45	31.62	67.59	20,286.41	26,286.65	12,087.22	25,734.85	24,634.24	21,471.52	25,734.85	3,328.43	32,399.64	12,087.22
x' <sub>i</sub> = x <sub>i</sub> - x <sub>CM</sub>	0.32	3.28	1.08	-0.14	3.23	3.68	3.68	-1.29	-1.29	-1.29	-1.29	-1.29	2.01	1.76	0.41	0.86	1.91
y' <sub>i</sub> = y <sub>i</sub> - y <sub>CM</sub>	3.65	3.65	0.41	-5.04	-5.04	0.41	-1.79	-9.92	-6.85	-3.42	-0.72	2.01	2.56	-1.02	-0.69	-3.97	-3.97
J <sub>i</sub> (ton.m)	242,414.52	194,865.79	1,510.41	364,611.89	98,182.23	945.14	55,820.54	41,294.72	48,095.92	20,920.22	43,172.54	41,618.13	87,286.58	79,845.32	405.81	25,535.09	45,010.06
J <sub>piso1</sub> =	1.39E+06	ton.m <sup>2</sup>															

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del peso total de la edificación Tablas 17 , de cada muro mostradas en las Tablas 19, se tuvieron en cuenta los pesos de los siguientes

elementos estructurales: Muros, vigas soleras, columnas, parapetos, alfeizares, escaleras, ventanas.

**Tabla 17** Peso total de la edificación

Piso 1ero al 4to																			
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	PL-1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	
P <sub>i</sub> (ton)	4.00	3.42	5.36	3.81	1.31	1.88	3.52	0.00	3.39	7.53	3.59	4.52	4.80	4.69	4.48	2.87	9.98	10.33	
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>j</sub>	79.49	ton																	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 18** Peso de cada nivel de la edificación

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
P <sub>11</sub> (ton)	4.00	3.42	5.36	3.81	1.31	1.88	3.52	3.39	7.53	3.59	4.52	4.80	4.69	4.48	2.87	9.98	10.33
P <sub>12</sub> (ton)	4.00	3.42	5.36	3.81	1.31	1.88	3.52	3.39	7.53	3.59	4.52	4.80	4.69	4.48	2.87	9.98	10.33
P <sub>13</sub> (ton)	4.00	3.42	5.36	3.81	1.31	1.88	3.52	3.39	7.53	3.59	4.52	4.80	4.69	4.48	2.87	9.98	10.33
P <sub>14</sub> (ton)	4.00	3.42	5.36	3.81	1.31	1.88	3.52	3.39	7.53	3.59	4.52	4.80	4.69	4.48	2.87	9.98	10.33
ΣP <sub>i</sub> (ton)	15.98	13.70	21.45	15.24	5.24	7.52	14.08	13.56	30.13	14.35	18.07	19.20	18.76	17.93	11.47	39.92	41.33

**Fuente:** Elaboración propia

Para el cálculo del esfuerzo cortante básico en la Figura 30, se consideran las siguientes expresiones:

$$V = (ZUCS/R) \times P$$

**Figura 30** Parámetros para el cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal

Altura total de la edificación:	h =	9.60	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 =	0.16	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 =	1.00	SUELO RIGIDO
Factor de reducción sísmico:	R =	3.00	Albañilería
Peso total de la edificación:	P =	238.46	ton
Fuerza cortante basal:	V =	89.42	ton (sismo moderado)
Fuerza cortante basal:	V <sub>e</sub> = 2V =	178.85	ton (sismo severo)

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 19 calcula la fuerza de inercia de cada capa y la fuerza de corte de cada capa, teniendo en cuenta:

$$\alpha_i = P_i \cdot h_i / \sum P_i \cdot h_i$$

**Tabla 19** Cálculo de las fuerzas inerciales  $F_i$  y de las fuerzas cortantes por cada piso

Piso	$P_i$ (ton)	$h_i$ (m)	$P_i \cdot h_i$	$\alpha_i$	$F_i$ (ton)	$V_i$ (ton)	%	$V_{ei}$ (ton)
4.00	79.49	9.60	763.08	0.40	35.77	35.77	0.40	71.54
3.00	79.49	7.20	572.31	0.30	26.83	62.60	0.70	125.19
2.00	79.49	4.80	381.54	0.20	17.88	80.48	0.90	160.96
1.00	79.49	2.40	190.77	0.10	8.94	89.42	1.00	178.85
$\Sigma =$	317.95	-----	1,907.70	1.00	89.42	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de la resistencia al corte de los muros ( $V_m$ ).

Con el fin de obtener la información necesaria para el cálculo de la resistencia al cortante del muro ( $V_m$ ), se proporcionará una tabla anterior diferente. En la **Tabla 20**, la siguiente fórmula se aplica al cizallamiento traslacional en la dirección "X-X":

$$V_{\text{tras},i} = V_i \times (K_{ix} / \sum K_{ix})$$

Y las cortantes de piso siguientes son:

**Figura 31** las cortantes de piso

Piso	$V_i$ (ton)
4.00	35.77
3.00	62.60
2.00	80.48
1.00	89.42

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20** Cortante de traslación en la dirección X-X

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
K <sub>ix</sub> (ton/m)	18,158.73	14,547.30	8,703.58	14,346.31	3,849.02	3,094.77	#####	74.14	86.13	56.69	85.04	82.86	76.53	85.04	28.35	98.12	56.69
V <sub>tras.i</sub> (ton)	20.16	16.15	9.66	15.93	4.27	3.44	19.00	0.08	0.10	0.06	0.09	0.09	0.08	0.09	0.03	0.11	0.06
% absorc.	0.23	0.18	0.11	0.18	0.05	0.04	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣK <sub>ix</sub> =	80,539.83	ton/m	ΣV <sub>tras.i</sub> =	89.42	ton												

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 21 se aplica la fórmula siguiente para la cortante de traslación en la dirección “Y-Y”:

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

Y las cortantes de piso siguientes son:

V1 =	89.42	ton
V2 =	80.48	ton
V3 =	62.60	ton
V4 =	35.77	ton

**Tabla 21** Cortante de traslación en la dirección Y-Y

Piso 1																	
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
K <sub>iy</sub> (ton/m)	69.77	62.14	48.62	61.71	34.45	31.62	67.59	20,286.41	26,286.65	12,087.22	25,734.85	24,634.24	21,471.52	25,734.85	2,328.43	32,399.64	#####
V <sub>tras.i</sub> (ton)	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	8.92	11.56	5.31	11.31	10.83	9.44	11.31	1.02	14.24	5.31
% absorc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.13	0.06	0.13	0.12	0.11	0.13	0.01	0.16	0.06
ΣK <sub>iy</sub> =	203,426.93	ton/m	ΣV <sub>tras.i</sub> =	89.42	ton												

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 22** Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 1

Piso 1		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 1)	89.42	ton
$V_y$ (piso 1)	89.42	ton
$X_{C.M.}$	2.09	m
$Y_{C.M.}$	9.14	m
$X_{C.R.}$	1.37	m
$Y_{C.R.}$	11.27	m
$d_x$	8.20	m
$d_y$	15.00	m
$J_1$	1,391,534.92	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_1$	79.49	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.16	seg.
$T_y$	0.16	seg.
$e_x$	0.72	m
$e_y$	-2.13	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.41	m
$M_{tx1}$	227.25	ton.m
$M_{tx2}$	153.92	ton.m
$M_{ty1}$	131.07	ton.m
$M_{ty2}$	-3.07	ton.m

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 23** Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 2

Piso 2		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 2)	80.48	ton
$V_y$ (piso 2)	80.48	ton
$X_{C.M.}$	2.09	m
$Y_{C.M.}$	9.14	m
$X_{C.R.}$	2.05	m
$Y_{C.R.}$	9.36	m
$d_x$	8.20	m
$d_y$	15.00	m
$J_2$	5,315,027.34	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_2$	79.49	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.16	seg.
$T_y$	0.16	seg.
$e_x$	0.03	m
$e_y$	-0.22	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.41	m
$M_{tx1}$	51.03	ton.m
$M_{tx2}$	-14.97	ton.m
$M_{ty1}$	62.90	ton.m
$M_{ty2}$	-57.82	ton.m

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 24** Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 3

Piso 3		
Descripción	Valores	Unidades
$V_x$ (piso 3)	62.60	ton
$V_y$ (piso 3)	62.60	ton
$X_{C.M.}$	2.09	m
$Y_{C.M.}$	9.14	m
$X_{C.R.}$	2.05	m
$Y_{C.R.}$	9.36	m
$d_x$	8.20	m
$d_y$	15.00	m
$J_3$	5,315,027.34	ton.m <sup>2</sup>
Peso $P_3$	79.49	ton
$C_x$	2.50	---
$C_y$	2.50	---
$T_x$	0.16	seg.
$T_y$	0.16	seg.
$e_x$	0.03	m
$e_y$	-0.22	m
$e_{acc.x}$	0.75	m
$e_{acc.y}$	0.41	m
$M_{tx1}$	39.69	ton.m
$M_{tx2}$	-11.64	ton.m
$M_{ty1}$	48.92	ton.m
$M_{ty2}$	-44.97	ton.m

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 25** Cálculo del momento torsor y de las excentricidades del piso 4

Piso4		
Descripción	Valores	Unidades
V <sub>x</sub> (piso 4)	35.77	ton
V <sub>y</sub> (piso 4)	35.77	ton
X <sub>C.M.</sub>	2.09	m
Y <sub>C.M.</sub>	9.14	m
X <sub>C.R.</sub>	2.05	m
Y <sub>C.R.</sub>	9.36	m
d <sub>x</sub>	8.20	m
d <sub>y</sub>	15.00	m
J <sub>3</sub>	5,315,027.34	ton.m <sup>2</sup>
Peso P <sub>3</sub>	79.49	ton
C <sub>x</sub>	2.50	---
C <sub>y</sub>	2.50	---
T <sub>x</sub>	0.16	seg.
T <sub>y</sub>	0.16	seg.
e <sub>x</sub>	0.03	m
e <sub>y</sub>	-0.22	m
e <sub>acc.x</sub>	0.75	m
e <sub>acc.y</sub>	0.41	m
M <sub>tx1</sub>	22.68	ton.m
M <sub>tx2</sub>	-6.65	ton.m
M <sub>ty1</sub>	27.96	ton.m
M <sub>ty2</sub>	-25.70	ton.m

**Fuente:** Elaboración propia

En las Tablas 23, 24 y 25 el cálculo de los momentos torsores de piso mediante las siguientes fórmulas:

$$M_{t1x} = V_{nx} (|e_y| + e_{acc.y}) \quad M_{t2x} = V_{nx} (|e_y| - e_{acc.y})$$

$$M_{t1y} = V_{ny} (|e_x| + e_{acc.x}) \quad M_{t2y} = V_{ny} (|e_x| - e_{acc.x})$$



De la Tabla 26 para el cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “X-X” en el 1° piso se usaron las siguientes expresiones:

$$\Delta V_{1x} = M_{t1x} \times (K_{ix} / E_m) \times y' / J_{\text{piso1}} \quad \Delta V_{2x} = M_{t2x} \times (K_{ix} / E_m) \times y' / J_{\text{piso1}}$$

Siendo los resultados obtenidos los siguientes valores:

$$M_{t1x \text{ piso1}} = 227.25 \text{ ton.m} \quad M_{t2x \text{ piso1}} = 153.92 \text{ ton.m} \quad J_1 = 1,391,534.92$$

**Tabla 26** Cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “X-X” en el 1° piso.

Piso 1							
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
$K_{ix}$ (ton/m)	18,158.73	14,547.30	8,703.58	14,346.31	3,849.02	3,094.77	17,110.54
$y'_i$	3.65	3.65	0.41	-5.04	-5.04	0.41	-1.79
$\Delta V_{1ix}$ (ton)	10.83	8.68	0.58	-11.81	-3.17	0.21	-5.01
$\Delta V_{2ix}$ (ton)	7.34	5.88	0.39	-8.00	-2.15	0.14	-3.39

**Fuente:** Elaboración propia

De la Tabla 28 para el cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “Y-Y” en el 1° piso se usaron las siguientes expresiones:

$$\Delta V_{1y} = M_{t1y} \times (K_{iy} / E_m) \times x' / J_{\text{piso1}} \quad \Delta V_{2y} = M_{t2y} \times (K_{iy} / E_m) \times x' / J_{\text{piso1}}$$

Siendo los resultados obtenidos los siguientes valores:

$$M_{t1y \text{ piso1}} = 227.25 \text{ ton.m} \quad M_{t2y \text{ piso1}} = 153.92 \text{ ton.m} \quad J_1 = 1,391,534.92 \text{ ton.m}^2$$

**Tabla 27** Cálculo de los incrementos de las fuerzas cortantes por torsión en dirección “Y-Y” en el 1° piso.

Piso 1										
Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
$K_{ix}$ (ton/m)	74.14	86.13	56.69	85.04	82.86	76.53	85.04	28.35	98.12	56.69
$y'_i$	-9.92	-6.85	-3.42	-0.72	2.01	2.56	-1.02	-0.69	-3.97	-3.97
$\Delta V_{1ix}$ (ton)	-0.12	-0.10	-0.03	-0.01	0.03	0.03	-0.01	0.00	-0.06	-0.04
$\Delta V_{2ix}$ (ton)	-0.08	-0.07	-0.02	-0.01	0.02	0.02	-0.01	0.00	-0.04	-0.02

**Fuente:** Elaboración propia

De la Tabla 28 para el cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “X-X” del 1° nivel se usaron las siguientes expresiones:

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

**Tabla 28** Cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “X-X” del 1° nivel

Piso 1							
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
$V_{\text{tras.}}$	20.16	16.15	9.66	15.93	4.27	3.44	19.00
$\Delta V_{1ix}$	10.83	8.68	0.58	-11.81	-3.17	0.21	-5.01
$\Delta V_{2ix}$	7.34	5.88	0.39	-8.00	-2.15	0.14	-3.39
$\Delta V_{xi}$ (asumdo)	10.83	8.68	0.58	0.00	0.00	0.21	0.00
$V_{xi}$ (diseño)	31.00	24.83	10.24	15.93	4.27	3.64	19.00

**Fuente:** Elaboración propia

De la Tabla 29 para el cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “Y-Y” del 1° nivel se usaron las siguientes expresiones:

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

**Tabla 29** Cálculo de las fuerzas cortantes de diseño por muro en la dirección “Y-Y” del 1° nivel

Piso 1									
Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
$V_{\text{tras.}}$	8.92	11.56	5.31	11.31	10.83	9.44	11.31	1.02	14.24
$\Delta V_{1ix}$	-2.47	-3.21	-1.47	-3.14	-3.00	4.07	4.27	0.09	2.63
$\Delta V_{2ix}$	0.06	0.08	0.03	0.07	0.07	-0.10	-0.10	0.00	-0.06
$\Delta V_{xi}$ (asumdo)	0.06	0.08	0.03	0.07	0.07	4.07	4.27	0.09	2.63
$V_{xi}$ (diseño)	8.98	11.63	5.35	11.39	10.90	13.50	15.58	1.11	16.87

**Fuente:** Elaboración propia

### Diseño por sismo severo

La siguiente tabla muestra las fuerzas internas de cada pared utilizada en estos diseños.

**Tabla 30** Tabla de diseño de muro por sismo severo en la dirección “X-X” en el 1° piso

MURO	$V'_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	t (m)	L (m)	$V_e$ (kgf)	h (m)	$M_e$ (kgf)	$\alpha$	$\alpha_{\min}$	$\alpha_{\text{asumido}}$	$P_g$ (kgf)	$V_m$ (kgf)	$0.55V_m$	$V_{m1}/V_{e1}$ (calculado)	$V_{m1}/V_{e1}$ (mínimo)	$V_{m1}/V_{e1}$ (máximo)	$V_{m1}/V_{e1}$ (asumido)	$V_u$ (kgf)	$M_u$ (kgf.m)
X1	9.20	0.13	3.20	30,996.59	9.60	21,825.57	4.54	0.33	4.54	13,698.00	90,116.54	49,564.10	2.91	2.00	3.00	2.91	90,116.54	63,453.58
X2	9.20	0.13	2.85	24,831.95	9.60	7,844.11	9.02	0.33	9.02	3,995.70	154,684.17	85,076.29	6.23	2.00	3.00	3.00	74,495.84	23,532.33
X3	9.20	0.13	2.23	10,244.48	9.60	4,890.25	4.67	0.33	4.67	21,453.48	67,231.74	36,977.45	6.56	2.00	3.00	3.00	30,733.44	14,670.74
X4	9.20	0.13	2.83	15,928.73	9.60	7,844.11	5.75	0.33	5.75	15,242.88	100,760.74	55,418.41	6.33	2.00	3.00	3.00	47,786.18	23,532.33
X5	9.20	0.13	1.58	4,273.58	9.60	7,704.91	0.88	0.33	0.88	5,238.48	9,485.02	5,216.76	2.22	2.00	3.00	2.22	9,485.02	17,100.72
X6	9.20	0.13	1.45	3,642.67	9.60	6,155.63	0.86	0.33	0.86	7,521.60	9,170.16	5,043.59	2.52	2.00	3.00	2.52	9,170.16	15,496.37
X7	9.20	0.13	3.10	18,997.84	9.60	38,155.63	1.54	0.33	1.54	14,083.80	31,852.73	17,519.00	1.68	2.00	3.00	2.00	37,995.69	76,311.26

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31** Tabla de diseño de muro por sismo severo en la dirección “Y-Y” en el 1° piso

MURO	$V'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	t (m)	L (m)	$V_e$ (kg)	h (m)	$M_e$ (kgf)	$\alpha$	$\alpha_{\min}$	$\alpha_{\text{asumido}}$	$P_g$ (kg)	$V_m$ (kg)	$0.55V_m$	$V_{m1}/V_{e1}$ (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	3.40	8,975.50	9.60	18,336.79	1.66	0.33	1.66	13,562.40	36,956.56	20,326.11	4.12	2.00	3.00	3.00	26,926.51	55,010.36
Y2	9.20	0.13	3.95	11,630.24	9.60	19,431.36	2.36	0.33	2.36	30,132.28	62,774.98	34,526.24	5.40	2.00	3.00	3.00	34,890.72	58,294.09
Y3	9.20	0.13	2.60	5,347.86	9.60	13,401.10	1.04	0.33	1.04	14,345.40	19,431.41	10,687.27	3.63	2.00	3.00	3.00	16,043.58	40,203.30
Y4	9.20	0.13	3.90	11,386.10	9.60	11,906.67	3.73	0.33	3.73	18,070.20	91,135.33	50,124.43	8.00	2.00	3.00	3.00	34,158.31	35,720.00
Y5	9.20	0.13	3.80	10,899.15	9.60	19,748.80	2.10	0.33	2.10	19,204.80	52,073.41	28,640.37	4.78	2.00	3.00	3.00	32,697.46	59,246.41
Y6	9.20	0.13	3.51	13,504.45	9.60	17,421.29	2.72	0.33	2.72	18,762.43	61,425.33	33,783.93	4.55	2.00	3.00	3.00	40,513.34	52,263.86
Y7	9.20	0.13	3.90	15,579.87	9.60	18,866.27	3.22	0.33	3.22	17,934.07	79,236.62	43,580.14	5.09	2.00	3.00	3.00	46,739.61	56,598.82
Y8	9.20	0.13	1.30	1,113.56	9.60	9,866.27	0.15	0.33	0.33	11,470.80	3,778.92	2,078.41	3.39	2.00	3.00	3.00	3,340.68	29,598.82
Y9	9.20	0.13	4.50	16,868.21	9.60	20,441.06	3.71	0.33	3.71	39,916.80	109,109.94	60,010.47	6.47	2.00	3.00	3.00	50,604.63	61,323.17
Y10	9.20	0.13	2.60	7,488.37	9.60	9,866.27	1.97	0.33	1.97	41,329.80	40,187.74	22,103.26	5.37	2.00	3.00	3.00	22,465.12	29,598.82

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 30 y 31 nos brindan la información necesaria para comprender las fuerzas internas últimas (fuerza cortante, momento flector y carga axial) correspondientes a cada muro a diseñar en la siguiente sección.

### Diseño de columnas y de vigas soleras

#### i. Diseño de las columnas correspondientes a los muros de albañilería del piso 1 (todas de un solo paño: $N_c = 2$ y $L_m = L$ )

Para el diseño de un cilindro, las fuerzas de tracción y compresión en el extremo de la pared que soporta la presión (cilindros respectivamente) deben obtenerse mediante las siguientes expresiones:

**Tabla 32** Determinación de la expresión de la fuerza interna de la columna de la pared del primer piso.

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: (Comité de la Norma E.070, 2006)

**Tabla 33** Cálculo de fuerzas internas en los muros y en las columnas en la dirección X

MURO	X1	X2	X3	X4	X5	X6
I. Fuerzas internas en los muros y en las columnas						
$P_g$ (kgf)	13,698.00	3,995.70	21,453.48	15,242.88	5,238.48	7,521.60
$V_m$ (kgf)	90,116.54	154,684.17	67,231.74	100,760.74	9,485.02	9,170.16
$M_u$ (kgf.m)	63,453.58	23,532.33	14,670.74	23,532.33	17,100.72	15,496.37
$L$ (m)	3.20	2.85	2.23	2.83	1.58	1.45
$L_m$ (m)	3.20	2.85	2.23	2.83	1.58	1.45
$N_c$	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
$M$ (kgf.m)	-44,686.27	-162,088.67	-66,007.35	-97,380.55	5,718.70	4,492.17
$F$ (kgf)	-13,964.46	-56,873.22	-29,599.71	-34,410.09	3,619.43	3,098.05
$P_c$ (kgf)	6,849.00	1,997.85	10,726.74	7,621.44	2,619.24	3,760.80
$V_m \cdot h/L$	67,587.41	130,260.35	72,357.02	85,450.80	14,407.62	15,178.20
$V_m \cdot L_m/L$	90,116.54	154,684.17	67,231.74	100,760.74	9,485.02	9,170.16
$T_{tracción}$	0.00	0.00	0.00	0.00	1,000.19	0.00
$C_{compresión}$	-7,115.46	-54,875.37	-18,872.97	-26,788.65	6,238.67	6,858.85
$V_c$ (kgf)	45,058.27	77,342.08	33,615.87	50,380.37	4,742.51	4,585.08

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34** Cálculo de fuerzas internas en los muros y en las columnas en la dirección Y

MURO	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
<b>I. Fuerzas internas en los muros y en las columnas</b>										
$P_e$ (kgf)	13,562.40	30,132.28	14,345.40	18,070.20	19,204.80	18,762.43	17,934.07	11,470.80	39,916.80	41,329.80
$V_m$ (kgf)	36,956.56	62,774.98	19,431.41	91,135.33	52,073.41	61,425.33	79,236.62	3,778.92	109,109.94	40,187.74
$M_u$ (kgf.m)	55,010.36	58,294.09	40,203.30	35,720.00	59,246.41	52,263.86	56,598.82	29,598.82	61,323.17	29,598.82
L (m)	3.40	3.95	2.60	3.90	3.80	3.51	3.90	1.30	4.50	2.60
$L_m$ (m)	3.40	3.95	2.60	3.90	3.80	3.51	3.90	1.30	4.50	2.60
$N_c$	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
M (kgf.m)	10,662.49	-17,035.88	16,885.61	-73,642.39	-3,241.68	-21,446.53	-38,485.11	25,064.11	-69,608.76	-18,626.47
F (kgf)	3,136.03	-4,312.88	6,494.47	-18,882.66	-853.07	-6,110.12	-9,867.98	19,280.09	-15,468.61	-7,164.03
$P_c$ (kgf)	6,781.20	15,066.14	7,172.70	9,035.10	9,602.40	9,381.22	8,967.04	5,735.40	19,958.40	20,664.90
$V_m \cdot h/L$	26,086.98	38,141.76	17,936.68	56,083.28	32,888.47	42,000.23	48,760.99	6,976.48	58,191.97	37,096.38
$V_m \cdot L_m/L$	36,956.56	62,774.98	19,431.41	91,135.33	52,073.41	61,425.33	79,236.62	3,778.92	109,109.94	40,187.74
$T_{tracción}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13,544.69	0.00	0.00
$C_{compresión}$	9,917.23	10,753.26	13,667.17	-9,847.56	8,749.33	3,271.09	-900.94	25,015.49	4,489.79	13,500.87
$V_c$ (kgf)	18,478.28	31,387.49	9,715.70	45,567.66	26,036.70	30,712.66	39,618.31	1,889.46	54,554.97	20,093.87

**Tabla 35** Diseño por corte – fricción y estribos de las columnas

MURO	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
<b>II. Diseño por compresión de las columnas</b>										
$f_v$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
$u$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\phi$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$A_{s\ min}$ (cm <sup>2</sup> )	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
$A_{sf}$ (cm <sup>2</sup> )	5.18	8.79	2.72	12.76	7.29	8.60	11.10	0.53	15.28	5.63
$A_{st}$ (cm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.79	0.00	0.00
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	5.18	8.79	2.72	12.76	7.29	8.60	11.10	4.32	15.28	5.63
$A_s$ a usar (cm <sup>2</sup> )	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 5/8"	4 $\phi$ 1/2"	4 $\phi$ 1/2"
$\delta$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\phi$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
$C/\phi$	14167.47	15361.80	19524.52	-14067.95	12499.04	4672.99	-1287.06	35736.41	6413.98	19286.96
$A_s \cdot f_v$	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600
$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
$0,85 \cdot \delta \cdot f'_c$	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5
$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	114.04	110.97	81.58	279.81	125.51	170.66	206.54	16.29	167.58	85.81
$A_{columna}$ (cm <sup>2</sup> )	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325
Observación	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)
<b>III. Diseño por corte - fricción de las columnas</b>										
$A_{cf}$ (cm <sup>2</sup> )	628.51	1067.60	330.47	1549.92	885.60	1044.65	1347.56	64.27	1855.61	683.47
Usar b (cm) =	23	23	23	23	23	13	13	13	13	13
Usar h (cm) =	23	23	23	23	23	15	20	25	15	15
$A_{c\ req.}$ (cm <sup>2</sup> )	529	529	529	529	529	195	260	325	195	195
<b>IV. Estribos en las columnas</b>										
$s_1$ (cm)	1.13	1.09	0.75	4.62	1.28	51.06	28.14	0.38	44.51	5.72
$s_2$ (cm)	10.29	10.29	10.29	10.29	10.29	18.21	18.21	18.21	18.21	18.21
$s_3$ (cm)	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	3.75	5.00	6.25	3.75	3.75
$s_4$ (cm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Usar en col. estribos:	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36** Diseño por compresión de las columnas

MURO	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
<b>II. Diseño por compresión de las columnas</b>							
$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
$u$	1	1	1	1	1	1	1
$\phi$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$A_{s \text{ min.}}$ (cm <sup>2</sup> )	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
$A_{sf}$ (cm <sup>2</sup> )	12.62	21.66	9.42	14.11	1.33	1.28	4.46
$A_{st}$ (cm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	1.47
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	12.62	21.66	9.42	14.11	1.61	1.28	5.93
$A_s$ a usar (cm <sup>2</sup> )	12	22.72	12	14.58	8	5.16	8
	6 $\phi$ 5/8"	8 $\phi$ 3/4"	6 $\phi$ 5/8"	6 $\phi$ 5/8"+2 $\phi$ 1/2"	4 $\phi$ 5/8"	6 $\phi$ 1/2"	4 $\phi$ 5/8"
$\delta$	1	1	1	1	1	1	1
$\phi$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
$C/\phi$	-10164.94	-78393.38	-26961.38	-38269.50	8912.39	9798.36	27611.92
$A_c \cdot f_y$	50400	95424	50400	61236	33600	21672	33600
$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	210	210	210	210	210	210	210
$0,85 \cdot \delta \cdot f'_c$	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5	178.5
$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	351.92	995.43	442.81	571.57	139.91	67.80	39.48
$A_{\text{columna}}$ (cm <sup>2</sup> )	375	375	375	375	375	375	325
Observación	(Cumple)	(No cumple)	(No cumple)	(No cumple)	(Cumple)	(Cumple)	(Cumple)
<b>III. Diseño por corte - fricción de las columnas</b>							
$A_{sf}$ (cm <sup>2</sup> )	1532.59	2630.68	1143.40	1713.62	161.31	155.96	541.71
Usar b (cm) =	15	15	15	15	15	15	15
Usar h (cm) =	25	25	25	25	25	25	25
$A_{c \text{ req.}}$ (cm <sup>2</sup> )	375	375	375	375	375	375	375
<b>IV. Estribos en las columnas</b>							
$s_1$ (cm)	96.23	-10.13	-41.21	-18.35	3.76	1.39	0.74
$s_2$ (cm)	15.78	15.78	15.78	15.78	15.78	15.78	15.78
$s_3$ (cm)	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
$s_4$ (cm)	10	10	10	10	10	10	11
Usar en col. estribos:	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5,4@10,rto@20

**Fuente:** Elaboración propia

Para el diseño del estribo de la columna, primero obtenga la fuerza de tracción y compresión en el extremo del muro límite a partir de las siguientes expresiones, que son sus columnas respectivamente:

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

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

## ii. Diseño de las vigas soleras del piso 1

Para la solera se tendrá en cuenta la tracción pura con  $\phi = 0.90$  para resistir una fuerza igual a  $T_s$ :

$$T_s = V_{m1} \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f_c' A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm})$$

Donde:

$$\phi = 0.90$$

$A_{cs}$  = Área de la sección transversal de la solera.

**Tabla 37** Diseño de las vigas soleras en los muros X.

MURO	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
IV. Diseño de las vigas soleras							
$T_s$ (kgf)	45,058.27	77,342.08	33,615.87	50,380.37	4,742.51	4,585.08	15,926.36
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	11.92	20.46	8.89	13.33	1.25	1.21	4.21
$A_{s \text{ min.}}$ (cm <sup>2</sup> )	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
$A_{s \text{ req.}}$ (cm <sup>2</sup> )	11.92	20.46	8.89	13.33	3.00	3.00	4.21
$A_s$ a usar (cm <sup>2</sup> )	14	14	14	14	14	14	12
	7 $\phi$ 5/8"	7 $\phi$ 5/8"	7 $\phi$ 5/8"	7 $\phi$ 5/8"	7 $\phi$ 5/8"	7 $\phi$ 5/8"	6 $\phi$ 5/8"
Usar en v.s. estribos:	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38** Diseño de las vigas soleras en los muros Y.

MURO	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
IV. Diseño de las vigas soleras										
$T_s$ (kgf)	18,478.28	31,387.49	9,715.70	45,567.66	26,036.70	30,712.66	39,618.31	1,889.46	54,554.97	20,093.87
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	4.89	8.30	2.57	12.05	6.89	8.13	10.48	0.50	14.43	5.32
$A_{s \text{ min.}}$ (cm <sup>2</sup> )	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
$A_{s \text{ req.}}$ (cm <sup>2</sup> )	4.89	8.30	3.00	12.05	6.89	8.13	10.48	3.00	14.43	5.32
$A_s$ a usar (cm <sup>2</sup> )	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74
	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"	6 $\phi$ 1/2"
Usar en v.s. estribos:	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20	$\phi$ 3/8",1@5, 4@10,rto@20

Fuente: Elaboración propia



## Diseño de escalera

Para el diseño de las escaleras se consideraron los siguientes criterios:

$f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ ,  $f_y = 4200 \text{ kg / cm}^2$ ,  $S / C = 200 \text{ kg / m}^2$ , y el peso del producto terminado es  $100 \text{ kg / m}^2$ .

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

$$t = \frac{L}{20} \approx \frac{L}{25} \rightarrow \frac{2.50}{20} = 0.125 \text{ m y } \frac{2.50}{25} = 0.10 \text{ m}$$

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  $0.25 \text{ m}$ .

CP: El contrapaso con un valor de  $0.18 \text{ m}$ .

### ii. Metrado de cargas

#### • Carga Muerta ( $W_D$ ).

$W_{D1}$ :  $580 \text{ kg/m}$

- Peso propio:  $2400 \times 0.27 \times 1.00 = 480 \text{ kg/m}$
- Peso acabados:  $100 \times 1.00 = 100 \text{ kg/m}$

$W_{D2}$ :  $460 \text{ kg/m}$

- Peso acabados:  $100 \times 1.00 = 100 \text{ kg/m}$
- Peso propio:  $2400 \times 0.15 \times 1.00 = 360 \text{ kg/m}$

#### • Carga Viva ( $W_L$ ).

$W_L$ : Sobrecarga:  $200 \times 1 = 200 \text{ kg/m}$

#### • Carga última ( $W_U$ )

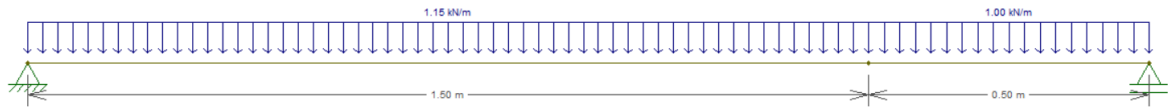
$W_{U1}$ :  $1.40 \times 580 + 1.70 \times 200 = 1152 \text{ kg/m} \approx 1.15 \text{ ton/m}$

$W_{U2}$ :  $1.40 \times 460 + 1.70 \times 200 = 984 \text{ kg/m} \approx 0.98 \text{ ton/m}$

### iii. Análisis Estructural

El modelo matemático propuesto es el siguiente:

**Figura 32** Modelo matemático de la escalera



**Fuente:** Elaboración propia

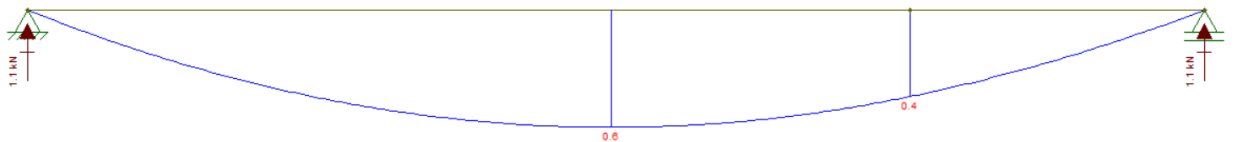
$$\sum M_B = 0; R_A \times 2.50 - 1.15 \times 1.15 \times (0.75 + .50) - 1 \times 0.50 \times 0.25 = 0$$

$$R_A = 1.10 \text{ ton}$$

$$R_B = 1.10 \text{ ton}$$

**iv. Cálculo del momento máximo**

**Figura 33** Diagrama de momento flector



**Fuente:** Elaboración propia

De la Figura 33 podemos ver que el momento máximo es de 0.60 ton.m que será usado para calcular los refuerzos longitudinales.

**v. Cálculo de refuerzo**

- **Acero positivo ( $A_s^+$ )**

El momento máximo positivo es de 600 kg.m

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u}{\phi f'_c b \cdot d^2}} = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 \times 600 \times 100}{0.90 \times 210 \times 100 \times 12 \times 12}}$$

$$w = 0.0223$$

$$\rho = w \frac{f'_c}{f_y} = 0.0223 \times \frac{210}{4200} = 0.11\%$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.11\% \times 100 \times 12 = 1.34 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, úsele varillas de  $\phi = 1/2''$  espaciadas a cada 0,15 m

- **Acero negativo ( $A_s^-$ )**

Se elige la mayor entre las siguientes expresiones:

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0.18\% \times 100 \times 12 = 2.16 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s^+}{3} = \frac{2.16}{3} = 0.72 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, úsele varillas de  $\phi = 3/8''$  espaciadas a cada 0,25 m

- **Acero de temperatura ( $A_{\text{temperatura}}$ )**

$$A_{\text{temperatura}} = \rho \cdot b \cdot d = 0.18\% \times 100 \times 12 = 2.16 \text{ cm}^2$$

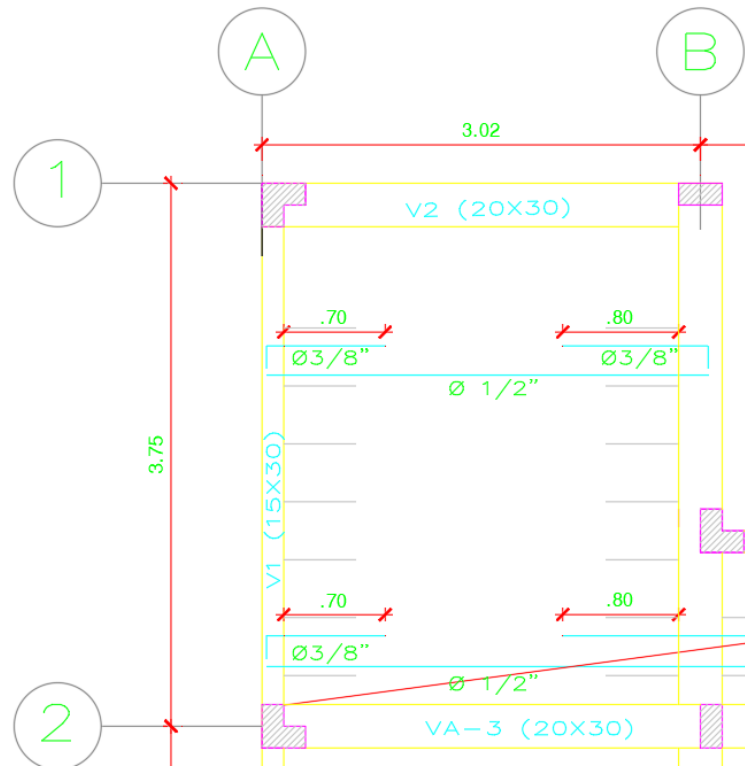
Por lo tanto, úsele varillas de  $\phi = 3/8''$  espaciadas a cada 0,30 m

## Diseño de losas aligeradas

### i. De un solo tramo:

Dado que este tipo de forjado es un diseño típico, se coloca el acero mínimo requerido por la norma técnica de hormigón armado E.060. La distribución de acero contraíble positivo, negativo y por temperatura es la siguiente.

**Figura 34** Diseño aligerado en una dirección un tramo

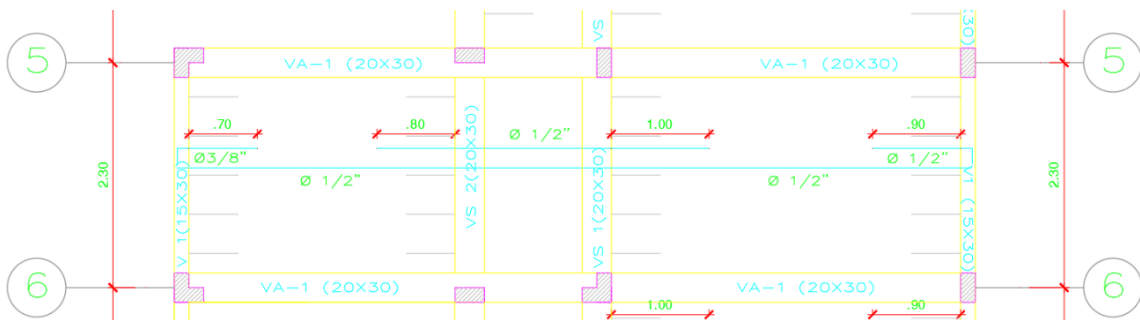


Fuente: Elaboración propia

**ii. De dos tramos:**

Dado que este tipo de forjado es un diseño típico, se coloca el acero mínimo requerido por la norma técnica de hormigón armado E.060. La distribución de acero contraíble positivo, negativo y por temperatura es la siguiente.

**Figura 35** Diseño aligerado en una dirección dos tramos



Fuente: Elaboración propia

## Diseño de cimentación

Para el cálculo de la cimentación se toma en cuenta el peso de los muros correspondiente a cada nivel y el total del peso de estos, tal como se muestra en la Tabla 39 y 40.

**Tabla 39** Peso de cada muro que recibe la cimentación de los muros X

Piso 1							
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
P <sub>i</sub> (ton)	3.9957	3.4245	5.36337	3.81072	1.30962	1.8804	3.52095
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>1</sub>	79.487505	ton					
Piso 2							
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
P <sub>i</sub> (ton)	3.9957	3.4245	5.36337	3.81072	1.30962	1.8804	3.52095
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>2</sub>	79.487505	ton					
Piso 3 (Azotea)							
Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
P <sub>i</sub> (ton)	3.9957	3.4245	5.36337	3.81072	1.30962	1.8804	3.52095
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>3</sub>	79.487505	ton					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40** Peso de cada muro que recibe la cimentación de los muros Y

Piso 1										
Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
P <sub>i</sub> (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>1</sub>										
Piso 2										
Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
P <sub>i</sub> (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>2</sub>										
Piso 3 (Azotea)										
Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
P <sub>i</sub> (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
ΣP <sub>i</sub> = P <sub>3</sub>										

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 42 y 43 muestra en detalle la obtención del ancho calculado de cimentación que será necesario para transmitir las cargas de los muros al suelo o terreno de fundación, incluyendo un 7% adicional al peso anterior para la obtención

del ancho mínimo de cimentación que es de 50 cm considerado como terreno intermedio ( $S_1$ ).

**Tabla 41** Cálculo de la obtención del ancho de cimentación requerida de los muros X

Muro	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
$P_{total}$ (ton)	17.101596	14.65686	22.955224	16.309882	5.6051736	8.048112	15.069666
$q_{adm.}$ (ton/m <sup>2</sup> )	60	60	60	60	60	60	60
$L_m$ (m)	3.20	2.85	2.23	2.83	1.58	1.45	3.10
$A_{req.}$ (m <sup>2</sup> )	0.2850266	0.244281	0.3825871	0.2718314	0.0934196	0.1341352	0.2511611
$B_{cim.}$ (m)	0.0890708	0.0857126	0.1715637	0.0960535	0.0591263	0.092507	0.0810197
$B_{min.}$ (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

**Fuente:** Elaboración propia

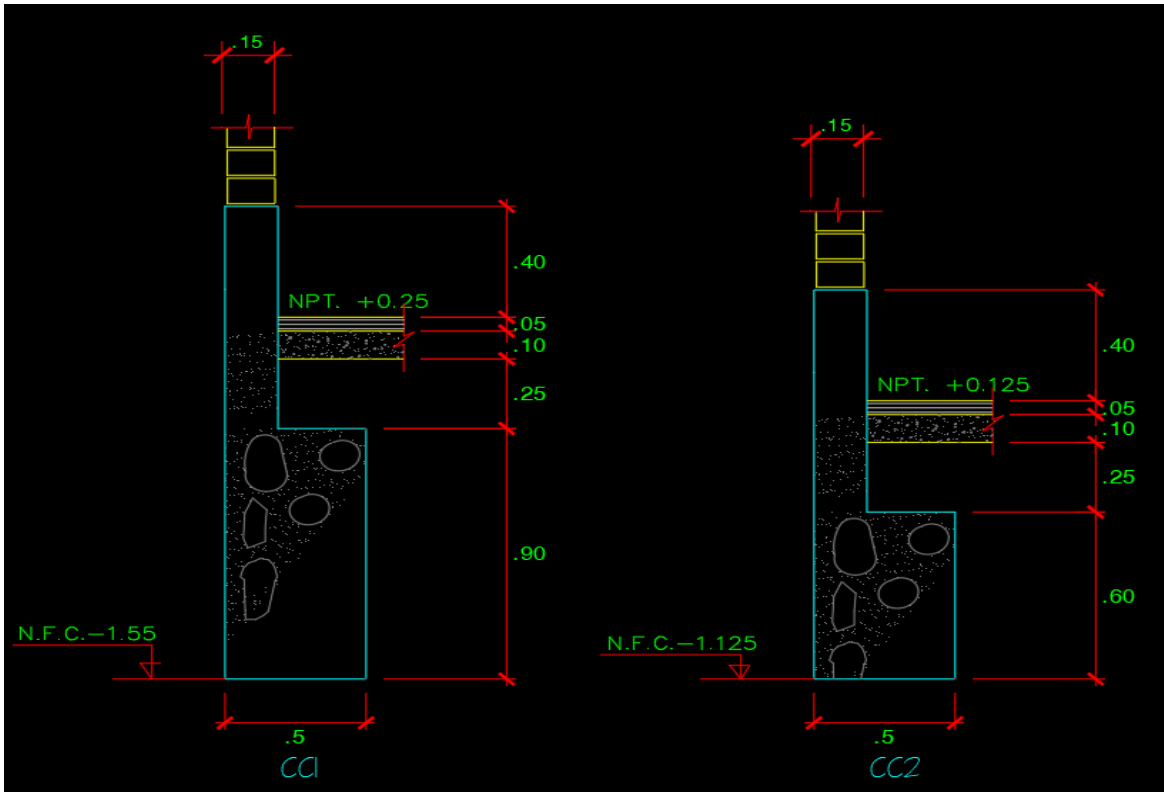
**Tabla 42** Cálculo de la obtención del ancho de cimentación requerida de los muros Y

Muro	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
$P_{i1}$ (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
$P_{i2}$ (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
$P_{i3}$ (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
$P_{i4}$ (ton)	3.3906	7.53307	3.58635	4.51755	4.8012	4.6906075	4.4835175	2.8677	9.9792	10.33245
$\Sigma P_i$ (ton)	13.5624	30.13228	14.3454	18.0702	19.2048	18.76243	17.93407	11.4708	39.9168	41.3298

**Fuente:** Elaboración propia

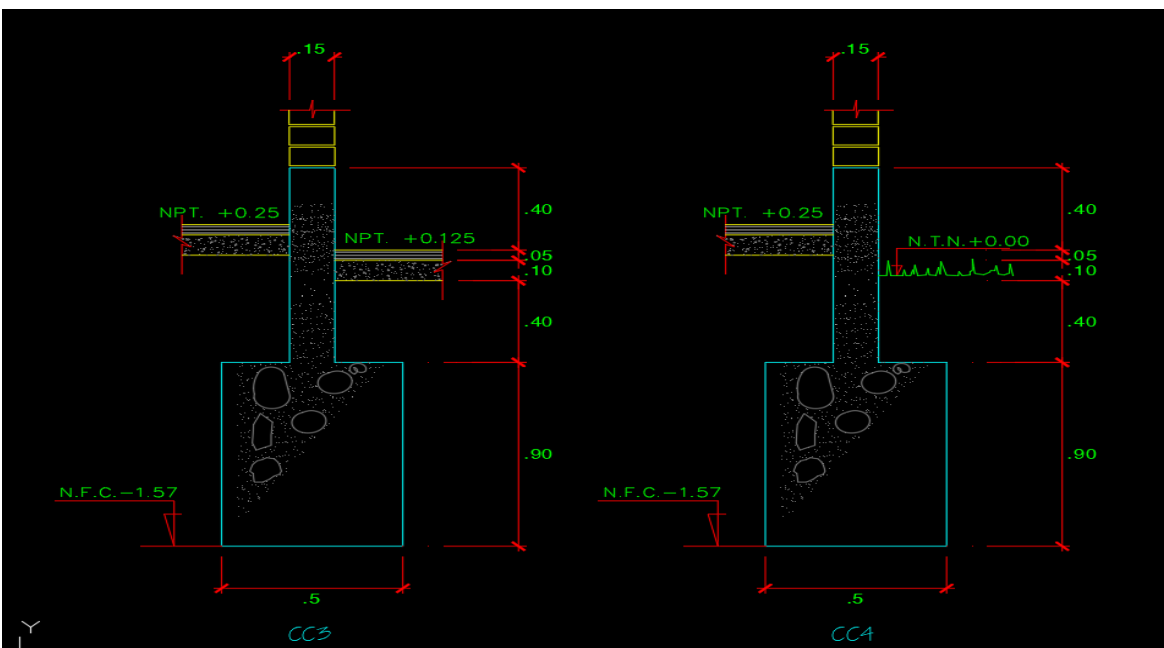
A continuación, se muestran los cortes principales típicos de los cimientos corridos obtenidos de la tabla anterior:

Figura 36 Detalle cimiento corrido Corte 1 y 2.



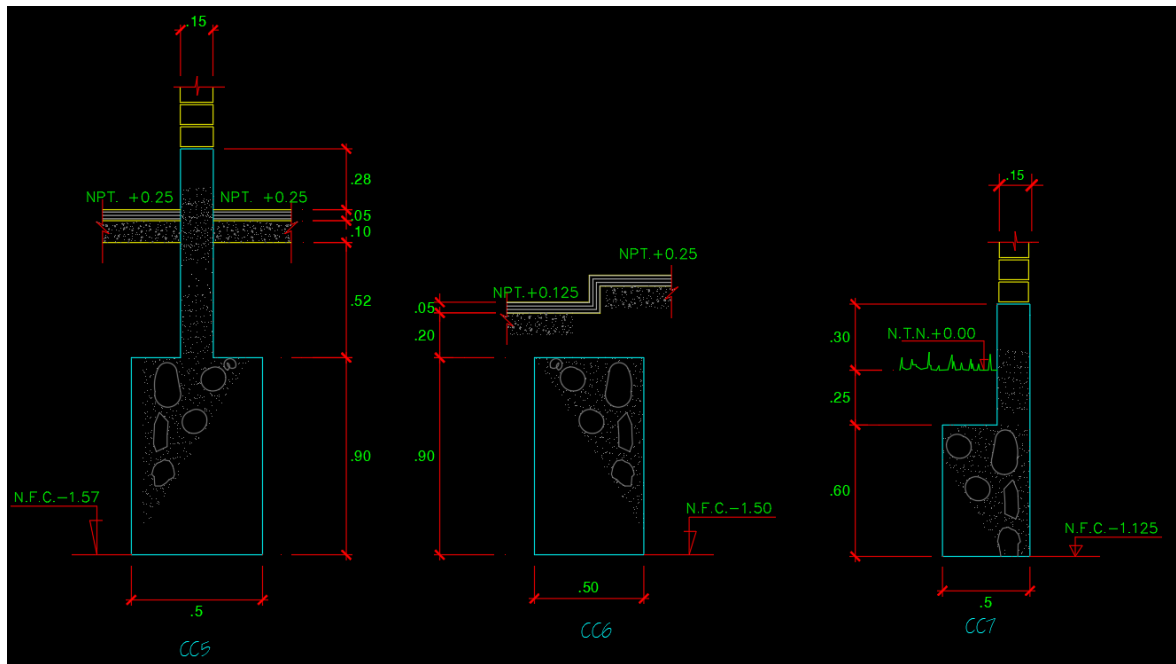
Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Detalle cimiento corrido Corte 3 y 4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Detalle cimiento corrido Corte 5, 6 y 7.



Fuente: Elaboración propia



## V. DISCUSIÓN

Damian Bances (2016) en su tesis: “Diseño del Edificio Multifamiliar Las Orquideas para Mejorar la Calidad de Vivienda del Distrito de Pimentel, Lambayeque-2016”. Concluye que: En el diseño e investigación del edificio, se mejora la calidad de la casa a través de un espacio constructivo confortable, iluminación natural en el espacio y seguridad estructural; existe un sistema estructural que limita la mampostería en el eje XX tipo pórtico y en el YY Este sistema nos ayuda a asegurar que la estructura tenga un buen comportamiento sísmico y que el desplazamiento sea menor que el requerido por la norma peruana. Para tener un buen cumplimiento y comportamiento sísmico, los edificios deben tener suficiente densidad de muros en el eje designado y tener buena ductilidad, robustez, simetría y regularidad en el plano y la elevación.

Comparando con la presente tesis nuestros resultados se propusieron los procedimientos en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince, la cual cumple de manera adecuada lo especificado en la norma técnica de albañilería E.0.70 y E 0.30 Sismorresistente Obteniendo un diseño racional de todos los elementos estructurales y En este proyecto se determinó el análisis del mismo con los criterios expresados por la siguiente fórmula:  $(SL.t)/Ap \geq ZUSN/56$  que es igual a 0.0321; se cumple que la densidad mínima en Y-Y es 0.0354 la cual satisface sin realizar cambios a los muros inicialmente concebido de unidad de albañilería confinada de arcilla, así mismo en la dirección X-X tuvo un valor de 0.0349. También se respeta continuidad de los muros en altura y el fiel cumplimiento de las cargas axiales máxima en cada muro portante es menor a lo expresado por:  $S_m = P_m/t < 0,15f'm=165 \text{ ton/m}^2$  según norma técnica E.070 además que está asociada con la apropiada configuración estructural de la vivienda multifamiliar de albañilería confinada en Lima- Lince.

Castillo Chávez (2018) en su tesis: “Diseño estructural de un edificio de 5 niveles de albañilería confinada, Trujillo-La Libertad, 2018”. Concluye que: El diseño estructural de los elementos de hormigón armado de la edificación se realiza a

través de los programas Etabs, SAFE y SAP, que brindan rápidamente resultados, como la cantidad de acero; teniendo en cuenta nuestros estándares y combinaciones de carga correspondientes y el diseño de muros de mampostería, Seguir los pasos de la norma técnica E.070 para permitir paredes dúctiles con mayor resistencia al corte.

En el presente trabajo se diseñaron los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en el distrito de Lince, donde 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. Según los diseños por tracción obtenidos para los elementos confinados tales como vigas soleras V101 (0.30x0.20 m) y V103 (0.15x0.30 m) que se diferencian en la cuantía de acero y por fuerza cortante, fuerza a compresión y flexión para las columnas de amarre C-1 y C-2 en L (0.15x0.30 m), C-4 y C-5 (0.25x0.25 m). La losa aligerada de 20cm que tiene refuerzo superior con bastones y balancines de  $\frac{1}{2}$ " y los refuerzos positivos de  $\frac{1}{2}$ ", además los aceros de temperatura han sido de  $\frac{1}{4}$ ".

## VI. CONCLUSIONES

- Propuesta de procedimientos para el diseño de mampostería cerrada de la casa multifamiliar de cuatro pisos en Lima-Lince, cumple con los requisitos de la Norma Técnica de Albañilería E.0.70. Obteniendo un diseño razonable de todos los elementos estructurales.
- Se determinó la deriva de entrepisos con el análisis sísmico con el método estático donde se obtuvo un valor de 0.0019 en la dirección "X" y en la dirección "Y" fue de 0.0009, ambas distorsiones han sido menores a 5/1000 que corresponde a una estructura de albañilería indica la norma Sismorresistente E.030 vigente.
- Los elementos de refuerzo se diseñaron en el diseño de mampostería cerrada de una casa multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Lince, donde se optimizaron los muros de carga porque el uso de muros con un ancho efectivo igual a 13 cm permite su conservación. en consonancia con las características del edificio propuesto de coordinación. Según el diseño a tracción obtenido para elementos restringidos, como las vigas de cimentación V101 (0,30x0,20 m) y V103 (0,15x0,30 m), su volumen de acero es diferente, y el cortante, compresión y flexión de la columna de amarre son también diferentes C-1 y C-2 en diferentes L (0.15x0.30 m), C-4 y C-5 (0.25x0.25 m). La tabla liviana de 20 cm tiene un bastón y un balancín de ½ pulgada y un refuerzo positivo de ½ pulgada. Además, la temperatura del acero es de ¼ de pulgada.
- El diseño de la cimentación de la casa multifamiliar de cuatro pisos en Lince tiene en cuenta la norma de hormigón armado E.060 y la norma de suelo y cimentación E050 La cimentación continua tiene un espesor de 50 cm y una altura de 80 cm. cm; a excepción de las columnas de fijación La cimentación de aislamiento para transmitir mejor la carga a la cimentación.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para mejorar el diseño de mampostería cerrada de viviendas multifamiliares, las normas técnicas de mampostería E.070., E.030 resistencia sísmica, hormigón armado E 060 y E 0.50 suelo y cimentación se diseñen razonablemente con todos los elementos estructurales.
- Se recomienda que el muro de mampostería tenga suficiente distribución en dos direcciones, debe cumplir la densidad mínima del muro con la condición  $(Lt) XX / Ap < ZUSN / 56$  y el esfuerzo axial máximo del muro en X e y direcciones. Son menores que el esfuerzo axial teórico de  $0.15xf'm$ .
- Para la estructura de mampostería mostrada en la norma sísmica E.0.30, se recomienda que el desplazamiento entre capas para el análisis sísmico en dos direcciones usando el método estático sea menor a  $5/1000$  para obtener una estructura con suficiente desempeño sísmico. Además, el coeficiente de amortiguación de la mampostería debe considerarse como 3.
- Se recomienda diseñar elementos de refuerzo en el diseño de mampostería cerrada de casas multifamiliares, y el muro de carga debe cumplir con los requisitos de la norma E 070. Otros elementos son losas macizas que deben tener dos direcciones, que se pueden usar para losas pequeñas y losas de piso para aligerar en una dirección, y deben ser reforzadas con barras de acero positivas y negativas; también se pueden usar con viguetas prefabricadas y ladrillos Tecnopor. Para el área del distrito de Lince, se recomienda que la cimentación de una casa multifamiliar de cuatro pisos sea de cimentación continua, debido a que su suelo es rígido; además, debe cumplir con los requisitos de la Norma E 0.50 para suelo y cimentación.

## REFERENCIAS

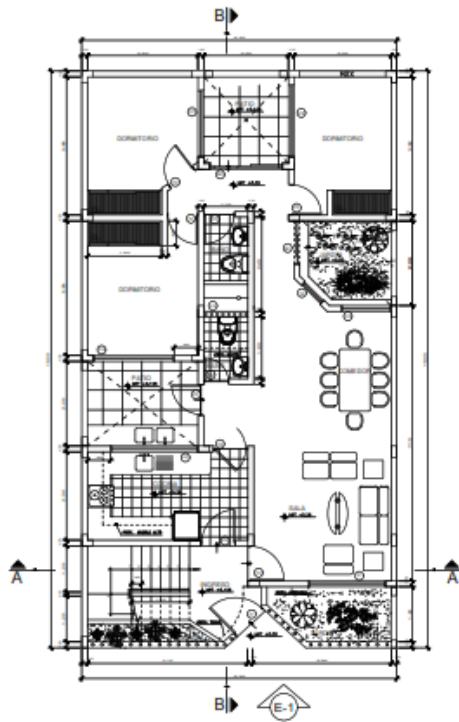
- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Análisis y Diseño de edificaciones de Albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Aceros Arequipa. (2015). *Manual del Maestro Constructor*. Lima, Perú.
- AROQUIPA VELASQUEZ , H. (2012). *Estructuración y Predimensionamiento*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano .
- Ayala Moya, C. A. (2016). *Comportamiento cíclico de albañilería armada de bloques de hormigón parcialmente relleno : análisis experimental y numérico (Tesis de Pregrado)*. Santiago de Chile: PUCP de Chile.
- Barrueto Zamora , J. B. (2019). *Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo (Tesis de Pregrado)*. Lima, Perú: Repositorio PUCP.
- Borja Suarez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica*. Chiclayo, Perú.
- Carcausto, M. (2018). *Análisis y Diseño Estructural de la IES Agropecuario N° 125 de Chupa, distrito de Chupa- Azángaro- Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano .
- Comité ACI 318. (14 de Abril de 2015). *Requisitos del Reglamento para Concreto estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14)*. Obtenido de Civil-Share : [https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci\\_318s\\_14\\_en\\_espanol.pdf](https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf)
- Comité de la Norma E.070. (2006). *Albañilería*. Lima, Perú.
- Comite de la Norma Técnica E 020. (2006). *Norma Técnica de edificación E. 020 Cargas*. Lima, Perú.
- Comité Técnico especializado E.60. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Obtenido de Ministerio de Vivienda: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)

- Constructivo. (2020). *Edificios multifamiliares de gran altura marcan tendencia en el mercado de vivienda*. Obtenido de Constructivo: <https://constructivo.com/noticia/edificios-multifamiliares-de-gran-altura-marcan-tendencia-en-el-mercado-de-vivienda-1576071959>
- Delgado Contreras, G. (2014). *Diseño de Estructuras Aperticadas de Concreto Armado*. Lima: EDICIVIL.
- García Giraldo, J. M. (2018). *Comportamiento a flexión de elementos de albañilería postensada sin relleno de grouting (Tesis de Pregrado)*. Santiago de Chile: Repositorio PUCP de Chile.
- Hernández Pinedo, L. M. (2012). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA (Tesis de Pregrado)*. Lima, Perú: Repositorio PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill Education.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta Edición). México D.F.: Mac Graw Hill Education.
- 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>
- Mc Cormac, J. (2012). *Diseño de Estructuras Metálicas* . México: Alfa Omega.
- Montalbetti, A. (2020). *Diseño Sismorresistente. Diplomatura en Diseño Estructural* . PUCP.
- Morales Morales, R. (2014). *Diseño de Concreto Armado*. Lima: Fondo Editorial ICG.

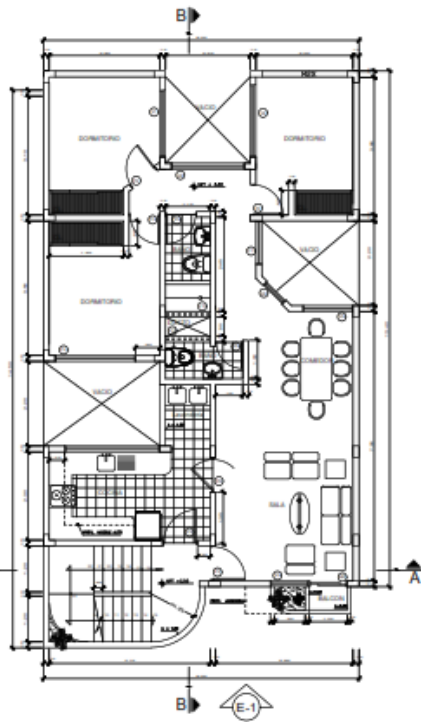
- Muñoz, A. (19 de Mayo de 2011). *Investigaciones experimentales en placas delgadas de concreto armado con ductibilidad limitada*. Obtenido de Textos PUCP: <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/740.pdf>
- Otazzi Pasino, G. (2014). *Apuntes del Curso de Análisis Estructural I*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
- Paulay, T., & Priestley, M. (Marzo de 1991). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Obtenido de Scrib: <https://es.scribd.com/doc/15100180/Seismic-Design-of-Reinforced-Concrete-and-Masonry-Buildings-T-paulay-M-priestley-1992>
- Piqué del Pozo, J. (2014). *Análisis Sísmico de Edificios*. UNI. Obtenido de Academia.edu: [https://www.academia.edu/37237620/An%C3%A1lisis\\_S%C3%ADsmico\\_de\\_Edificios\\_-\\_J.\\_Pique\\_Del\\_Pozo\\_H.\\_Scaletti\\_Farina.pdf](https://www.academia.edu/37237620/An%C3%A1lisis_S%C3%ADsmico_de_Edificios_-_J._Pique_Del_Pozo_H._Scaletti_Farina.pdf)
- Valledor Barrientos, R. I. (2016). *Análisis sísmico lineal y simulación numérica del daño sísmico acumulado de una estructura patrimonial de albañilería simple : el caso del Palacio Pereira (Tesis de Pregrado)*. Santiago de Chile: Repositorio PUCP de Chile.
- Yepez Moya, F., & Abuja, A. (2015). *Guía Práctica para el Diseño de Estructuras de Madera de Conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-4-MADERA.pdf>

## **ANEXOS**

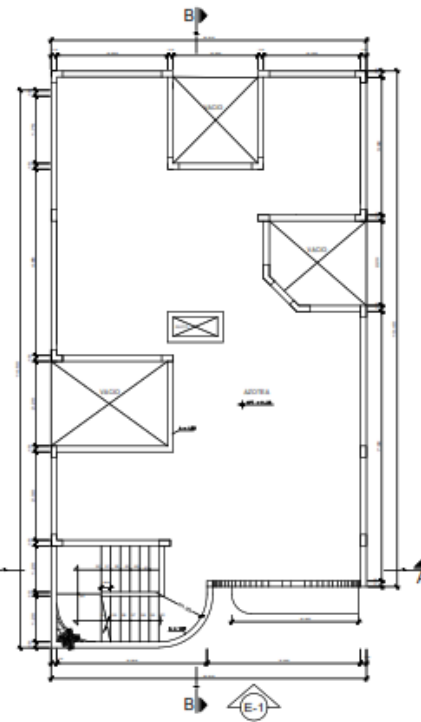




PLANTA 1er PISO  
ESC. 1:50



PLANTA TIPICA 2do, 3er, 4to, PISO  
ESC. 1:50

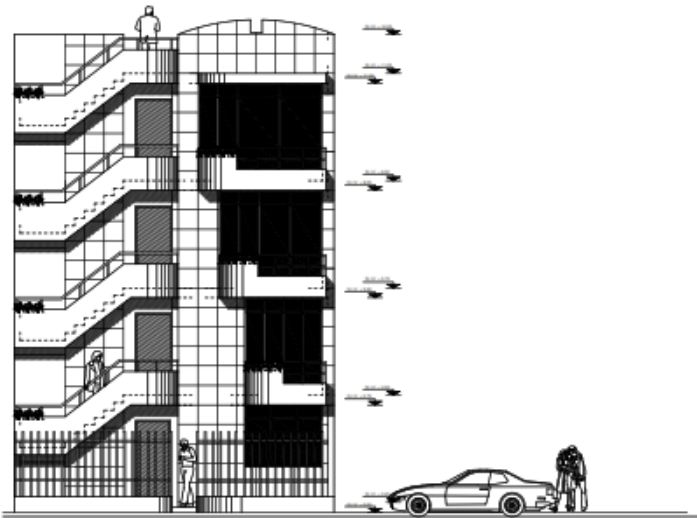


PLANTA AZOTEA  
ESC. 1:50

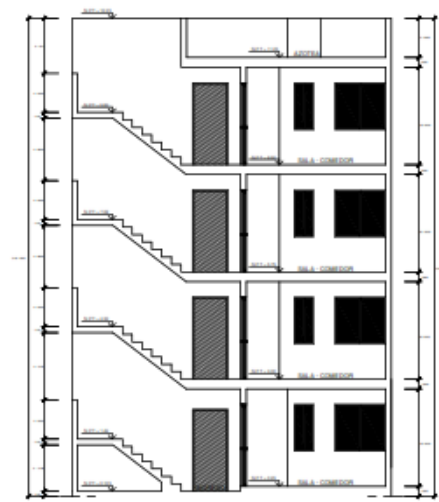
- 2do NPT +3.00
- 3er NPT +5.75
- 4to NPT +8.50

GRABO DE VACIOS				
Tercera				
GRABO	ANCHO	ALTO	TIPO	
V1	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V2	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V3	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V4	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V5	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V6	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V7	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V8	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V9	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V10	2.50	1.40	1.00	ventanilla
V11	2.50	1.40	1.00	ventanilla

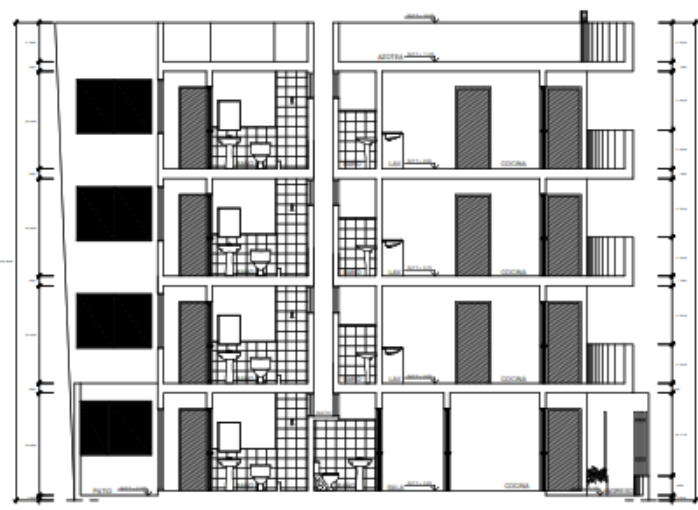
GRABO DE VACIOS			
Primera			
GRABO	ANCHO	ALTO	TIPO
P1	1.00	2.10	2da METASA
P2	1.00	2.10	VENTANA
P3	1.00	2.10	VENTANA
P4	1.00	2.10	VENTANA
P5	1.00	2.10	VENTANA
P6	1.00	2.10	VENTANA
P7	1.00	2.10	VENTANA
P8	1.00	2.10	VENTANA
P9	1.00	2.10	VENTANA
P10	1.00	2.10	VENTANA



ELEVACION PRINCIPAL - 1  
ESC. 1:50



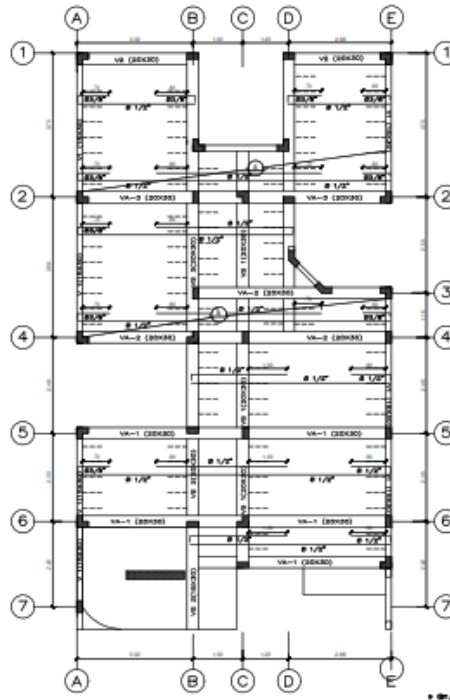
CORTE A - A  
ESC. 1:50



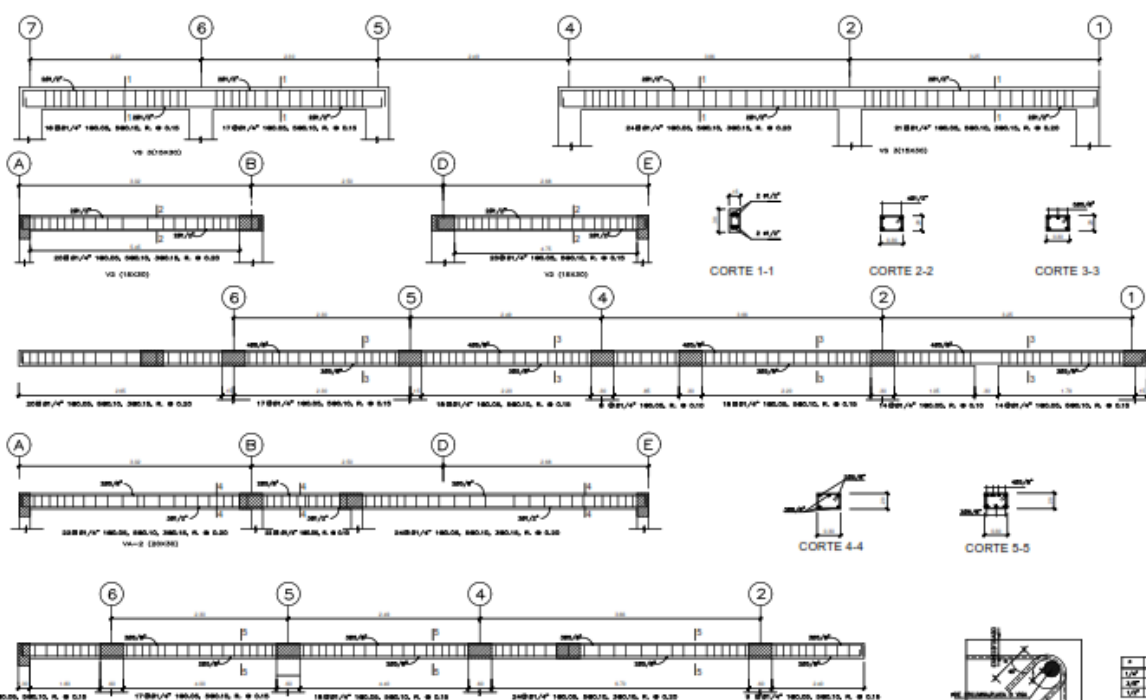
CORTE B - B  
ESC. 1:50

PROYECTO	EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE CUATRO NIVELES	ESCALA	1:50
PROYECTANTE	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA	FECHA	2011
CLIENTE	BY ARCHITECTURAL LINEA	PLANTA	A-3
PROYECTANTE	ARQUITECTURA, ELEVACIONES		
PROYECTANTE	Arch. Juan Carlos Torres		
PROYECTANTE	ARCHITECTURA		



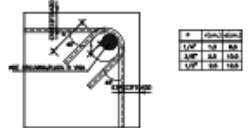


PLANTA ALIGERADO  
ESC. 1/30



CORTE 1-1      CORTE 2-2      CORTE 3-3

CORTE 4-4      CORTE 5-5

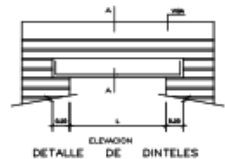
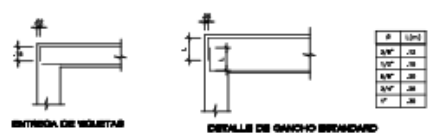


DETALLE DE DOBLADO DE BRINDOS EN COLUMNAS Y VIGAS

TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS	
ES	ES	ES	ES
10"	10"	10"	10"
12"	12"	12"	12"
14"	14"	14"	14"
16"	16"	16"	16"
18"	18"	18"	18"
20"	20"	20"	20"

CUADRO DE BAYONES STANDARD EN VIGAS DE FERRO CORRUGADAS

#	ES	ES
10"	10"	10"
12"	12"	12"
14"	14"	14"
16"	16"	16"
18"	18"	18"
20"	20"	20"



DETAJE DE DINTELES



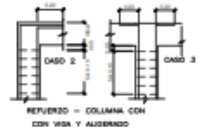
CORTE A-A

ESPECIFICACIONES TECNICAS

REQUISITOS	RECOMENDACIONES	ES
CONCRETO: 2800 psi	CONCRETO: 2800 psi	2800
CONCRETO ARMADO: 3000 psi	CONCRETO ARMADO: 3000 psi	3000
CONCRETO - Aluminado: 3000 psi	CONCRETO - Aluminado: 3000 psi	3000
CONCRETO - Normal: 3000 psi	CONCRETO - Normal: 3000 psi	3000
ACERO: #4 - 60K	ACERO: #4 - 60K	60K
ACERO: #5 - 60K	ACERO: #5 - 60K	60K
ACERO: #6 - 60K	ACERO: #6 - 60K	60K
ACERO: #7 - 60K	ACERO: #7 - 60K	60K
ACERO: #8 - 60K	ACERO: #8 - 60K	60K
ACERO: #9 - 60K	ACERO: #9 - 60K	60K

NOTA:  
 1- SE DEBE USAR UNO DE LOS DOS TIPOS DE VIGAS ESTANDAR.  
 2- EN CASO DE NO EMPALME EN LAS COLAS, DEBERA USAR PERFORACIONES APROPIADAS, MANTENIENDO LA LONGITUD DE EMPALME EN UN TER + 30% DEL LONGITUD DE PERFORACION.  
 3- PARA ALIGERADOS Y VIGAS CON UN VIGAS, DEBERA USAR EMPALME COMO LOS EMPALMES EN LAS COLAS DE EMPALME, SIN + 30% DEL LONGITUD DE PERFORACION.  
 4- Para #4 y #5, 1/4" y 3/8".

DETALLE ALIGERADO (TIPICO)



REFORZO - COLUMNAS CON CON VIGA Y ALIGERADO

PROYECTO	FECHA
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023
PROYECTO DE TRABAJO DE CONCRETO ARMADO	15/05/2023

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
<u>Problema general:</u>	<u>Objetivo general:</u>	<u>Hipótesis general:</u>		Predimensionamiento de elementos estructurales	Espesor (m) Peralte (m)		
¿Por qué es necesario un adecuado en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince?	Diseñar el sistema estructural de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.		Análisis sísmico	Derivas de entrepiso Desplazamiento lateral (cm)		
<u>Problemas específicos:</u>	<u>Objetivos específicos:</u>	<u>Hipótesis específicas:</u>		Diseño de vigas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )		
¿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- Lince?	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- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo al determinar la densidad de muro y esfuerzo axial en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño en albañilería confinada	Diseño de columnas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	Fichas técnicas	Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo
				Diseño de losas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Acero de refuerzo de temperatura (cm <sup>2</sup> )		Población: Todas las viviendas multifamiliares de albañilería del la Av. Arequipa del distrito de Lince Muestra: Vivienda multifamiliar de cuatro niveles en la Av. Arequipa 2544 del distrito de Lince Técnica: Observación
¿Cómo se diseñan los elementos de refuerzo, losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince?	Diseñar los elementos de refuerzo losas, escalera y cimentación en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.	Existe un adecuado comportamiento significativo al diseñar los elementos de refuerzo en el diseño de albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince.		Diseño de cimentación	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> ) Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )		Instrumentos: Fichas técnicas
			VARIABLE DEPENDIENTE: Vivienda multifamiliar	Construcción horizontal	Área de terreno (m <sup>2</sup> )		
				Construcción vertical	Altura de la edificación (m)		

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala de medición
<i>Variable Independiente</i> : Diseño en albañilería confinada	En el diseño de las estructuras de albañilería confinada se busca obtener las dimensiones, longitudes adecuadas; además, de la cantidad de refuerzo longitudinal y transversal cada uno los elementos estructurales que lo conforman como por ejemplo vigas, columnas, losas, placas, cimentación, etc. Garantizando la seguridad estructural y una estructura económica Abanto (2017)	Se medirá a través de softwares computacionales para poder extraer la información necesaria para el diseño de albañilería confinada de la estructura. Asimismo se realizará el análisis sísmico, respetando las consideraciones del reglamento nacional de edificaciones.	Predimensionamiento de elementos estructurales	Espesor (m)	De razón
				Peralte (m)	
			Análisis sísmico	Derivas de entrepiso	
				Desplazamiento lateral (cm)	
			Diseño de vigas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	
			Diseño de columnas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )	
			Diseño de losas	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )	
				Acero de refuerzo de temperatura (cm <sup>2</sup> )	
Diseño de cimentación	Acero de refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )				
	Acero de refuerzo Transversal (cm <sup>2</sup> )				
<i>Variable dependiente</i> : Vivienda multifamiliar	Es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común (Juan de Dios 2020)	Se respetarán los parámetros urbanísticos del distrito de Miraflores. Así como también las sugerencias de la Norma de Edificaciones del Perú.	Construcción horizontal	Área de terreno (m <sup>2</sup> )	De razón
			Construcción vertical	Altura de la edificación (m)	



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor


Yo, **AREVALO VIDAL, Samir Augusto** docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, asesor del Informe de Investigación titulada:

**“Diseño De Albañilería Confinada Para Una Vivienda Multifamiliar De Cuatro Niveles En Lima- Lince, 2021”** del autor **HUALLPA VARGAS, Eder Jhimy** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **22%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de agosto del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor <b>AREVALO VIDAL, Samir Augusto</b>	
DNI: 46000342	Firma 
OORCID: 0000-0002-6559-0334	